

**OPTIMASI PERANCANGAN SISTEM PENJADWALAN MESIN
KERJA MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA GENETIKA
GUNA MEMINIMASI MAKESPAN DAN WAITING TIME PADA
PT.XYZ**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Program Studi Teknik Industri - Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**



Nama : Hibrizi Fatih Ardiwal
No. Mahasiswa : 19522295

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2023**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mengakui bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang seluruhnya sudah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 9 November 2023



SURAT BUKTI PENELITIAN



FAKULTAS
TEKNOLOGI INDUSTRI

Gedung KH. Mas Mansur
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T : (0274) 898444 ext. 4.110, 4.100
F : (0274) 895007
E : fti@uii.ac.id
W : fti.uii.ac.id

SURAT KETERANGAN PENELITIAN

Nomor : 169/Ka.lab SIMANTI/20/Lab.SIMANTI/XI/2023

Assalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokaatuh

Dengan hormat,

Yang bertanda tangan dibawah ini, menerangkan bahwa:

Nama : Hibrizi Fatih Ardiwal

Nim : 19522295

Jurusan : Teknik Industri

Dosen Pembimbing : Ir. Muhammad Ridwan Andi Pumomo, S.T., M.Sc., Ph.D.,IPM.

Menyatakan bahwa mahasiswa tersebut diatas telah melaksanakan penelitian tugas akhir dengan judul "OPTIMASI PERANCANGAN SISTEM PENJADWALAN MESIN KERJA MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA GENETIKA GUNA MEMINIMASI MAKESPAN DAN WAITING TIME PADA PT.XYZ" mulai pelaksanaan penelitian 7 Juni 2023 sampai 2 November 2023.

Demikian surat keterangan penelitian ini kami buat. Atas perhatiannya dan kerja samanya kami mengucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokaatuh

Yogyakarta, 09 November 2023

Kepala Laboratorium
Sistem Manufaktur Terintegrasi

Putri Dwi Annisa, S.T., M.Sc.

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**OPTIMASI PERANCANGAN SISTEM PENJADWALAN MESIN
KERJA MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA GENETIKA
GUNA MEMINIMASI MAKESPAN DAN WAITING TIME PADA
PT.XYZ**

TUGAS AKHIR

ISLAM

Disusun Oleh :

Nama : Hibrizi Fatih Ardiwal

No. Mahasiswa : 19522295



Yogyakarta, 09 November 2023

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Ridwan', is placed below the text 'Dosen Pembimbing'.

(Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

OPTIMASI PERANCANGAN SISTEM PENJADWALAN MESIN KERJA MENGUNAKAN METODE ALGORITMA GENETIKA GUNA MEMINIMASI MAKESPAN DAN WAITING TIME PADA PT.XYZ

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Hibrizi Fatih Ardiwal

No. Mahasiswa : 19 522 295

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Tekonologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 24 - November – 2023

Tim Penguji

Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM
Ketua

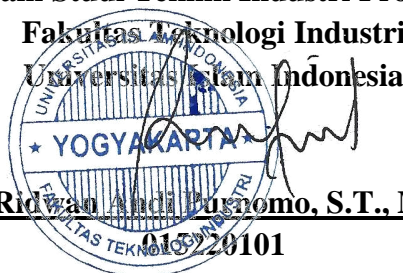
Dr. Taufiq Immawan, S.T., M.M.
Anggota I

Ir. Muchamad Sugarindra, S.T., M.T.I., IPM
Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM.

015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Inshaallah dengan rasa syukur dan bangga, saya ingin mempersembahkan karya tugas akhir ini untuk kedua orang tua yang sangat saya cintai dan saya banggakan yaitu Abak Ardiwal dan Ibuk Zesmi Seprita dengan semua doa, dukungan dan pengorbanan mereka kepada saya agar saya dapat diberi kemudahan, kelancaran dan keberkahan dalam setiap Langkah yang saya lalui. Tak lupa pula rasa cinta dan sayang kepada kakak, adik dan sahabat sahabat saya yang selalu memberikan dukungan dalam bentuk apapun hingga saya mencapai titik saat ini. Semoga segala sesuatu selalu diberkahi oleh Allah SWT.

MOTTO

“Katakanlah, wahai Nabi Muhammad, "Sesungguhnya shalatku yang aku kerjakan selama hidupku, ibadahku atau kurbanku, hidupku dengan berbagai amalan yang aku kerjakan selama itu, dan matiku dengan membawa iman dan amal saleh, hanyalah untuk Allah, Tuhan seluruh alam, bukan untuk lain-nya.”

(QS. Al-An'am : 162)

"Tidaklah mungkin bagi matahari mengejar bulan dan malam pun tidak dapat mendahului siang. Masing-masing beredar pada garis edarnya."

(QS. Yasin : 40)

“Percayalah, disaat kamu ikhlas dengan keadaanmu, disitulah Allah SWT merencanakan kebahagiaan untukmu, Allah SWT mampu mengubah situasi terpuruk menjadi terbaik dalam hidupmu”

(KH Maemoen Zubair)

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah rabbil'alam, puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* yang telah melimpahkan rahmat, karunia, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir. Shalawat serta salam tidak lupa penulis panjatkan kepada Nabi *Muhammad Shalallahu'alaihi Wasallam* yang telah membimbing manusia dari zaman kebodohan sampai zaman yang penuh dengan ilmu ini.

Penulis mengharapkan dengan pengerjaan laporan tugas akhir yang berjudul “Optimasi Perancangan Sistem Penjadwalan Mesin Kerja Menggunakan Metode Algoritma Genetika Guna Meminimasi *Makespan* dan *Waiting time* Pada PT.XYZ ” dapat memberikan manfaat bagi penulis, pembaca, pihak kampus, dan bagi perusahaan. Dalam penulisan ini, penulis sadari bahwa tanpa bantuan dari banyak pihak maka proses penyelesaian laporan ini tidak akan berjalan dengan baik. Banyak sekali bantuan, dukungan, semangat, serta do'a yang diberikan demi terselesaikannya penelitian tugas akhir ini. Untuk itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. *Allah Subhanahu Wa Ta'ala* atas segala rahmat dan karunia-Nya penulis diberikan kesehatan serta kelancaran dalam pelaksanaan dan pembuatan laporan Tugas Akhir.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana dan selaku dosen pembimbing penelitian tugas akhir.
4. Kedua orang tua penulis Abak Ardiwal dan Ibuk Zesmi Seprita, kakak Rona Adilah Ulfa, Bujang Junadil Fadfal Ardiwal dan adik Inayah Cuza Yatujuh yang selalu memberikan semangat, perhatian, kasih sayang, nasihat, dan do'a kepada penulis hingga mencapai titik ini.

5. Sahabat Lanketo (Rayhan, Arfin, Rillo, Oky, Mamad, Arya, Hilmi, Opul, Aling) penulis yang telah memberikan support dalam banyak hal, berbagi cerita dan pengalaman yang sangat unik.
6. Sahabat Himpunan (Diyan, Gian, Tiara, Jodhi, Wawan, Arina, Dio, Inna) yang mendukung dan membantu penulis dalam berproses dan berkembang hingga sekarang ini.
7. Partner penulis Shofiyyah Qonita yang kebersamai penulis sejak awal perkuliahan, yang menjadi saksi semua perjalanan perkuliahan dari awal hingga akhir, dengan semua nasehat, semangat dan dukungan tiada henti hingga mampu menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu oleh penulis yang telah turut mendukung dan membantu penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan kerja praktik ini masih jauh dari kata sempurna, masih banyak kesalahan dalam penulisan maupun isi dari laporan ini. Oleh karena itu, kritik yang membangun serta saran sangat penulis harapkan sehingga menjadi pedoman dalam penulisan laporan agar lebih baik lagi. Semoga semua bantuan dan kebaikan yang telah diberikan mendapatkan balasan pahala dari Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* dan laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca di kemudian hari, Aamiin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, November 2023



Hibrizi Fatih Ardiwal

NIM 19522295

ABSTRAK

Penjadwalan produksi merupakan komponen yang sangat penting untuk keberlangsungan sebuah perusahaan, salah satunya dengan mengetahui kapan waktu yang tepat untuk memulai suatu tugas atau pekerjaan dan kapan waktu yang tepat untuk menyelesaikannya. Jadwal yang dirancang dengan baik dapat mengurangi biaya (*Cost*), waktu pengiriman, dan tingkat kepuasan pelanggan karena produk diterima dengan tepat waktu. PT XYZ merupakan Perusahaan yang memproduksi kulit menjadi bahan jadi, dengan menerapkan *Make to Stock* atau berproduksi dengan menyimpan produk jadi hingga saat konsumen membutuhkan produk tersebut. dalam hal ini Perusahaan dituntut untuk menjalankan pola produksi yang efektif dan efisien dalam berbagai hal seperti contohnya penjadwalan produksi. Pada proses produksi perusahaan ini memiliki 17 *Job* dan 6 mesin dengan system penjadwalan yang masih belum mampu untuk menghasilkan hasil produksi yang maksimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan proses penjadwalan produksi dari segi nilai *Makespan* dan *waiting time* yang terjadi pada perusahaan, dengan memaksimalkan model *Job Sequence* yang ada. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode Algoritma Genetika untuk memecahkan permasalahan penjadwalan yang terjadi pada Perusahaan, dibantu dengan *software Microsoft Excel* dalam proses pengolahan datanya. Hasil yang didapatkan untuk pengoptimalan penjadwalan menggunakan Algoritma Genetika yaitu berupa usulan *Job Sequence* (J3-J13-J12-J14-J9-J11-J6-J2-J7-J15-J17-J8-J1-J16-J5-J10-J4) dengan *Makespan* 8290,87 detik, turun 3,73% dari *makespan* sebelumnya. Dari hasil tersebut menunjukkan metode Algoritma Genetika terbukti efektif dalam menjawab permasalahan penjadwalan pada PT.XYZ.

Kata Kunci: Penjadwalan Produksi, *Job Sequence*, Minimasi *Makespan*, Algoritma Genetika.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	ii
SURAT BUKTI PENELITIAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Kajian Literatur	7
2.2 Landasan Teori.....	15
2.2.1 Penjadwalan	15
2.2.2 Klasifikasi model penjadwalan	16
2.2.3 Istilah penjadwalan.....	18
2.2.4 Elemen penjadwalan	20
2.2.5 Job sequence.....	22
2.2.6 Algoritma Genetika.....	23
BAB III METODE PENELITIAN	30
3.1 Objek dan Subjek Penelitian	30
3.2 Jenis Data Penelitian	30
3.3 Alur Penelitian	31
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	36
4.1 Pengumpulan Data	36
4.1.1 Data Job dan Mesin.....	36
4.1.2 Data Cycle Time	37
4.1.3 Penjadwalan Perusahaan	39

4.2	Pengolahan Data.....	41
4.2.1.	Menentukan parameter.....	41
4.2.2.	Inisiasi populasi awal.....	41
4.2.3.	Menentukan Model dan Menghitung Nilai Fitness.....	43
4.2.4.	Seleksi individu induk.....	46
4.2.5.	Persilangan (Crossover).....	48
4.2.6.	Mutasi.....	51
4.2.7.	Rekapitulasi dan urutan populasi baru.....	53
4.2.8.	Pemilihan individu terbaik (Replacement & Termination).....	56
BAB V	ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN.....	60
5.1	Analisa Penjadwalan Produksi Perusahaan.....	60
5.2	Analisa Penjadwalan Dengan Metode Algoritma Genetika.....	63
5.3	Analisa Perbandingan <i>Job Sequence</i> Metode AG dengan Perusahaan.....	69
BAB VI	PENUTUP.....	70
6.1	Kesimpulan.....	70
6.2	Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN.....	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>Research Gap</i> Penelitian.....	14
Tabel 4. 1 Data Urutan <i>Job</i>	36
Tabel 4. 2 Data <i>Cycle Time</i>	37
Tabel 4. 3 Penjadwalan Perusahaan.....	39
Tabel 4. 4 Inisiasi Populasi Awal	42
Tabel 4. 5 Perhitungan <i>Makespan</i>	44
Tabel 4. 6 Nilai <i>Fitness</i> keseluruhan	46
Tabel 4. 7 <i>fitness</i> Kumulatif dan <i>fitness</i> relatif	47
Tabel 4. 8 Pembangkitan Bilangan <i>Random</i> Untuk <i>Crossover</i>	49
Tabel 4. 9 Individu Hasil Persilangan.....	50
Tabel 4. 10 Bilangan <i>Random</i>	51
Tabel 4. 11 Individu Hasil Mutasi	52
Tabel 4. 12 Rekapitulasi Gabung Populasi	53
Tabel 4. 13 Peringkat Individu	54
Tabel 4. 14 Individu Terbaik Generasi Pertama	56
Tabel 4. 15 Hasil <i>Fitness</i> Terbaik Tiap Generasi	58
Tabel 5. 1 <i>Makespan</i> Awal Perusahaan	61
Tabel 5. 2 <i>Makespan</i> dan <i>Fitness</i> Terbaik	65
Tabel 5. 3 Perbandingan <i>Makespan</i> dan <i>Fitness</i>	69
Tabel 5. 4 Perbandingan Urutan Pekerjaan	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi Algoritma Genetika.....	29
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian	31
Gambar 5. 1 Kinerja Pencarian Algoritma Genetika	64
Gambar 5. 2 <i>Gantt Chart</i> Penjadwalan Terbaik AG	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Setiap aktivitas industri, baik manufaktur maupun jasa, dipengaruhi oleh proses produksi. mesin yang dimiliki oleh setiap sektor usaha sekarang lebih efisien dan efektif berkat kemajuan teknologi saat ini. Mesin sendiri merupakan komponen yang penting dalam dunia perindustrian saat ini, berbagai sektor pada umumnya sudah menggunakan mesin sebagai alat yang dapat mempermudah pekerjaan manusia baik dalam efisiensi waktu maupun proses dalam suatu produksi, bahkan dalam kehidupan sehari-hari pun mesin sudah menjadi komponen yang selalu ikut serta didalamnya. Mesin sendiri dibuat sesuai dengan fungsi maupun kebutuhan pada sektor tersebut, yang mungkin mempermudah pekerjaan manusia dalam bentuk apapun sesuai tujuannya. Saat ini, ilmu pengetahuan dan teknologi berkembang dengan sangat cepat seiring dengan kemajuan zaman sehingga banyak pekerjaan manusia dapat diselesaikan dengan cepat dan tanpa kesulitan. Ini karena adanya mesin yang dirancang guna mempercepat pekerjaan manusia. Selain mempermudah kinerja pekerjaan manusia, penggunaan mesin juga meningkatkan produktivitas dengan lebih cepat (Ardi et al., 2019). Mesin diciptakan untuk membuat segala sesuatu terlihat mudah namun bukan berarti manusia kehilangan peran didalamnya dikarenakan fungsi manusia juga yang mengontrol dan mengatur segala hal yang dilakukan oleh mesin.

Proses mengontrol dan mengatur semua hal yang dijalankan oleh mesin membutuhkan sebuah penjadwalan yang mana penjadwalan sendiri difungsikan khusus agar mesin dapat berfungsi teratur dan sesuai dengan keinginan operator pada mesin tertentu. Menurut (Kuswandi, 2010) Penjadwalan merupakan pengaturan waktu untuk suatu kegiatan operasi yang mana mencakup kegiatan mengalokasikan terkait fasilitas, peralatan, mesin maupun tenaga kerja untuk kegiatan tersebut dan menentukan urutan

yang sesuai bagaimana kegiatan tersebut akan dilakukan. Penjadwalan produksi sendiri dilakukan guna menghemat waktu proses, waktu tunggu (*waiting time*), dan tingkat persediaan serta menggunakan sumber daya, tenaga kerja, dan peralatan dengan lebih efisien (Muharni, Febianti, et al., 2019). Penjadwalan sendiri juga berhubungan dengan penentuan urutan pekerjaan (*Job sequence*), yang mana *Job sequence* juga merupakan komponen penting pada setiap proses agar semua pekerjaan yang berlangsung dapat dilakukan secara teratur dan lebih terorganisir, Penjadwalan tidak hanya berkaitan dengan penjadwalan mesin melainkan juga mencakup berbagai unit produksi yang terlibat didalamnya (Tannady et al., 2015). Dari pernyataan tersebut membuktikan bahwa penjadwalan sangat penting dalam setiap aspek dalam sebuah proses produksi, semakin baik penjadwalan yang dilakukan, maka semakin baik proses yang terjadi pada proses produksi tersebut. Salah satu tujuan dari penjadwalan sendiri menurut (Bedworth & Bailey, 1982) yaitu Meningkatkan penggunaan sumber daya atau mengurangi waktu tunggu, sehingga waktu proses secara keseluruhan (*makespan*) dapat minimasi dan produktivitas dapat ditingkatkan.

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak pada industri manufaktur yang menjadikan mesin sebagai bantuan utama dalam proses produksi, yang mampu membantu memudahkan pekerjaan para pekerja. Perusahaan sendiri bergerak pada jenis perusahaan *Make To Stock* (MTS) yang membutuhkan peningkatan produktivitas yang mana perusahaan harus meminimasi *waste time* apa saja yang terjadi pada proses produksi. Salah satu masalah yang dihadapi perusahaan sendiri adalah penggunaan mesin yang kurang efektif dikarenakan proses penjadwalan yang buruk, yang menyebabkan banyak pekerjaan (*Job*) yang tidak terpenuhi dan mesin yang kurang maksimal penggunaannya. Kurang efektifnya kapasitas mesin yang digunakan pada tahapan produksi sebelumnya menyebabkan waktu menunggu (*waiting time*) mesin menjadi lebih lama dan menghasilkan waktu *makespan* yang lebih lama. Ditambah dengan deteriorasi yang terjadi pada produk yang menimbulkan peningkatan biaya produksi dalam artian lain mengurangi keuntungan perusahaan.

Hal hal yang menyebabkan *waiting time* pada produk semi jadi (*semi-finished goods*) dapat meningkatkan probabilitas kerusakannya dan menghambat proses produksi. Perusahaan yang menggunakan jenis *Make To Stock* memiliki keunggulan dengan *stock* hasil produksi yang tersedia membuat proses permintaan akan stabil dan juga

ketersediaan akan terjamin, namun terdapat kelemahan didalamnya seperti kurangnya persediaan yang sudah ditentukan dan juga deteriorasi pada produk, yang disebabkan proses produksi yang terhambat karena terdapat *waste time* dan penjadwalan yang kurang optimal. Terjadinya *waiting time* dapat mengakibatkan kerugian pada berbagai hal pada proses produksi, terlebih dengan *Job* dan mesin yang banyak perusahaan diharuskan memaksimalkan proses penjadwalan yang terjadi pada mesin (*Machine Scheduling*) dan juga menentukan *Job Sequence* yang sesuai. Dengan *job* dan mesin yang banyak maka Perusahaan membutuhkan proses penjadwalan yang optimal diikuti dengan urutan pekerjaan yang baik agar tercipta efektivitas dalam proses produksi,

Berdasarkan permasalahan diatas perusahaan membutuhkan sebuah model penjadwalan yang optimal dengan menentukan urutan pekerjaan yang efektif. Dengan adanya penjadwalan, mesin pun dapat difungsikan semaksimal mungkin agar meminimalkan makespan yang terjadi. *Makespan* yang dimaksud merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan secara keseluruhan dengan mesin yang digunakan (Muharni, Febianti, et al., 2019). Untuk menghindari kerugian maupun biaya penalti, perusahaan harus memiliki nilai makespan seminimal mungkin. Selain keterlambatan pada makespan yang menjadi permasalahan utama, *waste time* juga menjadi salah satunya yaitu terjadinya *waiting time*. Menurut (Faturrahman et al., 2015) *Waste waiting time* sendiri merupakan keadaan terjadinya pemborosan pada proses produksi dikarenakan satu dua hal seperti *maintenance* mesin, menunggu proses mesin yang sedang berlangsung, dan banyak lainnya, pada kasus lainnya terjadi *bottleneck* yang dikarenakan ketidakseimbangan kecepatan produksi. Untuk memulai sebuah penjadwalan dibutuhkan penentuan terhadap waktu mulai (*starting time*) pada mesin, yang mana *starting* dapat mempermudah tahapan awal dalam menentukan penjadwalan yang akan ditentukan dan memaksimalkan waktu proses (*makespan*) yang ada, menurut (Annisa & Saifudin, 2020) masukan (*input*) penjadwalan produksi yang mencakup jenis dan banyaknya bagian yang akan dioperasikan, urutan ketergantungan antar operasi, waktu operasi, dan fasilitas yang dibutuhkan untuk setiap operasi. Sedangkan bentuk hasil (*output*) merupakan daftar yang menunjukkan urutan pemrosesan, waktu mulai (*starting time*), dan waktu pemrosesan.

Penggunaan metode Algoritma genetika dirasa mampu menjawab pokok permasalahan penjadwalan yang terjadi pada Perusahaan, dengan mengefektifkan proses

model pembuatan jadwal proyek. Algoritma pencarian, juga dikenal sebagai algoritma genetika, menggunakan prinsip seleksi alam dalam ilmu genetika untuk menemukan solusi untuk masalah (Maharani, 2013). Algoritma Genetik sendiri mencari kemungkinan solusi potensial guna menghasilkan solusi penyelesaian masalah yang optimal (Aziz, 2017). Penggunaan AG dirasa tepat dibuktikan dengan beberapa penelitian sebelumnya yang menghasilkan bahwa metode algoritma genetika lebih baik dibanding dengan metode algoritma lainnya dalam proses penjadwalan, hal ini dibuktikan oleh (Marbun et al., 2013) yang melakukan pengujian perbandingan hasil penjadwalan yang efektif antara algoritma genetika dengan algoritma lainnya yang menunjukkan bukti bahwa Algoritma Genetika memiliki tingkat fitness rata-rata yang lebih tinggi dari pada Algoritma PSO. Pemilihan pada metode Algoritma Genetika ini juga digunakan karena permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan mencakup mesin dan *job* yang banyak yaitu sebanyak 6 mesin dan 17 *job* sehingga akan banyak kemungkinan bentuk penjadwalan yang tercipta melalui urutan pekerjaan dari 17 *Job* tersebut. Maka dibutuhkan Algoritma Genetika untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan produksi tersebut supaya kegiatan produksi perusahaan berjalan efisien dan efektif. Algoritma Genetika telah terbukti mampu menyelesaikan masalah permasalahan kombinatorial (Lam et al., 2009). Kelebihan *Genetic Algorithm* (GA) sendiri yaitu dapat mengontrol fungsi objektif dan batasan yang didefinisikan dan metode ini sangat fleksibel untuk digabungkan dengan metode pencarian lainnya agar lebih efektif. Fungsi objektif yang dimaksud pada penelitian ini yaitu untuk menghasilkan model penjadwalan terbaik yang dapat meningkatkan proses produksi perusahaan dengan meminimasi nilai *Makespan* menggunakan Algoritma Genetika. Dengan demikian, diharapkan akan menghasilkan makespan yang lebih optimal dibandingkan dengan makespan awal Perusahaan (Muharni, Kulsum, et al., 2019). Sehingga metode algoritma sangat cocok untuk model permasalahan yang ada.

Berdasarkan masalah di atas, perusahaan sangat membutuhkan metode penjadwalan dengan kriteria minimasi makespan yang sangat penting untuk mengoptimalkan penggunaan mesin dan mengurangi waktu menunggu mesin dalam proses produksi, dengan menentukan starting time yang tepat agar proses urutan pekerjaan (*job sequence*) dapat terbentuk secara optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut merupakan rumusan masalah dalam penelitian ini:

1. Bagaimana membangun model penjadwalan secara optimal yang dapat meminimasi *makespan* dan *waiting time*?
2. Bagaimana model AG (Algoritma Genetika) yang dapat digunakan untuk optimasi model penjadwalan yang dibuat?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan tujuan dari penelitian ini:

1. Mendapatkan optimasi model penjadwalan menggunakan Algoritma genetika dengan meminimasi *waiting time* agar menghasilkan nilai *makespan* yang terbaik.
2. Mendapatkan hasil model Algoritma Genetika yang dapat digunakan guna optimasi penjadwalan yang dibuat

1.4 Manfaat Penelitian

Berikut merupakan manfaat dalam penelitian ini:

1.4.1 Bagi Peneliti.

Manfaat yang didapatkan bagi peneliti yaitu:

1. Menjadi sebuah sarana pembelajaran dalam mengimplementasikan ilmu teori Teknik industri pada permasalahan riil yang terjadi di lapangan.

1.4.2 Bagi Perguruan Tinggi.

Manfaat yang didapatkan bagi perguruan tinggi yaitu:

1. Menjadi referensi bagi peneliti selanjutnya yang berkaitan dengan penggunaan Algoritma Genetika dalam mengoptimalkan penjadwalan produksi.

1.4.3 Bagi Perusahaan.

Manfaat yang didapatkan bagi perusahaan yaitu:

1. Menjadi pedoman bagi perusahaan untuk melakukan evaluasi pada proses penjadwalan guna pengoptimalan produktivitas kerja dengan meminimasi *makespan* dan *waiting time*, maupun menentukan *jobsequence*.

1.5 Batasan Penelitian

Berikut merupakan batasan dalam penelitian ini:

1. Data yang digunakan tidak mempertimbangkan biaya (*cost*).
2. Data yang digunakan juga tidak terpengaruh oleh faktor deteriorasi.
3. Subjek pada penelitian merupakan mesin yang *standby* dalam penggunaannya (tidak dalam proses maintenance maupun sebagainya).
4. Pekerjaan (job) yang sedang dilakukan tidak dapat diinterupsi dengan pekerjaan baru.
5. Seluruh job yang akan dikerjakan tidak dibatasi dengan waktu jatuh tempo.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Pada penelitian ini berisi beberapa rangkuman dari berbagai sumber referensi yang sekiranya relevan dengan metode ataupun permasalahan yang dilakukan. Kajian literatur sendiri merupakan ringkasan suatu topik maupun sebuah metode di bidang penelitian tertentu yang membantu menentukan perbandingan beberapa penelitian sebelumnya yang spesifik yang merujuk pada penelitian yang akan dilakukan. Hal ini dilakukan guna membantu peneliti mengetahui beberapa perbedaan hasil pada penelitian terdahulu yang berkaitan dengan metode yang dilakukan. Berikut merupakan beberapa rangkuman dari penelitian terdahulu yang relevan dengan topik dan metode penelitian yang dilakukan:

Penelitian dengan judul “Metode Minimasi Makespan Dengan Menghilangkan Waktu Tunggu Pada Penjadwalan Job Shop” yang dilakukan oleh Irwan (2021), penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi ataupun menghilangkan waiting time pada mesin produksi yang menggunakan penjadwalan jobshop menggunakan metode minimasi makespan. Meminimalisir waktu tunggu berguna untuk menghasilkan dan memaksimalkan proses produksi antar mesin maupun hasil produksi tersebut. Penelitian ini sendiri menggunakan metode komparatif yang mana metode ini akan membandingkan system penjadwalan yang sudah ada pada perusahaan dengan usulan yang akan diteliti dan juga dengan pengembangan dan pengujian trial and error. Penelitian ini melakukan simulasi menggunakan mesin parallel dan juga mesin series dengan berbagai macam urutan job, penelitian ini mendapatkan hasil yang menunjukkan bahwa penyusunan menggunakan mesin parallel tidak akan terjadi waiting time pada mesin namun waiting time terjadi pada

produk dikarenakan adanya jumlah lot, dan sebaliknya jika menggunakan mesin series tidak akan terjadi waiting time pada produk namun akan terjadi pada mesin. Dengan begini menunjukkan bahwa mesin series akan menghasilkan output yang lebih baik dibandingkan dengan mesin parallel meskipun terjadinya waiting time pada mesin.

Penelitian terkait penjadwalan pun pernah dilakukan oleh Hatim & Ahmad (2022) dengan judul “Pendekatan Algoritma Genetika Dalam Upaya Optimalisasi Penjadwalan Di PT. Nuansa Indah” penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan penjadwalan produksi yang efektif guna memaksimalkan penggunaan sumber daya yang tersedia sesuai dengan jadwal pengiriman yang telah ditentukan sebelumnya. Metode yang digunakan adalah metode Algoritma Genetika dengan pengaplikasian dengan perangkat lunak MATLAB R2016b. Peneliti menggunakan pendekatan kualitatif untuk mengumpulkan data tentang hasil observasi lapangan seperti pesanan konsumen, kapabilitas mesin, *workstation*, waktu baku produksi, dan waktu penyetulan penggantian pekerjaan. Hasil ini kemudian dilengkapi dengan studi literatur. Penelitian ini melalui 4 tahapan yang mana penerapan Algoritma Genetika dilakukan pada tahapan 1, untuk tahapan 2,3 maupun 4 mengikuti hasil Algoritma Genetika sebelumnya yang akan menggunakan perangkat lunak MATLAB R2016b, Kemudian didapatkan hasil Nilai makespan untuk inisialisasi solusi adalah 84443 detik, sementara dengan algoritma gen dihasilkan 67353 pada iterasi ke sepuluh. Pada iterasi ke lima, nilai makespan telah turun menjadi 67630, atau sudah lebih baik dari inisialisasi awal. Namun, pada iterasi ke 30, 80 dan lainnya, nilai makespan cenderung lebih besar dari inisialisasi awal. Hal ini terjadi dikarenakan sudah terjadinya Optimasi pada inisiasi solusi.(Khatami et al., 2019).

Penelitian yang dilakukan oleh Ferdyawan & Hajjah (2020) dengan judul “Penerapan Algoritma Genetika Dalam Optimasi Penjadwalan Proyek”. Penelitian ini bertujuan membuat sebuah sistem penjadwalan pada PT.Jaya Nika Permata guna mempermudah proses building outlet actual dan juga efektivitas pada pembagian jam kerja. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu penerapan system SDLC (*System Development Life Cycle*), kemudian menggunakan metode Algoritma Genetika sebagai alternatif guna mempermudah penentuan penjadwalan. Hasil dari penelitian tersebut yaitu terdapat 10 hasil data yang didapat yang berupa Analisa data, representasi populasi awal, evaluasi fungsi fitness, seleksi, interval kromosom,

populasi baru, *crossover*, mutase, hasil maupun rancangan modul. Kesimpulan penelitian ini yaitu PT. Jaya Nika Permata dapat menggunakan aplikasi penjadwalan proyek untuk membuat jadwal pembangunan yang efektif, dan juga penggunaan Algoritma Genetika terbukti mempermudah peneliti memberikan hasil yang cepat dan optimal.

Penelitian dengan judul “*Makespan Minimization for the M-Machine Ordered Flow Shop Scheduling Problem*” yang dilakukan oleh Khatami et al., (2019) merupakan penelitian yang berfokus pada permasalahan M-Machine N-Job flow shop dengan tujuan meminimasi makespan yang terjadi. Metode yang digunakan merupakan Algoritma iterasi dengan mengembangkan prperti berbentuk piramida dan dua heuristic efisien. Hasil yang didapatkan berupa sebuah contoh acak dalam *flowshop* yang dilakukan, dengan menghasilkan total 600 contoh dalam 3 set, dalam rentang 10 hingga 800 pekerjaan dan 5 hingga 60 mesin. Dapat disimpulkan bahwa penelitian ini menghasilkan 75% intensitas solusi terbaik dalam waktu dekat, selain itu menghasilkan 0,01% hasil dari ILS dilanjut dengan hasil IGABR dan CPLEX yang menghasilkan nilai masing masing 0,07% dan 0,20%.

Penelitian terkait minimasi makespan juga dilakukan oleh Alzamharir et al., (2021) dengan judul “Perancangan Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode Algoritma *Non Delay* Untuk Meminimalkan Makespan Dalam Produksi Tepung”. Dikarenakan penyelesaian pekerjaan yang melebihi target dari waktu yang ditentukan maka membutuhkan waktu yang lebih banyak untuk menyelesaikannya, sehingga menyebabkan waktu produksi menjadi lebih lama. Tujuan penelitian ini sendiri untuk merancang penjadwalan produksi yang ideal guna mempersingkat waktu makespan itu sendiri. Metode yang digunakan yaitu metode Algoritma *Non-Delay* yang mana metode ini mampu meminimasi makespan dengan meminimalkan jumlah mesin yang *idle*. Berdasarkan metode metode Algoritma *Non-Delay* Dihasilkan total waktu Makespan 5 buah karung(125KG) sebesar 91,81 menit, sehingga UD tersebut dapat memproduksi 26 karung dalam sehari dengan 8 jam kerja per harinya.

Penelitian selanjutnya yang menjadi acuan adalah penelitian yang dilakukan oleh Aditya et al., (2019) dengan judul penelitian “Optimalisasi dan Penyelesaian *Job Shop Scheduling Problem* Dengan Metode Algoritma Genetik”. Penelitian ini sendiri bertujuan untuk menentukan alur proses pekerjaan guna meminimalisasi

keterlambatan dan waktu tunggu. Penelitian menggunakan metode Algoritma Genetika guna memaksimalkan system penjadwalan yang dilakukan. 37 pekerjaan dan 24 mesin berbeda di analisis dalam penelitian ini dibantu dengan Microsoft Excel dan MATLAB R2012b. hasil yang didapat pada penelitian berupa nilai generasi sebesar 93, nilai keterlambatan sebesar 0 jam, nilai makespan sebesar 134,125 jam, dan nilai fitness tertinggi sebesar 2,3126. kesimpulan penelitian yaitu Metode Algoritma Genetik memiliki kemampuan untuk mengurangi keterlambatan positif sebesar 100% dan makespan sebesar sekitar 31% dari hasil penjadwalan perusahaan.

Penelitian dengan judul “Penjadwalan *Flow Shop* Untuk Meminimasi *Total Tardiness* Menggunakan Algoritma *Cross-Entropy* – Algoritma Genetika” yang dilakukan oleh (Utama et al., 2019). Penelitian ini menggunakan kombinasi dua metode yang mana Nampak Algoritma Genetika difungsikan sebagai pemecahan solusi yang sangat efektif dalam penjadwalan dan untuk *Cross-Entropy* sendiri digunakan guna memaksimalkan pemecahan permasalahan stokastik dan memaksimalkan solusi. Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu mengetahui parameter terbaik guna meminimasi *total tardiness* menggunakan metode CEGA. Yang mana diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih baik untuk meminimasi total tardiness. Metode yang digunakan merupakan Algoritma Genetika dan juga Algoritma *Cross-Entropy* pada pola aliran *Pure Flow Shop* untuk meminimasi *total tardiness*. Hasil yang didapatkan yaitu Mereka menemukan bahwa peningkatan kinerja disebabkan oleh Algoritma CEGA. Jumlah iterasi yang dilakukan oleh setiap proses memengaruhi jumlah waktu yang dibutuhkan untuk komputasi. Semakin banyak iterasi, lebih lama komputasi akan berlangsung, tetapi akan memberikan lebih banyak ruang untuk solusi. Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa Algoritma CEGA efektif dalam menyelesaikan masalah keterlambatan total. Hasil percobaan menunjukkan bahwa algoritma usulan menghasilkan waktu komputasi yang lebih lama daripada algoritma CE dan GA. Ini terlihat dalam penjadwalan pure flow shop dengan fungsi tujuan untuk mengurangi total keterlambatan penyelesaian pekerjaan.

Penelitian yang dilakukan oleh Nugroho et al., (2018) dengan judul “Implementasi Algoritma Genetika untuk Optimasi Penjadwalan Mata Kuliah”. Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu guna mengatasi permasalahan yang terjadi saat proses penjadwalan, permasalahan seperti kurang teliti ataupun terjadinya

bentrok antar komponen didalam penjadwalan tersebut. Dengan menggunakan metode Algoritma Genetika, peneliti meyakini bahwa metode tersebut memiliki nilai *fitness* yang lebih baik disbanding Algoritma lainnya. Hasil dan kesimpulan yang didapat yaitu penggunaan Algoritma Genetika terbukti efektif dan efisien dalam pembuatan penjadwalan dibantu oleh aplikasi *JAVA* dan *MySQL* dibandingkan dengan excel.

Algoritma Genetika juga digunakan sebagai metode pada penelitian dengan judul “Optimasi Penjadwalan Produksi *Injection Mould Base Frypan Handle* Menggunakan Metode Algoritma Genetika” oleh (Annisa et al., 2020). Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu memperoleh urutan penjadwalan yang tepat pada proses produksi *Injection Mould Base Frypan Handle* dan meminimalkan biaya upah guna mengoptimalkan proses produksi dan mengetahui urutan penjadwalan *Job Shop* secara optimal. Terdapat 9 tahap dalam melakukan optimasi menggunakan Algoritma Genetika yaitu tahap Kodifikasi, Dekodifikasi, tahap fungsi Kesesuaian, seleksi, Elitis, proses *Crossover*, Mutasi, Terminasi, dan terakhir Penyelesaian. Kesimpulan yang dapat diambil yaitu penggunaan Algoritma Genetika terbukti cukup efektif dalam penurunan biaya upah produksi sebesar 44% dan membuat urutan pekerjaan yang lebih baik.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Hafiz et al., (2023) yang mengangkat metode Algoritma Genetika dengan judul “Algoritma Genetika Penjadwalan Mesin Bertipe Sistem Produksi Untuk Meminimalkan Waktu Proses Produksi”. Penelitian bertujuan Dengan menggunakan pemrograman penjadwalan, yang mampu menjadwalkan sistem produksi dengan sistem multimesin dan sistem grup produk sesuai dengan persyaratan kelompok produk, sehingga dapat mengurangi jumlah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan. Hasil dan kesimpulan pada penelitian ini yaitu penjadwalan yang dimiliki oleh penelitian ini sejumlah 146 produksi yang mana terdapat 12 macam proses permesinan yang berbeda yang dilakukan secara parallel, lalu Perencanaan yang lebih baik dengan waktu produksi yang lebih sedikit dihasilkan oleh Algoritma Genetika. Sementara algoritma genetika memberikan waktu produksi 112,4 jam untuk pekerjaan sistem produksi acak dan 115,9 jam untuk pekerjaan sistem produksi banyak, EDD dan SPT pada sebuah mesin menghasilkan waktu proses 135,1 jam.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Muharni et al., (2019) dengan judul “Usulan Penjadwalan Produksi Pipa ERW Menggunakan Metode *Nawaz Enscore Ham* dan *Genetic Algorithm*”. Penelitian ini bertujuan guna meningkatkan penggunaan sumber daya atau mengurangi waktu tunggu, sehingga waktu total yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan dapat dikurangi dan produktivitas dapat ditingkatkan. Metode yang digunakan merupakan dua metode perbandingan yaitu metode *Nawaz Enscore Ham* (NEH) dan *Algoritma Genetika* (AG). Penelitian mendapatkan hasil dari dua penerapan metode yaitu *heuristic* dan *metaheuristic* yang mana kedua pendekatan ini akan dibandingkan, penjadwalan eksisting yang sudah ada sebelumnya dibandingkan dengan penjadwalan usulan menggunakan NEH dan AG mendapatkan hasil yang lebih baik pada penjadwalan usulan dengan nilai efisiensi 5,77%.

Penelitian yang dilakukan Aquinaldo et al., (2021) dengan judul “*Optimization In Job Scheduling Problem Using Genetic Algorithm*” menggunakan metode *Algoritma Genetika* guna mengurangi *idle* yang terjadi berdasarkan jadwal pada *EDD heuristic*. Lalu penelitian ini juga bertujuan meminimalkan makespan dan memaksimalkan proses produksi mesin yang *idle*. Hasil yang didapat dari penelitian yaitu untuk membuat genetika algoritma generasi baru, metode crossover *Precedence Preservative Crossover* (PPX) digunakan, dan mutasi digunakan melalui pertukaran pasangan mutasi. Untuk proses crossover, dua kromosom yang paling kuat dipilih untuk regenerasi, dan satu kromosom yang paling buruk dipilih untuk mutasi. Waktu makespan metode EDD adalah 104.280 menit, dan metode FCFS adalah 118.440 menit, sedangkan GA adalah 81.780 menit sehingga metode *Algoritma Genetika* mendapatkan nilai efisiensi 20,5%.

Penggunaan *Algoritma Genetika* juga dilakukan oleh Natasha et al., (2021) dengan judul penelitian “*Flowshop Production Scheduling Using The CDS Method, Bat Algorithm, and Genetic Algorithms To Minimize Makespan At PT. Paku Gajah Mas*”. Selain menggunakan *Algoritma Genetika* peneliti juga menggunakan metode *Campbell Dudek Smitch* (CDS). Tujuannya adalah untuk menemukan penjadwalan terbaik dengan menghitung nilai makespan terkecil dari setiap metode yang disarankan. Hasil dan kesimpulan yang didapat yaitu membuktikan bahwa *Algoritma Genetika* mendapatkan nilai makespan terkecil menjadi 484,3 menit, berikut waktu

makespan perusahaan dengan metode FCFD adalah 526,90 menit, waktu makespan yang direduksi adalah 42,6 menit, dan indeks efisiensi 1,09 diperoleh dengan metode genetik. sehingga, PT Paku Gajah Mas disarankan untuk menggunakan algoritma genetika untuk mengatur produk yang akan dibuat.

Penelitian dengan judul “*Improved Genetic Algorithm For Flow Shop Scheduling Problem At PT.XYZ*” oleh Widyawati & Waliadi, (2020), bertujuan mengurangi waktu pembuatan dengan menjadwalkan semua proses dari awal hingga akhir secara efisien dan efektif. Hasil dan kesimpulan yang didapat pada penelitian yaitu nilai waktu makespan berdasarkan hasil simulasi komputer. Hasilnya menunjukkan bahwa waktu makespan untuk lima pekerjaan dan enam operasi adalah 53 hari. Yang mana membuktikan penggunaan Algoritma Genetika sangat cocok digunakan saat penjadwalan ulang guna mencari waktu makespan tercepat.

Penelitian selanjutnya menggunakan Algoritma Genetika sebagai pemecahan solusi penjadwalan yang tepat guna meminimalkan makespan yang dilakukan oleh Hamdi & Tekaya, (2020) dengan judul “*A Genetic Algorithm To Minimize The Makespan In A Two-Machine Cross-Docking Flow Shop Problem*”, yang menghasilkan hasil Algoritma Genetika dalam 6 versi yang berbeda berdasarkan kombinasi operator seleksi, persilangan, dan mutasi yang berbeda. Dari 6 versi yang dilakukan, versi ke enam mendapatkan hasil terbaik yang berdampak besar pada kinerja operator *crossover*.

Penggunaan metode Algoritma Genetika juga dilakukan pada penelitian “*A Hybrid Genetic Algorithm And Tabu Search For Minimizing Makespan In Flow Shop Scheduling Problem*”, dengan tujuan penggabungan antara Algoritma genetika dengan Tabu Search dengan memaksimalkan kekurangan dan kelebihan dimiliki satu sama lain dengan maksud meminimasi makespan pada penjadwalan *flow shop*. Hasil dan kesimpulannya yaitu Algoritma hybrid GA-TS yang dikembangkan dalam penelitian ini berhasil menangani minimisasi makespan di *flow shop*. Teknik populasi awal menjadi kunci keberhasilan; tiga operator genetik utama GA, seleksi, persilangan, dan mutasi, telah diubah untuk menyelesaikan *flow shop* dengan efektif. Selanjutnya, algoritma TS mengarahkan pencarian lokal untuk algoritma GA untuk menyeimbangkan kemampuan eksplorasi dan eksploitasi untuk menemukan solusi terbaik.

Tabel 2. 1 *Research Gap* Penelitian

No	Penulis	Tahun	Objek	Penjadw alan Produksi	Minimasi Makespan	Minimasi Waiting Time	Algoritma Genetika
1	Irwan	2021	Industri baja	✓	✓	✓	-
2	Hatim & Ahmad	2022	Mesin produksi	✓	✓	-	✓
3	Ferdyawan & Hajjah	2020	Mesin produksi	✓	✓	-	✓
4	Khatami et al.,	2019	Mesin produksi	✓	✓	-	✓
5	Alzamharir et al.,	2021	Mesin produksi	✓	✓	-	✓
6	Aditya et al.,	2019	Mesin produksi	✓	✓	-	✓
7	Utama et al.,	2019	Mesin produksi	-	-	-	✓
8	Nugroho et al.,	2018	Mata kuliah	✓	-	-	✓
9	Annisa et al.,	2020	<i>Injection Mould Base Frypan Handle</i>	✓	✓	-	✓
10	Hafiz et al.,	2023	Mesin produksi	✓	✓	-	✓
11	Muharni et al.,	2019	Pipa ERW	✓	✓	✓	✓
12	Aquinaldo et al.,	2021	Mesin produksi	✓	✓	✓	✓
13	Natasha et al.,	2021	Mesin produksi	✓	✓	-	✓
14	Widyawati & Waliadi	2020	Mesin produksi	✓	✓	-	✓
15	Hamdi & Tekaya	2020	<i>Two-Machine Cross-Docking</i>	✓	✓	-	✓
16	Ardiwal, H. F.	2023	Mesin produksi	✓	✓	✓	✓

2.2 Landasan Teori

Landasan teori berisikan tentang istilah, teori atau formula yang terkait dengan topik penelitian. Landasan teori disusun dengan bersumber pada jurnal bereputasi dan/atau buku.

2.2.1 Penjadwalan

Penjadwalan memiliki beberapa definisi yang telah digunakan secara luas dalam beberapa pengertian, seperti menurut (Conway, 1967) yang memiliki pemahamannya sendiri terkait definisi penjadwalan, yang mana penjadwalan diartikan sebagai suatu proses pengurutan secara menyeluruh yang dilakukan pada beberapa mesin. Pengurutan didefinisikan sebagai tahapan proses membuat produk dalam urutan tertentu pada suatu mesin kerja. Selain itu terdapat definisi penjadwalan berupa rencana guna mengatur urutan pekerjaan dengan memanfaatkan sumber daya, baik terkait waktu maupun fasilitas yang tersedia, pada setiap proses operasi yang harus diselesaikan. Dengan arti lainnya yaitu suatu proses pembagian sumber daya untuk melakukan tugas-tugas dari sekumpulan pekerjaan dalam jangka waktu tertentu (Baker, 1974). Maka, dengan dilakukannya sebuah penjadwalan, berbagai tugas ataupun pekerjaan dapat di selesaikan dengan pertimbangan pemakaian sumber daya produksi yang terbatas serta dengan perkiraan waktu yang dapat di maksimalkan agar setiap target produksi dapat dicapai.

Penjadwalan produksi menjadi salah satu aspek penting dalam sebuah proses produksi, Penjadwalan produksi pada dasarnya merupakan pembagian sumber daya guna menyelesaikan sejumlah tugas (job) dengan cara yang memenuhi spesifikasi tertentu, seperti waktu penyelesaian pekerjaan yang minimal, penggunaan sumber daya yang optimal, mengurangi biaya total (cost), dan seterusnya. Dengan kata lain, penjadwalan merupakan bagian dari pengambilan keputusan, yaitu menentukan jadwal yang paling optimal (Baker, 1974). Dalam menentukan penjadwalan yang optimal terdapat beberapa aspek yang dapat menunjang hal itu terjadi menurut (Tagawa, 1996) sendiri ketiga aspek berikut yaitu penentuan urutan pekerjaan, ukuran lot produksi, dan kapasitas produksi yang diperlukan.

Menurut (Baker, 1974) terdapat beberapa tujuan dari proses penjadwalan yang dilakukan seperti:

- 1) Meminimasi waktu menganggur pada mesin guna meningkatkan produktivitasnya

- 2) Mengurangi ketersediaan barang setengah jadi (*semi-finished good*) dengan mengurangi jumlah pekerjaan yang menunggu dalam antrian mesin dikarenakan mesin yang masih sibuk
- 3) Mengurangi jumlah keterlambatan rata-rata pada pekerjaan yang telah melampaui batas waktu penyelesaian dengan mengurangi jumlah pekerjaan yang terlambat dan juga jumlah maksimal keterlambatan.

Urutan pengerjaan suatu tugas akan menurunkan nilai flow time rata-rata dan jumlah WIP rata-rata jika makespan penjadwalan bernilai tetap atau konstan (Baker, 1974). Pemenuhan tenggat waktu (*due date*) merupakan definisi dari tujuan akhir yang ingin dicapai dalam sebuah proses penjadwalan dan merujuk pada waktu dimana suatu produk atau pekerjaan harus selesai diproses atau dikerjakan.

2.2.2 Klasifikasi model penjadwalan

Jika sumber daya yang dimiliki terbatas, maka proses penjadwalan akan muncul, yang berarti sumber daya tersebut harus diatur secara efisien. Situasi tertentu memengaruhi sistem penjadwalan, dan berbagai model penjadwalan telah dibuat guna mengatasi masalah ini. Menurut (Michael, 1995) penjadwalan produksi memiliki dua jenis yang berbeda secara umum yaitu: penjadwalan berdasarkan *job* dan juga penjadwalan berdasarkan *batch*. Penjadwalan berdasarkan *job* dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *single stage* dan *multiple stage*, sesuai dengan tahapan proses produksinya. Penjadwalan *single stage* juga dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *single machine* dan *parallel machine*, berdasarkan jumlah mesin yang digunakan dalam proses produksi.

Menurut (Baker, 1974) model penjadwalan dapat dibedakan berdasarkan 4 jenis keadaan yaitu:

- 1) Mesin yang digunakan.

Mesin sangat berpengaruh terhadap proses penjadwalan yang dilakukan, dikarenakan banyaknya mesin dan berbagai jenis mesin yang digunakan, sehingga model penjadwalan akan terpengaruh pada factor jumlah mesin. Berikut tiga macam jumlah mesin yang digunakan pada proses produksi:

- Penjadwalan pada mesin Tunggal (*single machine*)

Karena fasilitas produksi hanya menggunakan satu mesin, penjadwalan hanya tertuju pada satu mesin dan semua pekerjaan hanya dilakukan pada mesin tersebut.

Namun, permasalahan pada penjadwalan ini adalah menentukan pekerjaan mana yang harus diprioritaskan jika ada lebih dari satu pekerjaan.

➤ Penjadwalan pada mesin ganda

Penjadwalan mesin ganda menggunakan dua mesin, dan semua pekerjaan harus melalui kedua mesin tersebut. Ini berbeda dengan penjadwalan mesin tunggal, yang hanya menggunakan satu mesin.

➤ Penjadwalan pada banyak mesin (*multi machine*)

Yaitu penjadwalan di mana fasilitas produksi menggunakan dua atau lebih dari mesin dan diatur secara paralel untuk menyelesaikan semua tugas. Ada dua jenis penjadwalan mesin banyak dan paralel: *single stage* dan *multi stage*.

2) Pola aliran proses

Berdasarkan aliran proses dibagi menjadi dua bagian yaitu *flow shop* dan *job shop*.

Berikut dijelaskan ketiga aliran proses tersebut:

➤ *Flow Shop*

Sistem produksi yang menghasilkan produknya melalui aliran atau urutan proses yang sama atau mirip. Keseluruhan alur kerja produk tetap konstan. Pengaturan sumber daya sejalan dengan aliran proses produk. Dalam sistem produksi flow shop, stasiun kerja, atau workstation, disusun dalam urutan operasi pembuatan produk. Karena produk mengalir mengikuti langkah-langkah sekuensial yang sama dalam proses produksi, sistem ini kadang-kadang disebut sebagai "*product flow*". Didalam flow shop sendiri memiliki dua bagian yang berbeda yaitu *pure flow shop* dan *general flow shop*, yang mana perbedaan terdapat pada ada atau tidaknya variasi antar pekerjaan didalam aliran produksi.

➤ *Job Shop*

Sistem produksi yang menghasilkan produknya melalui berbagai aliran atau urutan proses. Setiap pekerjaan di job shop memiliki pola aliran proses yang berbeda. Aliran proses yang tidak searah ini mengakibatkan bahwa pekerjaan yang dilakukan oleh mesin dapat berupa pekerjaan baru, pekerjaan yang sedang dilakukan, atau pekerjaan yang akan diproses menjadi produk akhir.

3) Sifat informasi

Dari system informasi terdapat dua bagian didalamnya yaitu:

- Informasi bersifat deterministic, yaitu informasi yang bersifat pasti mengenai pekerjaan dan mesin produksi, seperti waktu kedatangan pekerjaan dan waktu proses operasi
- Informasi bersifat stokastik. Dengan kata lain, penjadwalan di mana informasi tidak yang masih belum pasti. Informasi yang dimaksud termasuk waktu kedatangan bahan baku, waktu siap, jumlah pekerjaan, batas waktu penyelesaian produk, bobot kepentingan masing-masing pekerjaan, jumlah operasi, susunan mesin, waktu proses, waktu *set-up*, jumlah mesin, kapasitas, kemampuan, dan kecocokan mesin dengan tugas yang diberikan.

4) Pola kedatangan proses

Berdasarkan pola kedatangan juga terbagi menjadi dua yaitu :

- Pola kedatangan statis, merupakan pola di mana pekerjaan datang secara bersamaan atau bersamaan dan semua fasilitas tersedia dan siap digunakan saat pekerjaan itu datang. Dengan kata lain, meskipun kedatangan pekerjaan mungkin tidak bersamaan, kedatangan sudah diketahui sejak awal waktu nol.
- Pola kedatangan dinamis, merupakan pola di mana pekerjaan muncul secara acak atau tidak jelas kapan muncul, dengan kata lain, variabel waktu merupakan komponen yang berpengaruh.

2.2.3 Istilah penjadwalan

Terdapat beberapa istilah yang sering digunakan sebagai variabel dalam pengukuran pada lingkungan penjadwalan. Menurut (Baker & Trietsch, 2009) sendiri menyebutkan sebagai berikut:

1. *Flow time*,

Flow time sendiri merupakan jumlah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan *job* *i* dari awal hingga akhir. Yang mana didalamnya juga termasuk *idle time*, Oleh karena itu, *flow time* sama dengan *processing time* dijumlahkan dengan waktu menunggu tugas untuk diproses.

2. *Completion time*

Merupakan waktu terakhir untuk menyelesaikan tugas

3. *Waiting time*

Merupakan jumlah waktu menunggu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu *job* sebelum *job* tersebut benar-benar dimulai.

4. *Process time*

Merupakan jumlah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan operasi ke i yang berasal dari pekerjaan j . Jumlah waktu proses ini sudah mencakup waktu persiapan dan *set up*.

5. *Due date*

Due date sendiri merupakan sebuah batas waktu dalam sebuah penyelesaian pekerjaan, yang mana waktu penyelesaiannya sendiri sudah ditentukan sebelumnya. Pada waktu tenggat ini jika waktu yang sudah ditetapkan terdapat kelebihan waktu maka dapat disebut sebagai keterlambatan.

6. *Lateness*

Lateness sendiri dapat diartikan sebagai kelebihan waktu pada proses penyelesaian suatu pekerjaan terhadap tenggat waktu dari pekerjaan itu sendiri, yang berarti bahwa waktu tersebut sudah melewati batas penyelesaian yang sudah ditentukan sebelumnya. Jika suatu pekerjaan selesai setelah tenggat waktu, itu akan diberi nilai keterlambatan positif, atau keterlambatan, dan jika selesai sebelum tenggat waktu, itu akan diberi nilai keterlambatan negatif.

7. *Tardiness*

Memiliki hubungan pada keterlambatan yang mana dengan kata lain bisa disebut sebagai keterlambatan positif, jika *lateness* yang dihasilkan positif maka akan menghasilkan *tardiness* bernilai nol, begitu pun sebaliknya jika yang dihasilkan negative maka nilai *tardiness* akan menghasilkan nilai yang sama dengan nilai *lateness*.

8. *Earliness*

Dapat diartikan tepatnya, ketika waktu penyelesaian tugas pekerjaan (*deadline*) didapat lebih cepat dari tanggal akhir yang sudah ditentukan.

9. *Makespan*

Makespan merupakan total waktu penyelesaian yang diperlukan dari penjadwalan guna menyelesaikan keseluruhan pada sebuah pekerjaan.

Beberapa fungsi tujuan penjadwalan umumnya dihasilkan dari variabel ukur kinerja penjadwalan yang sudah disebutkan di atas. (Baker, 1974) menyebutkan beberapa tujuan utama pada penjadwalan sebagai berikut:

1. Minimasi *makespan*

2. Minimasi total waktu tertimbang
3. Minimasi keterlambatan tertimbang
4. Minimasi keterlambatan maksimum
5. Minimasi jumlah *job* yang terlambat
6. Minimasi total *flow time*

Namun pada penelitian ini proses penjadwalan yang dilakukan akan terfokus pada bagaimana cara meminimasi makespan yang optimal disertai dengan penentuan *starting time* yang tepat dan juga urutan pekerjaan yang baik, sehingga akan dihasilkan waktu makespan seminimal dan efisien mungkin agar terhindar dari kerugian kerugian yang tidak seharusnya terjadi.

2.2.4 Elemen penjadwalan

Pada sebuah proses penjadwalan terdapat beberapa elemen penting yang perlu diperhatikan, yang mana elemen elemen ini merupakan hal yang menjadi pin penting dalam proses penjadwalan itu sendiri, menurut (Baker & Trietsch, 2009) terdapat 3 elemen penting sebagai berikut:

1. *Job* (pekerjaan)

Sebuah pekerjaan didefinisikan sebagai suatu tugas yang harus diselesaikan sehingga dapat menghasilkan suatu produk. Sebagian besar tugas terdiri dari beberapa operasi atau proses yang harus dilalui untuk dapat menghasilkan suatu produk. Jumlah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu tugas, serta operasi apa yang perlu dilakukan, didasarkan pada informasi yang diberikan oleh manajemen dan bagian engineering kepada bagian produksi. Berikut terdapat beberapa karakteristik dari pada *job* sendiri:

- a. *Job* terdiri dari urutan operasi yang sudah ditetapkan.
- b. Setiap jenis mesin yang ada dalam pekerjaan hanya dapat melakukan operasi tertentu.
- c. Waktu proses dan tanggal selesai (*due date*) telah diketahui.
- d. Proses pembuatan waktu *set-up* bersifat independen, dan waktu transportasi antar mesin dapat diabaikan.
- e. Suatu mesin yang sedang dalam proses pengoperasian tidak dapat diganggu aktivitas operasi lainnya.

- f. Tidak ada operasi yang dapat dimulai atau dilakukan sebelum operasi sebelumnya selesai.
- g. Setiap mesin hanya mampu melakukan satu operasi sekaligus.
- h. Hanya satu mesin dapat memproses pada tiap komponen.

2. Operasi

Operasi memiliki maksud sebagai alur proses yang sudah diurutkan untuk menyelesaikan suatu tugas. Suatu operasi tidak dapat dimulai atau dikerjakan sampai operasi sebelumnya selesai. Dengan kata lain, jika operasi atau proses sebelumnya dikerjakan terlebih dahulu hingga selesai, operasi baru dapat dimulai dan dikerjakan sampai selesai. Dengan kata lain, tidak boleh ada interupsi terhadap operasi yang sedang dikerjakan. Setiap operasi pasti memiliki waktu proses atau waktu yang diperlukan untuk menyelesaikannya.

Berikut beberapa karakteristik dari operasi:

- a. Setiap operasi yang sedang dilakukan oleh mesin harus diselesaikan.
- b. Setiap operasi tidak boleh dilakukan pada lebih dari satu mesin sekaligus.
- c. Proses operasi tidak dapat dikerjakan secara acak dan harus sesuai dengan alur yang sudah ditentukan.
- d. Berbagai jenis mesin dapat digunakan untuk menyelesaikan setiap operasi hingga proses selesai.
- e. Hanya ada satu rute yang dapat digunakan oleh setiap pekerjaan untuk melaksanakan operasi operasi yang ada di dalamnya.
- f. Matriks routing berisi data yang menunjukkan urutan operasi yang dilakukan dan jenis mesin yang digunakan.

3. Mesin

Salah satu sumber daya yang dibutuhkan untuk melaksanakan berbagai rangkaian proses dalam suatu pekerjaan sampai selesai adalah mesin. Setiap mesin memiliki kemampuan untuk melakukan satu operasi pada waktu yang sama. Mesin sendiri memiliki karakteristiknya sendiri yaitu:

- a. Setiap mesin hanya dapat memproses satu operasi pada waktu tertentu.
- b. Mesin dapat secara berkelanjutan stand by pada setiap tugas yang dibebankan.
- c. Penjadwalan jika tidak ada gangguan karena kerusakan ataupun perawatan.
- d. Setiap mesin beroperasi dengan data waktu dan distribusi yang diketahui.

2.2.5 *Job sequence*

Merupakan proses pengurutan dalam alur pekerjaan yang mana urutan yang dimaksud merupakan penugasan terhadap pekerjaan mana saja yang dapat didahulukan jika dalam suatu proses produksi sedang memproses banyak pekerjaan (Aisah, 2018). Job sequence sendiri dapat dimisalkan terdapat N job yang harus diselesaikan, dan masing-masing pekerjaan memiliki waktu pengaturan, pengolahan, dan tenggat waktu masing-masing. Ini akan menunjukkan masalah urutan pekerjaan, karena dibutuhkan proses pada beberapa mesin untuk menyelesaikan suatu pekerjaan (Masruroh, 2012). Berikut beberapa metode yang dapat digunakan guna memprioritaskan sebuah urutan pekerjaan menurut (Narasimhan et al., 1995):

1. *Short Processing Time (SPT)*

Metode ini memprioritaskan pesanan dengan waktu proses terpendek. Tujuannya adalah untuk mengurangi waktu proses dan keterlambatan rata-rata.

2. *First Come First Serve (FCFS)*

Pada metode ini, pekerjaan yang pertama datang ke pusat kerja diproses terlebih dahulu. Ini seharusnya digunakan hanya apabila waktu kerja yang tersisa untuk perintah persaingan relatif sama. Karena waktu kerja yang tersisa relatif sama, metode ini cocok untuk proses *flow* karena memiliki waktu kerja yang tersisa yang sebanding.

3. *Earliest Due Date (EDD)*

Pekerjaan dengan jadwal paling awal dipilih pertama. Aturan EDD akan mengurangi keterlambatan maksimum dan keterlambatan maksimum sebuah mesin, tetapi tidak menjamin bahwa tugas-tugas tersebut diselesaikan tepat waktu.

4. *Longest Processing Time (LPT)*

Pesanan dengan waktu proses terpanjang yang akan diprioritaskan pada metode ini.

5. *Least Slack Time (LST)*

Untuk mengurangi keterlambatan pada m mesin paralel, aturan kehilangan waktu terkecil ini digunakan. Waktu tersisa antara waktu proses tugas i dan *due date* dikenal sebagai waktu tersisa tugas j. Jika penjadwalan dimulai pada saat $t=0,0$ dan *due date* dinyatakan dalam unit-unit waktu, maka *slack time* adalah *due date* dikurangi dengan waktu proses.

6. *Random Selection (RS)*

Merupakan metode acak, dengan kata lain, tugas yang telah diproses terlebih dahulu dan urutan yang dipilih secara acak.

2.2.6 *Algoritma Genetika*

Algoritma genetika merupakan suatu pembelajaran yang berdasarkan atas prinsip evolusi genetika, yang mana spesies yang dapat bertahan akan terus berkembang sedangkan spesies yang bersaing akan terasingkan. Algoritma genetika juga termasuk pada sebuah metode penyelesaian sebuah permasalahan *np-hard* yang lumayan efektif yaitu algoritma heuristic yang mana merupakan jenis algoritma sub optimal yang tidak dapat menjamin solusi terbaik, namun metode algoritma heuristik dapat menyelesaikan masalah optimization combinatorial yang cukup kompleks dan berlingkup besar dengan menemukan solusi yang baik yang memenuhi semua kriteria dengan waktu komputasi yang relatif singkat (Wijanarko, 2011). Algoritma memiliki kemampuan untuk meniru mekanisme evolusi alam. Untuk menemukan solusi terbaik untuk masalah, pencarian populasi dilakukan dengan menunjukkan berbagai pilihan (Kushartantya, 2010). Algoritma ini difungsikan guna mencari ukuran performansi yang tepat dengan titik titik baru yang lebih baik sesuai dengan teori genetic. Beberapa operasi genetik tertentu dilakukan pada populasi awal. Kemudian daya tahan setiap orang dinilai untuk mengetahui apakah mereka layak dipilih untuk generasi berikutnya (Ginting, 2009). Menurut (Wijanarko, 2011) terdapat beberapa metode yang populer dalam algoritma heuristic yaitu *neighborhood search methods*, dimana didalamnya terdapat tiga macam metode, yaitu : *Genetic Algorithm*, *Simulated Annealing* dan *Tabu Search* yang salah satunya yaitu algoritma genetika yang digunakan dalam penelitian.

Algoritma genetika (AG) merupakan algoritma heuristik adaptif yang berbasis pada konsep evolusioner dan pemikiran tentang proses seleksi genetika dan alami. John Holland pada tahun 60-an adalah orang pertama yang menggunakan algoritma genetika. Algoritma genetika menggunakan analogi seleksi alam dari populasi berbagai gen, yang masing-masing gen menawarkan solusi potensial untuk masalah yang dihadapi. Dalam kasus ini, individu yang dipilih diwakili dengan nilai kesesuaian, yang digunakan untuk menemukan solusi terbaik untuk masalah yang sedang dihadapi. Individu yang memiliki kemampuan yang tinggi memiliki kemungkinan yang lebih besar untuk melakukan reproduksi melalui kawin silang, juga dikenal sebagai crossover, dengan individu lain dalam populasi yang

sama. Di dalam populasi yang telah melalui proses seleksi tetapi tidak terpilih, individu yang terbentuk atau dihasilkan membawa sifat-sifat dari induknya, sementara beberapa generasi baru yang terbentuk dan memiliki ketahanan hidup akan muncul di dalam populasi tersebut. Proses seleksi, kawin silang, dan mutasi yang berkelanjutan akan menghasilkan generasi yang sangat kuat.

Terdapat perbedaan pada Algoritma Genetika dengan beberapa Algoritma tradisional lainnya menurut (Goldberg, 1989) yaitu:

1. Algoritma Genetika bekerja sebagai kumpulan kode, bukan parameter itu sendiri.
2. Algoritma genetika mencari solusi dari sekumpulan populasi daripada satu titik solusi.
3. Algoritma genetika langsung menggunakan data fungsi tujuan daripada turunannya.
4. Algoritma Genetika menggunakan aturan probabilitas, bukan aturan deterministic

Dalam melakukan penerapan Algoritma Genetika terdapat 8 langkah yang dapat dilakukan (Saleh et al., 2002) yaitu:

- A. Inisiasi populasi awal
- B. Representasi individu dan kromosom
- C. Evaluasi *fitness*
- D. Seleksi
- E. *Crossover*
- F. Mutasi
- G. *Replacement*
- H. *Termination*

2.2.6.1 Inisiasi Populasi Awal

Tujuan pembangkitan awal individu sebagai kode untuk solusi alternatif masalah adalah untuk mencapai tujuan ini. Karena itu, dasar representasi individu dalam penelitian ini adalah urutan pekerjaan, sehingga orang-orang yang dibangkitkan mewakili urutan pekerjaan yang akan dilakukan. Pada tahap ini, hal pertama yang harus dilakukan adalah menentukan ukuran populasi yang akan digunakan, atau *pop_size*. Jumlah populasi yang kecil menunjukkan bahwa hanya ada sedikit pilihan *crossover* dan hanya sebagian kecil dari domain solusi yang dipelajari untuk setiap generasi. Sebaliknya, Algoritma Genetika

akan mengalami penurunan kinerja jika terlalu besar. Disarankan bahwa ukuran populasi berkisar antara 20 hingga 30 individu.

Inisiasi populasi awal dapat dilakukan dengan dua cara: secara heuristik atau secara random (Gen & Cheng, 1997). Yang mana pada penelitian ini dilakukan inisiasi populasi awal secara random, dengan ukuran populasi sebanyak 20 individu yang mana kromosom pada individu tersebut menggambarkan *Job Sequence*.

2.2.6.2 Representasi individu dan kromosom

Performansi Algoritma Genetika sangat dipengaruhi oleh representasi; setiap representasi bergantung pada masalah yang akan diselesaikan. Binary encoding, permutation encoding, dan value encoding adalah beberapa jenis pengkodean yang paling umum digunakan (Roberts et al., 2001). Individu menunjukkan salah satu solusi yang tersedia. Setiap individu adalah kumpulan gen dan kromosom, dan populasi adalah kumpulan individu.

Inisialisasi kromosom digambarkan sebagai array atau larik data jadwal. Jumlah gen yang ada di setiap kromosom disebut panjang kromosom. Pembentukan populasi awal dimulai setelah pembentukan kromosom. Solusi awal penjadwalan berdasarkan aturan yang sudah ditetapkan terdiri dari populasi. Pada penelitian ini sendiri perhitungan reproduksi dilakukan dengan cara mengurangi hasil *makespan* yang dihasilkan oleh tiap individu dengan nilai 50.000, hal ini terjadi dikarenakan untuk mencapai tujuan pada Algoritma genetika yang menghasilkan nilai maksimal berbanding terbalik dengan tujuan pada penelitian ini yaitu meminimasi *makespan*, sehingga agar tetap terdapat nilai yang relevan dengan AG dilakukanlah pengurangan pada nilai hasil *makespan* tersebut.

2.2.6.3 Evaluasi perhitungan fitness

Untuk mengevaluasi individu dalam populasi, fungsi fitness digunakan. Fitness sendiri merupakan perhitungan nilai yang harus dimaksimalkan, diminimalkan, atau disesuaikan dengan nilai terdekat yang paling mungkin. Penjadwalan harus mengurangi waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan semua pekerjaan yang ada di toko (*makespan*). Dalam penelitian ini, fitness (obyektif) yang dicari adalah *makespan*. *Makespan* obyektif adalah total waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan semua pekerjaan yang ada, atau waktu saat pekerjaan terakhir diselesaikan. Obyektif *makespan* ini dapat dinyatakan dengan persamaan matematis seperti pada persamaan:

$$Makespan = \max [C_1, C_2, \dots, C_{12}] \quad (2.1)$$

Individu yang akan mencapai tingkat *fitness* terbaik adalah mereka yang memiliki nilai fungsi *fitness* terkecil. Untuk mendapatkan nilai makespan yang paling rendah, tujuan penjadwalan sendiri yaitu untuk mengurangi fungsi fitness F . Diharapkan bahwa nilai makespan yang rendah akan mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan produk.

2.2.6.4 Seleksi

Metode seleksi pada dasarnya mengarahkan pencarian Algoritma Genetik ke wilayah ruang pencarian yang lebih menguntungkan. Tiga hal yang perlu diperhatikan selama tahap seleksi: ruang sampling, mekanisme sampling, dan peluang sampling (Gen & Cheng, 1997). Didalam proses seleksi terdapat dua metode didalamnya yaitu proporsional dan rangking. Seleksi memilih kandidat terbaik. Nilai *fitness* yang lebih rendah menurunkan kemungkinan dipilih.

Ada banyak cara untuk meningkatkan nilai *fitness*. Dalam fungsi seleksi terdapat metode *Roulette* yang bertujuan untuk memilih individu-individu yang akan dilakukan proses persilangan. Langkah langkah dalam proses seleksi dengan menggunakan metode Roda Roulette yaitu:

- 1) Hitung nilai *fitness* setiap individu (F_i) pada populasi awal:

$$F_i = M_i = \text{Makespan dari seluruh job yang dijadwalkan}$$

- 2) Hitung total nilai *fitness* satu populasi /generasi (TF):

$$TF = \sum_{i=1}^{pop_size} F_i$$

- 3) Hitung *fitness* relative setiap individu (P_i):

$$P_i = \frac{F_i}{TF}$$

- 4) Hitung *fitness* kumulatif setiap individu (Q_i):

$$Q_0 = 0 \text{ dan } Q_1 = P_1$$

$$Q_i = Q_{i-1} + P_i$$

- 5) Pilih induk yang akan jadi menjadi kandidat untuk disilangkan dengan cara:
 - Bangkitkan bilangan *random* R_i sebanyak *pop_size*
 - Jika $Q_i \leq R_i$ dan $Q_{i+1} > R_i$, maka pilih individu ke $(i+1)$ sebagai kandidat yang terseleksi.

Dengan:

F_i = *makespan* dari seluruh *job* = nilai *fitness* (obyektif) dari setiap individu

TF = jumlah total nilai *fitness* pada satu populasi/generasi

- P_i = nilai *fitness* relative individu i
 Q_i = nilai *fitness* kumulatif individu i
 i = indeks individu ($i = 1, 2, \dots, pop_size$)
 R_i = bilangan random untuk individu i
 Pop_size = jumlah individu pada satu generasi/populasi

2.2.6.5 Crossover

Dalam proses cross-over, dua individu baru, yang dikenal sebagai child (offspring), dibentuk oleh dua individu induk dalam populasi melalui proses seleksi sebelumnya. Selama proses cross-over, probabilitas cross-over, yang menunjukkan kemungkinan bahwa cross-over terjadi antara dua individu, dihitung, dan diwakili oleh P_c . Jika tidak terjadi crossover, keturunannya akan sama persis dengan individu orang tua, tetapi ini tidak berarti bahwa generasi yang baru akan sama persis dengan generasi yang lama. Jika kemungkinan crossover 100%, semua keturunannya dihasilkan dari crossover. Tujuan dari crossover ini adalah untuk meningkatkan kualitas generasi yang baru. Probabilitas crossover disarankan 80 hingga 95 persen.

Dalam proses *crossover* terdapat salah satu Teknik yang dapat digunakan didalamnya yaitu *Precedence Preservative Crossover (PPX)* (Bierwirth & Mattfeld, 1999). pada PPX, bilangan acak dilakukan dengan nilai antara 0 hingga memiliki nilai probabilitas yang sejumlah dengan jumlah populasi. Bilangan acak (random) yang nilainya kurang dari probabilitas persilangan akan disilangkan. Pada PPX, Gen individu baru dibuat secara acak dari gen individu yang akan disilangkan. Persilangan hanya terjadi pada kromosom pertama individu, dan susunan gen pada kromosom berikutnya hanya mengurangi job yang tidak diberikan kepada mesin. Untuk memilih induk, angka acak 1 atau 2 sebanyak gen pada kromosom pertama digunakan; angka 1 diturunkan gen paling kiri dari kromosom pertama induk pertama, dan angka 2 diturunkan gen paling kiri dari kromosom pertama induk kedua. Selanjutnya, gen yang telah dipilih diambil dari kedua kromosom induk. Ini dilakukan sampai karakter di kedua kromosom pertama individu induk habis.

Pada penelitian ini di gunakan nilai probabilitas Crossover sebesar 40% (0,4) Yang artinya diharapkan sejumlah $0,4 \times pop_size$ individu induk akan melakukan persilangan.

2.2.6.6 Mutasi

Mutasi adalah proses mengubah gen dalam kondisi random untuk membuat gen baru dalam kelompok gen. Dalam Algoritma Genetika, mutasi digunakan untuk mencegah

generasi premature dalam operasi crossover dan untuk menempatkan kembali gen yang hilang dari populasi selama proses seleksi sehingga dapat memberikan gen yang tidak ada pada populasi sebelumnya.

Probabilitas mutasi (P_m), juga dikenal sebagai probabilitas mutasi, menunjukkan kemungkinan mutasi terjadi pada gen-gen yang membentuk seseorang. Proses mutasi membutuhkan adanya probabilitas mutasi (P_m). Keturunan yang dihasilkan setelah crossover tidak akan berubah jika tidak ada mutasi. Namun, jika ada mutasi, bagian individu akan berubah. Semua orang akan dimutasi jika ada probabilitas seratus persen. Mutasi tidak akan terjadi jika probabilitasnya nol. Probabilitas mutasi kecil adalah 0.5% hingga 1%.

Salah satu operator mutasi bernilai real yaitu *swap mutation* (Manderick, 1991). Pada swap mutation, dua bilangan random dihasilkan antara satu hingga banyak gen dalam kromosom pertama. Kemudian posisi gen diubah sesuai dengan bilangan random yang dihasilkan. Sehingga didapatkan individu baru hasil mutasi yang mana setelahnya akan dilanjutkan pada tahapan pemilihan individu terbaik.

Pada penelitian probabilitas mutasi yang digunakan sebesar 20% (0,2) Yang artinya diharapkan sejumlah $0,2 \times \text{pop_size}$ individu induk akan mengalami mutasi gen pada kromosom pertamanya karena mutasi pada penelitian ini hanya melibatkan kromosom pertama pada setiap individu. Sedangkan susunan gen pada kromosom berikutnya menyesuaikan kromosom pertama.

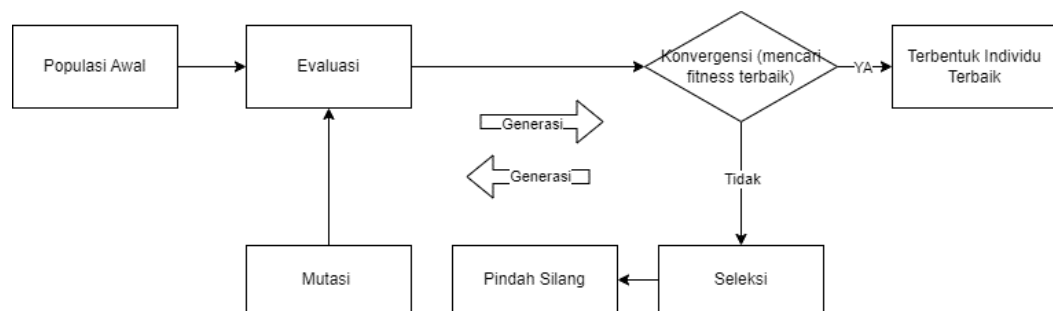
2.2.6.7 Replacement

Pendekatan pembentukan generasi menetapkan bahwa setiap populasi akan ditempatkan kembali dalam masing-masing generasi (Goldberg, 1989). Dengan penggunaan algoritma genetika, jumlah dari n populasi terbaik dalam generasi yang paling buruk dari generasi sebelumnya akan dipulihkan oleh generasi berikutnya. Pada penelitian ini individu baru yang dihasilkan pada tahapan *Crossover* dan *Mutasi* akan digabungkan dengan individu-individu sebelumnya untuk menentukan individu terbaik selanjutnya. Dengan penentuan populasi awal 20 sehingga dari total tambahan individu baru akan diambil beberapa individu terbaik dan individu yang tersisihkan akan dibuang. Dalam evolusi alam, individu-individu inilah yang dikatakan sebagai individu-individu yang mati pada saat proses evolusi berlangsung karena kalah bersaing dengan yang lainnya (Wijanarko, 2011)

2.2.6.8 Termination

Tujuan yang ditetapkan dicapai melalui cross-over, mutasi, seleksi, dan penempatan kembali. Jumlah generasi: batas akhir proses seleksi, persilangan, dan mutasi. Jumlah generasi yang tinggi menunjukkan bahwa lebih banyak domain solusi yang akan dieksplorasi dan lebih banyak iterasi yang dilakukan, tetapi Algoritma Genetik akan berjalan lebih lambat. Menurut penelitian, ukuran populasi yang besar tidak mempercepat proses pencarian solusi. Pada penelitian ini setelah didapatkan hasil *replacement* dan pencarian individu terbaik didapatkan dengan nilai makespan dan *fitness* terkecil maka sudah terbentuk satu generasi dalam Algoritma genetika, dengan mekanisme algoritma seperti tersebut diatas, algoritma tersebut dijalankan dengan total generasi (*Maxgen*) sebanyak 500 kali. Setelah dilakukan 500 generasi, maka Algoritma Genetika dihentikan (Terminasi) dan didapatkan catatan performansi yang dihasilkan pada tiap generasi.

Dengan ilustrasi proses Algoritma Genetika dilakukan seperti berikut (Wijanarko, 2011):



Gambar 2. 1 Ilustrasi Algoritma Genetika

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek dan Subjek Penelitian

Perusahaan yang menerapkan sistem produksi *Make To Stock* (MTS) merupakan subjek dalam penelitian ini, dan minimasi total waktu produksi atau minimasi *makespan* serta minimasi *waiting time* merupakan objek dalam penelitian ini. Objek dalam penelitian ini dilakukan dengan cara merancang penjadwalan mesin kerja yang dibantu dengan mengaplikasikan Algoritma Genetika.

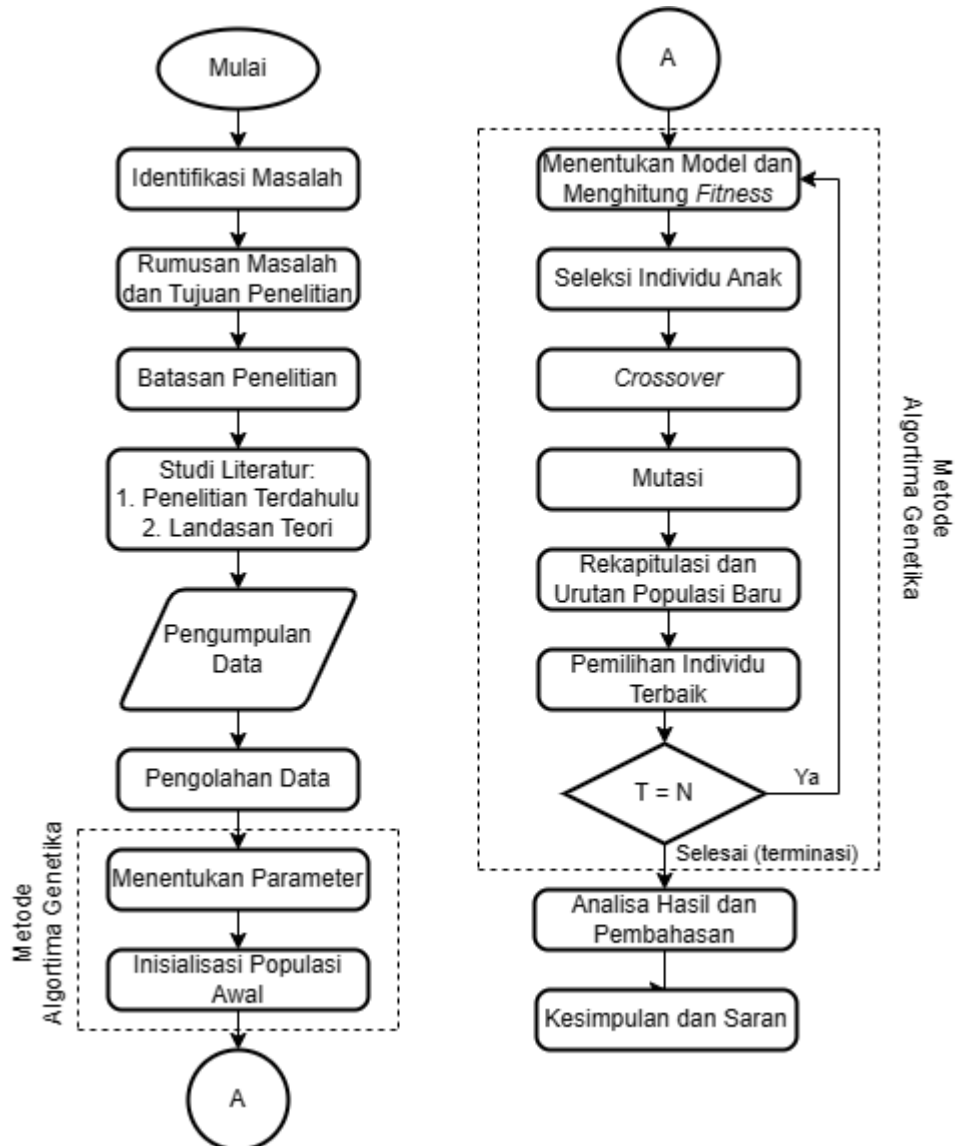
3.2 Jenis Data Penelitian

Pada penelitian ini sumber data yang digunakan, yaitu data sekunder. Adapun penjelasan dari sumber data yang digunakan adalah sebagai berikut:

Data sekunder merupakan data penelitian yang diambil secara tidak langsung dari sumber atau perusahaan. Data sekunder pada penelitian ini adalah waktu proses setiap pekerjaan (*job*) dalam mesin dan data deteriorasi barang setengah jadi (*semi-finished goods*) dan efeknya terhadap waktu proses berikutnya serta bersumber dari beberapa literatur seperti jurnal penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan.

3.3 Alur Penelitian

Diagram alur penelitian menggambarkan alur pada penelitian yang dilakukan. Berikut diagram alur pada penelitian ini:



Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian

Penjelasan dari diagram alir penelitian ini:

1. Identifikasi Masalah

Tahap pertama adalah identifikasi masalah, peneliti melakukan penjelasan permasalahan yang terjadi secara rinci pada perusahaan, menjelaskan sebab akibat adanya permasalahan terkait proses penjadwalan pada perusahaan. Dengan kata lain tahap ini menjelaskan masalah pentingnya melakukan penelitian ini.

2. Penentuan Rumusan Masalah dan Tujuan Penelitian.

Setelah melalui tahap identifikasi masalah, kemudian permasalahan yang sudah dijelaskan dibuat menjadi poin-poin penting secara garis besarnya. Poin penting rumusan masalah tersebut yang akan diteliti pada penelitian ini. Selanjutnya penentuan tujuan penelitian untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan rumusan masalah pada penelitian ini.

3. Penentuan Batasan Penelitian

Setelah melalui tahap penentuan rumusan masalah dan tujuan penelitian, kemudian penentuan batas penelitian. Dimaksudkan untuk membantu peneliti supaya memfokuskan penelitian ini menjadi terarah sehingga tercapainya tujuan penelitian.

4. Studi Literatur

Setelah melalui tahap penentuan batasan penelitian, peneliti mencari informasi yang berkaitan dengan penelitian ini maka dilakukan tahapan studi literatur yang berdasarkan penelitian terdahulu dan landasan teori sesuai dengan penelitian yang dilakukan.

5. Pengumpulan Data

Setelah melalui tahap studi literatur, melakukan pengumpulan data yang diambil secara tidak langsung yaitu data urutan proses produksi dan data waktu proses setiap pekerjaan (*job*) dalam mesin serta data yang diambil berdasarkan studi literatur.

6. Pengolahan Data

Setelah melalui tahap pengumpulan data, melakukan pengolahan data yaitu perhitungan minimasi *makespan* dengan menghilangkan *waiting time* menggunakan Algoritma Genetika yang dibantu oleh *software Microsoft Excel*.

7. Menentukan Parameter

Pada tahapan ini, proses penelitian diawali dengan menentukan parameter-parameter yang akan menunjang proses pengolahan data menggunakan Algoritma Genetika, yang mana parameter tersebut meliputi jumlah populasi (*Pop_Size*) sebanyak 20

individu, probabilitas *Crossover* sebesar 40% (0,4), kemudian probabilitas mutasi 20% (0,2), lalu dengan total generasi (*MaxGen*) sebesar 500 generasi.

8. Inisialisasi Populasi Awal

Merupakan proses membangkitkan individu induk dengan metode pencarian acak (*Random*), dengan jumlah populasi sebanyak 20 individu (*pop_size*), yang mana didalamnya terdapat kromosom sebanyak 17 *Job* pada tiap individu yang melalui 6 mesin proses. jumlah populasi awal dilakukan melalui pembentukan kromosom kromosom, di mana gen gen yang diacak dimasukkan ke dalam setiap kromosom.

9. Menentukan Model dan Menghitung Nilai *fitness*

Merupakan tahapan untuk menentukan model pembentukan nilai *Fitness* dengan mengurangi hasil *Makespan* yang dihasilkan tiap individu dengan 50.000 sebagai angka besar (*BigNumber*), hal ini dilakukan untuk memaksimalkan nilai *fitness* yang dihasilkan dikarenakan nilai *Makespan* yang diminimasi berkebalikan dengan dasar perhitungan pada Algoritma Genetika.

10. Seleksi Individu Induk

Pada tahapan ini dilakukan seleksi guna memilih individu induk yang akan mengalami operasi genetik pada tahap selanjutnya (*Crossover*) metode seleksi ini menggunakan metode *Roulette*, yang mana pada proses ini akan membagi hasil *Fitness* menjadi beberapa bagian yaitu *Fitness* Relatif dan *Fitness* kumulatif dari tiap individu dengan total *Fitness* keseluruhan, selanjutnya akan dibangkitkan dengan bilangan bilangan *Random* untuk memilih individu individu terpilih.

11. Persilangan (*Crossover*)

Tahapan selanjutnya merupakan proses persilangan antara individu induk terpilih untuk menghasilkan individu anak yang baru. Proses *Crossover* sendiri memiliki probabilitas sebesar 40% (0,4) ya memungkinkan sekitar $0,4 \times pop_size$ (populasi) individu akan melakukan persilangan (*crossover*). Proses pemilihan individu induk terpilih dilakukan dengan membangkitkan bilangan *Random* sebanyak 0 hingga 1 sebanyak populasi yang ada, kemudian jika nilai *random* yang menghasilkan lebih kecil dari nilai probabilitas *Crossover* akan menjadi individu terpilih tersebut. Proses persilangan sendiri menggunakan Teknik *Precedence Preservative Crossover (PPX)* yang mana kromosom individu induk terpilih yang melalui proses ini akan disilangkan dengan angka acak (*Random*) 1 atau 2 yang mana dari hasil tersebut lah akan menentukan pada individu pertama atau kedua kah yang akan disilangkan terlebih

dahulu pada kromosom individu tersebut. Pada proses *Crossover* ini menghasilkan 2 individu anak baru yang memiliki urutan kromosom baru yang berbeda dari individu induknya.

12. Mutasi

Setelah dilakukannya proses *Crossover*, selanjutnya akan dilakukan proses mutasi, yang mana proses mutasi sendiri merupakan sebuah proses membentuk keturunan (*offspring*) dengan mengubah gen individu induk (*parent*). Dalam penelitian ini Proses mutasi terjadi pada individu induk pada gen tertentu yang memiliki probabilitas mutasi (*pm*) lebih rendah daripada jumlah acak yang akan dibangkitkan. Dengan nilai probabilitas sebesar 20% (0,2) yang dapat diartikan kemungkinan sejumlah $0,2 \times pop_size$ individu induk akan mengalami fase mutasi. Metode yang digunakan merupakan *swap mutation* yang mana akan dibangkitkan 2 bilangan *random* antara kromosom 1 hingga banyaknya kromosom pada tiap individu (*gen*), kemudian urutan gen akan dimutasi sesuai dengan bilangan *random* yang dihasilkan.

13. Rekapitulasi dan Urutan Populasi Baru

Setelah proses *genetic persilangan (crossover)* dan mutasi dijalankan maka akan terbentuk sebuah individu anak baru, dikarenakan ruang sampling yang dipergunakan merupakan ruang sampling yang diperluas, maka individu individu anak yang sudah dihasilkan akan dibawa dan digabungkan kedalam ruang sampling yang Sebagian sudah ditempati oleh individu individu induk, yang kemudian akan diurutkan sesuai dengan urutan nilai *makespan* terkecil hingga terbesar.

14. Pemilihan Individu Terbaik (*Replacement & Termination*)

Setelah pengurutan individu gabungan, maka selanjutnya dilakukan tahapan *replacement* yang mana berfungsi untuk memilih individu individu terpilih dan membuang individu individu yang kalah bersaing dari populasi. kromosom yang memiliki nilai *fitness* tertinggi akan dipilih menjadi individu terbaik pada generasi tersebut. Pada penelitian ini proses algoritma dilakukan sebanyak 500 kali generasi (*MaxGen*) dengan tujuan memaksimalkan munculnya individu baru yang memiliki nilai maksimal (*Makespan* terkecil). Setelah dijalankan sebanyak 500 kali generasi dan menghasilkan nilai yang stabil dan konstan, proses Algoritma Genetika dihentikan (*terminasi*) yang dapat diartikan cukup pada pembentukan generasi baru, dan dapat memberikan catatan performansi yang dicapai pada tiap generasi.

15. Update Generasi

Setelah semua tahapan Algoritma Genetika selesai dilakukan pada generasi pertama, pada tahapan ini akan mengulang kembali 20 individu terbaik pada generasi sebelumnya. Proses pengolahan individu kembali ini dilakukan pada tahapan perhitungan nilai *Fitness* hingga seterusnya dan akan kembali terulang untuk tahapan generasi selanjutnya hingga mencapai terminasi pada generasi maksimal (*MaxGen*) yang stabil dan konstan. Jika sudah mencapai terminasi, maka proses tahapan Algoritma Genetika selesai dilakukan dan akan masuk pada proses Analisa hasil dan pembahasan.

16. Analisa hasil dan pembahasan

Setelah semua proses pengolahan data dan perancangan program penjadwalan, selanjutnya melakukan analisa terhadap hasil pengolahan data sebelumnya. Hal ini dilakukan guna mendapatkan dan merumuskan hasil pengolahan yang dapat menjawab tujuan dan rumusan masalah yang ada pada penelitian ini.

17. Kesimpulan dan saran

Setelah semua tahapan dilakukan, tahap akhir dari penelitian ini membuat kesimpulan yang menjawab rumusan masalah yang telah dibuat, apakah hasil daripada kesimpulan ini menjawab tujuan penelitian atau tidak. Kemudian memberikan saran untuk perusahaan dan penelitian selanjutnya.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data penelitian untuk menunjang kebutuhan penelitian dalam menyelesaikan rumusan masalah yang telah ditentukan. Berikut merupakan data pada penelitian ini:

4.1.1 Data Job dan Mesin

Berikut merupakan data jenis *Job* dan Mesin yang digunakan pada penelitian ini yang mana terdapat 17 urutan *Job* dan 6 mesin dengan penjelasan seperti berikut:

Tabel 4. 1 Data Urutan *Job*

Urutan Job	Nama Brand
1	Canvas Man Type 4
2	Canvas Man Type 2
3	Jhon Anglo Type 6
4	Canvas Man Type 1
5	Ashadewi L Type 1
6	Ashadewi Duffel Type 1
7	Canvas Man Type 3
8	Jhon Anglo Type 2
9	Jhon Anglo Type 5
10	Jhon Anglo Type 1
11	Ashadewi Duffel Type 3
12	Jhon Anglo Type 4
13	Jhon Anglo Type 2
14	Ashadewi L Type 4
15	Jhon Anglo Type 3

Urutan Job	Nama Brand
16	Ashadewi L Type 3
17	Ashadewi Duffel Type 2

Selanjutnya terdapat data yang dinotasikan sebagai (M) mesin mesin yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Pemotongan (M1)
- 2) Penyesetan (M2)
- 3) Perakitan (M3)
- 4) *Make-Up* (M4)
- 5) *Inspect* (M5)
- 6) *Packing* (M6)

Pada penelitian ini focus objektif yang dilakukan yaitu menemukan model penjadwalan terbaik dengan meminimasi *Makespan* dan *Waiting Time* agar menghasilkan urutan *Job* yang optimal.

4.1.2 Data Cycle Time

Berikut merupakan data sekunder urutan proses produksi untuk setiap material dan waktu proses setiap material di setiap mesin:

Tabel 4. 2 Data Cycle Time

Job	M1	M2	M3	M4	M5	M6
J1	135,62	121,96	3510,18	2360,75	213,38	372,92
J2	90,45	81,46	2282,55	1573,46	142,30	248,50
J3	197,82	149,32	430,24	584,11	3910,70	237,15
J4	90,20	81,43	2282,08	1573,88	142,55	248,02
J5	241,82	215,66	4335,04	1839,83	368,22	378,59
J6	456,66	2930,95	464,22	906,20	119,37	163,12
J7	135,17	122,61	3424,42	2360,26	213,85	373,02
J8	240,74	180,60	4335,04	1794,38	1089,00	387,12
J9	196,74	148,52	431,21	561,37	3809,12	237,15
J10	194,14	149,44	427,29	560,19	3576,36	237,15
J11	456,78	2905,23	463,52	895,51	134,61	163,34
J12	195,39	148,27	448,22	693,77	3553,93	237,15
J13	196,97	149,88	428,50	574,35	4005,38	237,15

<i>Job</i>	M1	M2	M3	M4	M5	M6
J14	240,94	180,44	4347,38	1880,38	364,75	385,94
J15	196,80	148,88	432,35	580,22	3788,21	237,15
J16	241,56	183,71	4351,61	1811,75	367,49	362,58
J17	455,09	2911,42	462,47	896,77	215,36	163,14

4.1.3 Penjadwalan Perusahaan

Berikut merupakan perhitungan nilai *makespan* perusahaan yang dijelaskan pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. 3 Penjadwalan Perusahaan

Job	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
	Start	Durasi	Completion	Start	Durasi	Completion	Start	Durasi	Completion	Start	Durasi	Completion	Start	Durasi	Completion	Start	Durasi	Completion
1	0	135,62	135,62	135,62	121,96	257,57	257,57	3510,18	3767,75	3767,75	2360,75	6128,50	6128,50	213,38	6341,88	6341,88	372,92	6714,80
2	135,62	90,45	226,07	226,07	81,46	307,53	307,53	2282,55	2590,08	2590,08	1573,46	4163,54	4163,54	142,30	4305,84	4305,84	248,50	4554,34
3	226,07	197,82	423,89	423,89	149,32	573,21	573,21	430,24	1003,45	1003,45	584,11	1587,56	1587,56	3910,70	5498,26	5498,26	237,15	5735,41
4	423,89	90,20	514,09	514,09	81,43	595,53	595,53	2282,08	2877,60	2877,60	1573,88	4451,49	4451,49	142,55	4594,03	4594,03	248,02	4842,06
5	514,09	241,82	755,91	755,91	215,66	971,57	971,57	4335,04	5306,61	5306,61	1839,83	7146,43	7146,43	368,22	7514,65	7514,65	378,59	7893,25
6	755,91	456,66	1212,57	1212,57	2930,95	4143,52	4143,52	464,22	4607,74	4607,74	906,20	5513,94	5513,94	119,37	5633,31	5633,31	163,12	5796,43
7	1212,57	135,17	1347,74	1347,74	122,61	1470,35	1470,35	3424,42	4894,77	4894,77	2360,26	7255,03	7255,03	213,85	7468,88	7468,88	373,02	7841,90
8	1347,74	240,74	1588,48	1588,48	180,60	1769,08	1769,08	4335,04	6104,11	6104,11	1794,38	7898,50	7898,50	1089,00	8987,50	8987,50	387,12	9374,62

<i>Job</i>	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
	<i>Start</i>	<i>Duraton</i>	<i>Completion</i>	<i>Start</i>	<i>Duraton</i>	<i>Completion</i>	<i>Start</i>	<i>Duraton</i>	<i>Completion</i>	<i>Start</i>	<i>Duraton</i>	<i>Completion</i>	<i>Start</i>	<i>Duraton</i>	<i>Completion</i>	<i>Start</i>	<i>Duraton</i>	<i>Completion</i>
9	1588,48	196,74	1785,22	1785,22	148,52	1933,74	1933,74	431,21	2364,95	2364,95	561,37	2926,32	2926,32	3809,12	6735,45	6735,45	237,15	6972,60
10	1785,22	194,14	1979,37	1979,37	149,44	2128,80	2128,80	427,29	2556,10	2556,10	560,19	3116,28	3116,28	3576,36	6692,65	6692,65	237,15	6929,80
11	1979,37	456,78	2436,14	2436,14	2905,23	5341,37	5341,37	463,52	5804,89	5804,89	895,51	6700,40	6700,40	134,61	6835,00	6835,00	163,34	6998,34
12	2436,14	195,39	2631,54	2631,54	148,27	2779,80	2779,80	448,22	3228,02	3228,02	693,77	3921,79	3921,79	3553,93	7475,72	7475,72	237,15	7712,88
13	2631,54	196,97	2828,51	2828,51	149,88	2978,38	2978,38	428,50	3406,88	3406,88	574,35	3981,23	3981,23	4005,38	7986,62	7986,62	237,15	8223,77
14	2828,51	240,94	3069,44	3069,44	180,44	3249,88	3249,88	4347,38	7597,27	7597,27	1880,38	9477,65	9477,65	364,75	9842,40	9842,40	385,94	10228,34
15	3069,44	196,80	3266,25	3266,25	148,88	3415,12	3415,12	432,35	3847,47	3847,47	580,22	4427,68	4427,68	3788,21	8215,90	8215,90	237,15	8453,05
16	3266,25	241,56	3507,81	3507,81	183,71	3691,52	3691,52	4351,61	8043,12	8043,12	1811,75	9854,87	9854,87	367,49	10222,36	10222,36	362,58	10584,94
17	3507,81	455,09	3962,90	3962,90	2911,42	6874,32	6874,32	462,47	7336,80	7336,80	896,77	8233,56	8233,56	215,36	8448,93	8448,93	163,14	8612,06

Nilai total waktu produksi atau *makespan* perusahaan didapatkan dengan rumus

$$Ms = \sum_i t_i \text{ atau } Ms = Cmax \quad (4.1)$$

Pengerjaan *job* yang dilakukan menurut urutan *job* (J1, J2, J3, J4, J5, ..., J17) di tiap mesin, setelah dilakukan perhitungan pada masing-masing *job* tiap mesin, didapatkan waktu penyelesaian setiap *job* terakhir di mesin terakhir merupakan nilai *makespan* perusahaan. Berdasarkan tabel 4.2 diketahui bahwa nilai *makespan* dari penjadwalan perusahaan, adalah detik.

$$\begin{aligned} Cmax &= \text{Waktu penyelesaian setiap } job \text{ terakhir di mesin terakhir} \\ &= 8612,06 \text{ detik.} \end{aligned}$$

4.2 Pengolahan Data

Tahapan ini merupakan pengolahan data yang dilakukan oleh peneliti untuk meminimasi *makespan* dari 6 mesin dan 17 *job* menggunakan metode Algoritma Genetika dibantu *tools Microsoft Excel*.

Langkah awal dalam menyelesaikan Algoritma Genetika didahului dengan menentukan parameter dan jumlah populasi yang akan dibuat, inisiasi, menghitung nilai *fitness*, seleksi pemilihan individu induk, *crossover* (persilangan), mutasi individu terpilih, rekapitulasi populasi baru melalui *replacement*, pemilihan individu terbaik dengan *Termination*. Langkah Langkah tersebut akan terus dilakukan hingga dicapai nilai *makespan* terbaik dari generasi generasi selanjutnya. Berikut merupakan langkah-langkah penyelesaian Algoritma Genetika:

4.2.1. Menentukan parameter

Parameter yang akan digunakan sebagai langkah awal dalam algoritma genetika pada penelitian ini yaitu :

Jumlah generasi = 500 , Ukuran populasi = 20 kromosom, Probabilitas *Crossover* = 40% (0,4), dan Probabilitas Mutasi = 20% (0,2)

4.2.2. Inisiasi populasi awal

Pada tahapan ini dilakukan guna membangkitkan individu individu sebagai solusi permasalahan yang ada, yang mana pada penelitian ini urutan *job* yang digunakan sebagai sebagai dasar representasi individu, sehingga individu yang dibangkitkan dimaksudkan untuk mewakili urutan pekerjaan yang akan dilakukan. Hal yang pertama kali dapat dilakukan yaitu menentukan ukuran populasi (*pop_size*) yang akan digunakan pada laporan ini, semakin kecil ukuran populasi maka akan semakin sedikit tersedia pilihan

untuk tahapan *crossover* yang dapat di eksplorasi pada setiap generasinya, begitu pun sebaliknya jika populasi terlalu banyak maka kinerja Algoritma Genetika akan turun. Dapat disarankan penggunaan ukuran populasi yang baik yaitu berkisar antara 20-30 individu (Saputro, 2003).

Dalam penelitian ini populasi yang di gunakan sebesar 20 individu (*pop_size=20*), dengan pembangkitan individu awal menggunakan metode pencarian acak (*random search*). Setelah itu dibangkitkan bilangan *random* dengan kisaran 1 hingga sebanyak jumlah job yang ada sejumlah 17 job yang melalui mesin pertama hingga mesin keenam, dengan nilai bilangan acak yang dibangkitkan berupa bilangan bulat (*integer*) yang tidak boleh berulang dalam sebuah kromosom. Dalam penelitian ini bilangan acak tersebut akan menjadi patokan dalam urutan awal hingga akhir pada proses produksi mesin yang mana kemudian akan dicari *makespan* terkecil dari urutan pekerjaan tersebut. Populasi yang terbentuk dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 4 Inisiasi Populasi Awal

No Populasi	Individu	Makespan
1	(16-15-6-11-5-3-9-17-12-8-10-7-2-14-4-1-13)	9358,17
2	(14-16-17-10-7-12-6-4-1-8-11-15-2-9-5-3-13)	9358,17
3	(14-17-4-12-7-2-9-8-5-1-15-11-10-6-16-13-3)	9274,43
4	(6-5-7-2-10-4-14-15-1-8-17-9-12-13-11-3-16)	11040,04
5	(9-14-7-5-6-17-16-1-12-8-13-11-3-2-10-15-4)	8290,87
6	(12-11-1-17-8-4-2-6-15-13-3-16-14-10-7-5-9)	9150,28
7	(6-3-17-15-13-11-12-8-7-9-4-5-14-10-1-16-2)	8291,17
8	(13-12-11-16-2-7-9-5-10-1-3-14-8-15-17-6-4)	8290,87
9	(3-13-10-8-15-17-12-9-11-14-6-16-1-4-7-2-5)	11100,24
10	(4-2-9-10-11-7-13-14-17-15-5-12-6-16-1-3-8)	11749,05
11	(5-7-4-1-13-11-17-12-10-16-6-15-8-14-9-3-2)	8291,17
12	(2-17-15-5-10-11-4-16-13-14-7-6-8-9-1-12-3)	9274,43
13	(12-9-15-7-1-17-5-2-8-14-10-13-11-16-4-3-6)	8546,76
14	(3-13-12-1-8-9-10-7-17-16-14-5-6-4-2-11-15)	9149,71
15	(14-6-5-3-15-4-2-7-17-13-10-12-11-8-1-16-9)	9150,28
16	(6-10-17-3-5-14-16-11-7-13-1-4-9-15-8-12-2)	8291,17

No Populasi	Individu	Makespan
17	(17-16-11-3-2-9-5-8-15-1-6-14-10-7-12-13-4)	8290,87
18	(3-9-12-7-17-13-16-1-4-2-11-6-15-14-10-8-5)	11100,24
19	(7-9-3-10-12-13-17-11-5-2-6-8-15-1-4-16-14)	11121,80
20	(13-16-10-4-15-14-1-2-11-12-17-5-9-6-8-3-7)	10457,06

4.2.3. Menentukan Model dan Menghitung Nilai Fitness

Dalam proses ini akan dilakukan sebuah penentuan bentuk perhitungan nilai *fitness* pada penelitian ini, yang mana fungsi *fitness* pada penelitian ini yaitu *makespan*. *Makespan* sendiri merupakan total waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan semua *job* atau dapat dimaksud juga waktu saat *job* terakhir selesai. Pada penelitian ini individu yang menghasilkan nilai fungsi *fitness* terkecil atau *makespan* terkecil merupakan individu terbaik yang mendekati optimal.

Pada penelitian yang menggunakan metode Algoritma Genetika ini terdapat adanya hasil yang berkebalikan dengan tujuan pada laporan ini, yang mana Algoritma genetika sendiri dapat menghasilkan nilai fungsi yang baik jika hasil yang didapatkan maksimal sedangkan pada tujuan laporan ini akan meminimasi atau meminimalkan nilai *makespan* yang dihasilkan, maka untuk memecahkan masalah yang ada, pada proses perhitungan nilai *fitness*, nilai *makespan* yang dihasilkan tiap individu akan dikurangkan dengan nilai 50.000 agar didapatkan hasil *makespan* yang minimal dan juga didapatkan nilai fungsi *fitness* yang maksimal dan juga tidak negatif sesuai dengan dasar perhitungan Algoritma Genetika.

$$Fitness F_i = Bignumber - Makespan \quad (4.2)$$

Sebagai contoh akan dihitung nilai *fitness* pada individu 1 yang didapat pada tahapan inisialisasi sebelumnya, sebagai berikut:

Individu 1:

V1= (16-15-6-11-5-3-9-17-12-8-10-7-2-14-4-1-13) , dengan sistem perhitungan mencari *makespan* pada individu 1 sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Perhitungan *Makespan*

<i>Job</i>	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
	<i>Start</i>	<i>Duraton</i>	<i>Completion</i>	<i>Start</i>	<i>Duraton</i>	<i>Completion</i>	<i>Start</i>	<i>Duraton</i>	<i>Completion</i>	<i>Start</i>	<i>Duraton</i>	<i>Completion</i>	<i>Start</i>	<i>Duraton</i>	<i>Completion</i>	<i>Start</i>	<i>Duraton</i>	<i>Completion</i>
16	0	241,56	241,56	241,56	183,71	425,27	425,27	4351,61	4776,88	4776,88	1811,75	6588,62	6588,62	367,49	6956,11	6956,11	362,58	7318,70
15	241,56	196,80	438,37	438,37	148,88	587,24	587,24	432,35	1019,59	1019,59	580,22	1599,80	1599,80	3788,21	5388,02	5388,02	237,15	5625,17
6	438,37	456,66	895,02	895,02	2930,95	3825,97	3825,97	464,22	4290,20	4290,20	906,20	5196,40	5196,40	119,37	5315,77	5315,77	163,12	5478,88
11	895,02	456,78	1351,80	1351,80	2905,23	4257,02	4257,02	463,52	4720,54	4720,54	895,51	5616,05	5616,05	134,61	5750,66	5750,66	163,34	5914,00
5	1351,80	241,82	1593,62	1593,62	215,66	1809,27	1809,27	4335,04	6144,31	6144,31	1839,83	7984,14	7984,14	368,22	8352,36	8352,36	378,59	8730,95
3	1593,62	197,82	1791,44	1791,44	149,32	1940,76	1940,76	430,24	2371,00	2371,00	584,11	2955,11	2955,11	3910,70	6865,81	6865,81	237,15	7102,96
9	1791,44	196,74	1988,18	1988,18	148,52	2136,70	2136,70	431,21	2567,92	2567,92	561,37	3129,29	3129,29	3809,12	6938,41	6938,41	237,15	7175,56
17	1988,18	455,09	2443,28	2443,28	2911,42	5354,70	5354,70	462,47	5817,17	5817,17	896,77	6713,94	6713,94	215,36	6929,30	6929,30	163,14	7092,44
12	2443,28	195,39	2638,67	2638,67	148,27	2786,94	2786,94	448,22	3235,16	3235,16	693,77	3928,93	3928,93	3553,93	7482,86	7482,86	237,18	7720,01
8	2638,67	240,74	2879,41	2879,41	180,60	3060,01	3060,01	4335,04	7395,05	7395,05	1794,38	9189,43	9189,43	1089,00	10278,43	10278,43	387,12	10665,55

<i>Job</i> <i>b</i>	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
	<i>Start</i>	<i>Durati</i> <i>on</i>	<i>Comple</i> <i>tion</i>	<i>Start</i>	<i>Durati</i> <i>on</i>	<i>Comple</i> <i>tion</i>	<i>Start</i>	<i>Durati</i> <i>on</i>	<i>Comple</i> <i>tion</i>	<i>Start</i>	<i>Durati</i> <i>on</i>	<i>Comple</i> <i>tion</i>	<i>Start</i>	<i>Durati</i> <i>on</i>	<i>Comple</i> <i>tion</i>	<i>Start</i>	<i>Durati</i> <i>on</i>	<i>Comple</i> <i>tion</i>
10	2879,41	194,14	3073,55	3073,55	149,44	3222,99	3222,99	427,29	3650,28	3650,28	560,19	4210,47	4210,47	3576,36	7786,84	7786,84	237,15	8023,99
7	3073,55	135,17	3208,73	3208,73	122,61	3331,34	3331,34	3424,42	6755,76	6755,76	2360,26	9116,02	9116,02	213,85	9329,87	9329,87	373,02	9702,89
2	3208,73	90,45	3299,18	3299,18	3380,64	3380,64	2282,55	5663,19	5663,19	1573,46	7236,65	7236,65	142,30	7378,95	7378,95	248,50	7627,45	
14	3299,18	240,94	3540,12	3540,12	180,44	3720,55	3720,55	4347,38	8067,94	8067,94	1880,38	9948,32	9948,32	364,75	10313,08	10313,08	385,94	10699,01
4	3540,12	90,20	3630,31	3630,31	3711,75	3711,75	2282,08	5993,83	5993,83	1573,88	7567,71	7567,71	142,55	7710,26	7710,26	248,02	7958,28	
1	3630,31	135,62	3765,93	3765,93	121,96	3887,89	3887,89	3510,18	7398,07	7398,07	2360,75	9758,81	9758,81	213,38	9972,19	9972,19	372,92	10345,11
13	3765,93	196,97	3962,90	3962,90	149,88	4112,78	4112,78	428,50	4541,28	4541,28	574,35	5115,63	5115,63	4005,38	9121,01	9121,01	237,15	9358,17

Maka didapatkan hasil nilai *makespan* dari waktu penyelesaian *job* terakhir sebesar 9358,17, yang selanjutnya nilai *makespan* tersebut akan dikurangi dengan *bignumber* yang sudah ditentukan sebelumnya sebesar 50.000, dengan contoh sebagai berikut:

$$Fitness = 50000 - 9358,17 = 40641,83$$

Maka didapatkan hasil maksimal fungsi *fitness* pada Algoritma Genetika sebesar 40641,83.

Berikut merupakan rekap hasil perhitungan fungsi *fitness* pada setiap individu yang sudah terbentuk:

Tabel 4. 6 Nilai *Fitness* keseluruhan

No Populasi	Individu	Makespan	<i>Fitness</i>
1	(16-15-6-11-5-3-9-17-12-8-10-7-2-14-4-1-13)	9358,17	40641,83
2	(14-16-17-10-7-12-6-4-1-8-11-15-2-9-5-3-13)	9358,17	40641,83
3	(14-17-4-12-7-2-9-8-5-1-15-11-10-6-16-13-3)	9274,43	40725,57
4	(6-5-7-2-10-4-14-15-1-8-17-9-12-13-11-3-16)	11040,04	38959,96
5	(9-14-7-5-6-17-16-1-12-8-13-11-3-2-10-15-4)	8290,87	41709,13
6	(12-11-1-17-8-4-2-6-15-13-3-16-14-10-7-5-9)	9150,28	40849,72
7	(6-3-17-15-13-11-12-8-7-9-4-5-14-10-1-16-2)	8291,17	41708,83
8	(13-12-11-16-2-7-9-5-10-1-3-14-8-15-17-6-4)	8290,87	41709,13
9	(3-13-10-8-15-17-12-9-11-14-6-16-1-4-7-2-5)	11100,24	38899,76
10	(4-2-9-10-11-7-13-14-17-15-5-12-6-16-1-3-8)	11749,05	38250,95
11	(5-7-4-1-13-11-17-12-10-16-6-15-8-14-9-3-2)	8291,17	41708,83
12	(2-17-15-5-10-11-4-16-13-14-7-6-8-9-1-12-3)	9274,43	40725,57
13	(12-9-15-7-1-17-5-2-8-14-10-13-11-16-4-3-6)	8546,76	41453,24
14	(3-13-12-1-8-9-10-7-17-16-14-5-6-4-2-11-15)	9149,71	40850,29
15	(14-6-5-3-15-4-2-7-17-13-10-12-11-8-1-16-9)	9150,28	40849,72
16	(6-10-17-3-5-14-16-11-7-13-1-4-9-15-8-12-2)	8291,17	41708,83
17	(17-16-11-3-2-9-5-8-15-1-6-14-10-7-12-13-4)	8290,87	41709,13
18	(3-9-12-7-17-13-16-1-4-2-11-6-15-14-10-8-5)	11100,24	38899,76
19	(7-9-3-10-12-13-17-11-5-2-6-8-15-1-4-16-14)	11121,80	38878,20
20	(13-16-10-4-15-14-1-2-11-12-17-5-9-6-8-3-7)	10457,06	39542,94
Total			810423,24

4.2.4. Seleksi individu induk

Pada tahapan ini dilakukan seleksi pada individu individu induk yang mana akan mengalami operasi genetik dalam tahapan selanjutnya. Pada penelitian ini menggunakan metode pemilihan individu induk dengan seleksi roda *roulette* (*Roulette wheel parents selection*).

Metode seleksi menggunakan *roulette* ini merupakan metode seleksi pemilihan yang memperhatikan tingkat penyesuaian individu dengan lingkungannya berdasarkan pada nilai *fitness* yang dihasilkan oleh tiap individu. Tingkat penyesuaian setiap individu

sebanding dengan nilai *fitness*-nya. Nilai *fitness* yang lebih baik sebanding dengan kemungkinan bahwa individu tersebut akan dipilih sebagai induk generasi berikutnya.

Konsep pemilihan individu induk menggunakan *roulette* ini yaitu dengan membaginya menjadi beberapa bagian besar yang mana pada setiap bagian tersebut menggambarkan besarnya peluang tiap individu menjadi individu induk yang terpilih. Dengan pemilihan tersebut akan dibentuk perhitungan nilai *fitness* relative dan nilai *fitness* (F_i) kumulatif dari tiap individu dengan cara membagi nilai *fitness* tiap individu dengan nilai total *fitness* keseluruhan yang kemudian akan dibangkitkan Kembali bilangan *random* sehingga dapat terpilihlah individu individu induk secara acak. Sebagai contoh berikut ini:

Individu V1: (16-15-6-11-5-3-9-17-12-8-10-7-2-14-4-1-13) dengan nilai:

$$Fitness\ individu\ (F_i) = 40641,83\ (tabel\ 4.5)$$

Total nilai *fitness* individu keseluruhan generasi awal (TF):

$$TF = \sum_{i=1}^{pop-size} F_i = 810423,24\ (table\ 4.5)$$

Fitness relatif individu (P_i):

$$P_i = \frac{F_i}{TF} = \frac{40641,83}{810423,24} = 0,0501489$$

Fitness kumulatif individu (Q_i):

$$Q_i = Q_{i-1} + P_i$$

$$Q_1 = Q_0 + P_1 = 0 + 0,0501489$$

Begitupun untuk individu individu selanjutnya agar mendapatkan nilai *fitness* relatif dan nilai *fitness* kumulatif, dengan hasil keseluruhan sebagai berikut:

Tabel 4. 7 *fitness* Kumulatif dan *fitness* relatif

Individu	<i>Fitness</i>	<i>Fitness</i> <i>relatif</i>	<i>Fitness</i> <i>kumulatif</i>	<i>Random</i> <i>number</i>	Individu terseleksi
V1	40641,83	0,0501489	0,050149	0,571957	V1=V12
V2	40641,83	0,0501489	0,100298	0,685539	V2=V14
V3	40725,57	0,0502522	0,150550	0,908586	V3=V19
V4	38959,96	0,0480736	0,198624	0,781294	V4=V16
V5	41709,13	0,0514659	0,250089	0,187914	V5=V4
V6	40849,72	0,0504054	0,300495	0,283948	V6=V6
V7	41708,83	0,0514655	0,351960	0,120825	V7=V3
V8	41709,13	0,0514659	0,403426	0,419183	V8=V9

Individu	<i>Fitness</i>	<i>Fitness relatif</i>	<i>Fitness kumulatif</i>	<i>Random number</i>	Individu terseleksi
V9	38899,76	0,0479993	0,451426	0,485143	V9=V10
V10	38250,95	0,0471987	0,498624	0,282277	V10=V6
V11	41708,83	0,0514655	0,550090	0,253361	V11=V6
V12	40725,57	0,0502522	0,600342	0,513854	V12=V11
V13	41453,24	0,0511501	0,651492	0,052490	V13=V2
V14	40850,29	0,0504061	0,701898	0,967345	V14=V20
V15	40849,72	0,0504054	0,752304	0,616355	V15=V13
V16	41708,83	0,0514655	0,803769	0,407968	V16=V9
V17	41709,13	0,0514659	0,855235	0,691949	V17=V14
V18	38899,76	0,0479993	0,903234	0,699880	V18=V14
V19	38878,20	0,0479727	0,951207	0,584477	V19=V12
V20	39542,94	0,0487929	1	0,437708	V20=V9
Total	810423,24				

Setelah dilakukan penghitungan *fitness* relative dan *fitness* kumulatif pada tiap individu, maka yang dilakukan selanjutnya yaitu membangkitkan Kembali bilangan *random* dari 0 hingga 1 dengan jumlah sebanyak populasi yang ada (*pop_size* 20) untuk proses pemilihan individu terseleksi, seperti pada hasil tabel (4.6) diatas.

Dapat diambil contoh penentuan nilai random yaitu seperti pada individu 1 yang memiliki nilai random 0,571957 yang mana jika dibandingkan dengan nilai *fitness* kumulatif berada diantara nilai *fitness* individu V11 dan V12, sehingga terpilih individu V12 terpilih menjadi individu induk terseleksi selanjutnya.

4.2.5. *Persilangan (Crossover)*

Pada tahapan ini, setelah sebelumnya dilakukan seleksi pemilihan individu individu induk dilakukanlah operasi persilangan (*crossover*). Yang mana dalam tahapan operasi persilangan (*crossover*) ini Langkah pertama yang dilakukan yaitu menentukan jumlah individu induk yang akan melakukan *crossover*. Cara yang dilakukan diawali dengan menentukan ukuran probabilitas persilangan dari populasi (*pop_size*) individu induk. Dalam penelitian ini parameter probabilitas persilangannya ditentukan sebesar 40% (0,4) yang diartikan sebanyak $0,4 \times pop_size$ (populasi) individu akan melakukan persilangan (*crossover*).

Langkah berikutnya yang dilakukan adalah memilih individu induk yang akan mengalami persilangan dengan cara membangkitkan bilangan acak (*random*) dari 0 hingga 1 sebanyak populasi yang ada. Dari bilangan *random* yang dihasilkan penentuan individu terpilih untuk melakukan penyilangan yaitu jika *random* yang dihasilkan lebih kecil dari nilai probabilitas *crossover* yang sudah ditentukan (0,4). Dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 8 Pembangkitan Bilangan *Random* Untuk *Crossover*

<i>Random number</i>	Individu terseleksi
0,87694	V1=V12
0,22981	V2=V14
0,87658	V3=V19
0,83524	V4=V16
0,28579	V5=V4
0,87857	V6=V6
0,40691	V7=V3
0,85207	V8=V9
0,85348	V9=V10
0,90207	V10=V6
0,60885	V11=V6
0,96972	V12=V11
0,37767	V13=V2
0,70902	V14=V20
0,44395	V15=V13
0,89255	V16=V9
0,51713	V17=V14
0,83710	V18=V14
0,06207	V19=V12
0,67207	V20=V9

Dapat dilihat pada tabel diatas, terdapat empat bilangan *random* yang dihasilkan memiliki nilai yang lebih kecil dari nilai probabilitas persilangan (0,4) yaitu bilangan *random* pada individu V2, V5, V13, V19. Kemudian individu terpilih akan dipasangkan

untuk melakukan tahapan persilangan dan pada tiap pasangan akan menghasilkan masing masing dua individu baru yang disebut dengan *child* (offspring) hasil persilangan.

Dalam proses *crossover* terdapat salah satu Teknik yang dapat digunakan didalamnya yaitu *Precedence Preservative Crossover (PPX)* (Bierwirth & Mattfeld, 1999). pada PPX, bilangan acak dilakukan dengan nilai antara 0 hingga memiliki nilai probabilitas yang sejumlah dengan jumlah populasi. Bilangan acak (random) yang nilainya kurang dari probabilitas persilangan akan disilangkan. Pada PPX, Gen individu baru dibuat secara acak dari gen individu yang akan disilangkan. Persilangan hanya terjadi pada kromosom pertama individu, dan susunan gen pada kromosom berikutnya hanya mengurangi job yang tidak diberikan kepada mesin. Untuk memilih induk, angka acak 1 atau 2 sebanyak gen pada kromosom pertama digunakan; angka 1 diturunkan gen paling kiri dari kromosom pertama induk pertama, dan angka 2 diturunkan gen paling kiri dari kromosom pertama induk kedua. Selanjutnya, gen yang telah dipilih diambil dari kedua kromosom induk. Ini dilakukan sampai karakter di kedua kromosom pertama individu induk habis.

Sebagai contoh akan disilangkan antara individu V2(V14) dan V5(V4), dengan hasil pembangkitan bilangan *random* untuk posisi job persilangan yaitu:

(2-1-2-2-2-1-1-1-2-1-1-2-2-2-2-1-2)

V2'(V14) = (3-13-12-1-8-9-10-7-17-16-14-5-6-4-2-11-15)

V5'(V4) = (6-5-7-2-10-4-14-15-1-8-17-9-12-13-11-3-16)

Maka akan dihasilkan 2 *child* hasil *crossover* antara V2 dan V5 yaitu:

C1 = (6-3-7-2-10-8-17-14-1-5-4-9-12-13-11-15-16)

C2 = (6-13-5-2-4-9-10-7-15-16-14-1-8-17-12-11-3)

Selanjutnya akan dihasilkan *child* dari pasangan induk lainnya seperti pada tabel berikut:

Tabel 4. 9 Individu Hasil Persilangan

Individu <i>Parents</i>	Individu <i>Child</i>	<i>Makespan</i>	<i>Fitness</i>
V2'(V14) & V5'(V4)	(6-3-7-2-10-8-17-14-1-5-4-9-12-13-11-15-16) (6-13-5-2-4-9-10-7-15-16-14-1-8-17-12-11-3)	11040,04 9274,43	38959,96 40725,57
V13(V2) & V19'(V12)	(14-9-4-12-7-17-1-8-5-13-2-11-10-6-16-15-3) (4-14-12-7-2-17-16-1-9-8-13-5-11-10-6-15-3)	9274,43 9274,43	40725,57 40725,57

4.2.6. Mutasi

Setelah dilakukannya tahapan *crossover* Langkah selanjutnya yaitu melakukan mutasi terhadap individu induk pada populasi yang ada. Mutasi sendiri pun dilakukan untuk mencegah adanya generasi individu yang *premature* dalam tahapan Algoritma Genetika. Dalam Algoritma Genetika, mutasi memberikan aturan untuk menempatkan kembali gen yang hilang dari populasi selama proses seleksi, sehingga dapat memberikan gen yang tidak ada pada populasi sebelumnya.

Sama seperti tahapan pada proses *crossover*, Langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan jumlah individu yang akan terkena mutasi, diawali dengan cara menentukan probabilitas mutasi yang mana dalam penelitian ini ditentukan nilai probabilitas mutasi sebesar 20% (0,2) yang artinya diharapkan sejumlah $0,2 \times pop_size$ individu induk akan mengalami fase mutasi dikarenakan mutasi pada penelitian ini melibatkan beberapa kromosom pada tiap individu yang mana susunan gen pada kromosom berikutnya akan menyesuaikan dari kromosom sebelumnya.

Langkah berikutnya yaitu menentukan bilangan *random* dari 0 hingga 1 sejumlah populasi (*pop_size*) untuk memilih individu yang akan terkena mutasi gen, pada penelitian ini terdapat sejumlah 20 populasi yang akan dibangkitkan nilai *random* dan selanjutnya jika bilangan *random* yang dihasilkan memiliki nilai lebih kecil dari pada nilai probabilitas mutasi (0,2) maka individu tersebutlah yang akan melalui tahap mutasi, seperti tabel berikut:

Tabel 4. 10 Bilangan *Random*

<i>Random number</i>	Individu terseleksi
0,21012	V1=V12
0,24369	V2=V14
0,42517	V3=V19
0,09441	V4=V16
0,91746	V5=V4
0,45471	V6=V6
0,35868	V7=V3
0,48641	V8=V9
0,38039	V9=V10
0,94954	V10=V6

<i>Random number</i>	Individu terseleksi
0,44926	V11=V6
0,92319	V12=V11
0,05501	V13=V2
0,93389	V14=V20
0,57309	V15=V13
0,70764	V16=V9
0,42132	V17=V14
0,43441	V18=V14
0,78406	V19=V12
0,21811	V20=V9

Dari hasil diatas didapatkan individu yang melalui tahapan mutasi yaitu pada individu V4'(V16) dan V13'(V2) yang masing masing mendapatkan nilai *random* dibawah nilai probabilitas sebesar 0,09441 dan 0,05501. Metode mutasi yang digunakan yaitu *swap mutation* yang mana akan dibangkitkan 2 bilangan *random* antara kromosom 1 hingga banyaknya kromosom pada tiap individu (gen), kemudian posisi gen akan ditukar sesuai dengan bilangan *random* yang dihasilkan, sebagai contoh akan dilakukan mutasi pada individu V4'(V16) dengan 2 bilangan *random* yang dihasilkan yaitu 2 dan 8.

$$\mathbf{V4'(V16)} = (6-10-17-3-5-14-16-11-7-13-1-4-9-15-8-12-2)$$

Pada proses dibawah ini menunjukkan proses mutasi pada individu V4'(V16) pada gen ke 2 dan ke 8:

$$\mathbf{V4'(V16)} = (6-11-17-3-5-14-16-10-7-13-1-4-9-15-8-12-2)$$

Dengan cara yang sama dilakukan proses mutasi pada individu induk lainnya yang mana hanya 2 individu yang melalui tahapan mutasi seperti berikut:

Tabel 4. 11 Individu Hasil Mutasi

Individu Parents	Individu mutasi	Makespan	Fitness
V4'(V16)	(6-11-17-3-5-14-16-10-7-13-1-4-9-15-8-12-2)	8291,173	41708,82 7
V13(V2)	(14-4-17-10-7-12-6-16-1-8-11-15-2-9-5-3-13)	9358,165	40641,83 5

4.2.7. Rekapitulasi dan urutan populasi baru

Setelah semua tahapan operasi genetic persilangan (*crossover*) dan mutasi dilalui, maka akan dihasilkan 6 individu anak, dikarenakan ruang sampling yang dipergunakan merupakan ruang sampling yang diperluas, maka individu individu anak yang sudah dihasilkan akan dibawa dan digabungkan kedalam ruang sampling yang Sebagian sudah ditempati oleh individu individu induk, yang kemudian nantinya akan dilakukan seleksi sebanyak populasi (*pop_size*) individu terbaik. Sebelum melalui tahapan tersebut akan dilakukan rekapitulasi hasil penggabungan individu anak dan individu induk dalam satu ruang sampling sebagai berikut:

Tabel 4. 12 Rekapitulasi Gabung Populasi

Individu	Rekapitulasi Gabungan Populasi	Makespan	Fitness
V1	(16-15-6-11-5-3-9-17-12-8-10-7-2-14-4-1-13)	9358,17	40641,83
V2	(14-16-17-10-7-12-6-4-1-8-11-15-2-9-5-3-13)	9358,17	40641,83
V3	(14-17-4-12-7-2-9-8-5-1-15-11-10-6-16-13-3)	9274,43	40725,57
V4	(6-5-7-2-10-4-14-15-1-8-17-9-12-13-11-3-16)	11040,04	38959,96
V5	(9-14-7-5-6-17-16-1-12-8-13-11-3-2-10-15-4)	8290,87	41709,13
V6	(12-11-1-17-8-4-2-6-15-13-3-16-14-10-7-5-9)	9150,28	40849,72
V7	(6-3-17-15-13-11-12-8-7-9-4-5-14-10-1-16-2)	8291,17	41708,83
V8	(13-12-11-16-2-7-9-5-10-1-3-14-8-15-17-6-4)	8290,87	41709,13
V9	(3-13-10-8-15-17-12-9-11-14-6-16-1-4-7-2-5)	11100,24	38899,76
V10	(4-2-9-10-11-7-13-14-17-15-5-12-6-16-1-3-8)	11749,05	38250,95
V11	(5-7-4-1-13-11-17-12-10-16-6-15-8-14-9-3-2)	8291,17	41708,83
V12	(2-17-15-5-10-11-4-16-13-14-7-6-8-9-1-12-3)	9274,43	40725,57
V13	(12-9-15-7-1-17-5-2-8-14-10-13-11-16-4-3-6)	8546,76	41453,24
V14	(3-13-12-1-8-9-10-7-17-16-14-5-6-4-2-11-15)	9149,71	40850,29
V15	(14-6-5-3-15-4-2-7-17-13-10-12-11-8-1-16-9)	9150,28	40849,72
V16	(6-10-17-3-5-14-16-11-7-13-1-4-9-15-8-12-2)	8291,17	41708,83
V17	(17-16-11-3-2-9-5-8-15-1-6-14-10-7-12-13-4)	8290,87	41709,13
V18	(3-9-12-7-17-13-16-1-4-2-11-6-15-14-10-8-5)	11100,24	38899,76
V19	(7-9-3-10-12-13-17-11-5-2-6-8-15-1-4-16-14)	11121,80	38878,20
V20	(13-16-10-4-15-14-1-2-11-12-17-5-9-6-8-3-7)	10457,06	39542,94
C1	(6-3-7-2-10-8-17-14-1-5-4-9-12-13-11-15-16)	11040,04	38959,96

Individu	Rekapitulasi Gabungan Populasi	<i>Makespan</i>	<i>Fitness</i>
C2	(6-13-5-2-4-9-10-7-15-16-14-1-8-17-12-11-3)	9274,43	40725,57
C3	(14-9-4-12-7-17-1-8-5-13-2-11-10-6-16-15-3)	9274,43	40725,57
C4	(4-14-12-7-2-17-16-1-9-8-13-5-11-10-6-15-3)	9274,43	40725,57
M1	(6-11-17-3-5-14-16-10-7-13-1-4-9-15-8-12-2)	8291,17	41708,83
M2	(14-4-17-10-7-12-6-16-1-8-11-15-2-9-5-3-13)	9358,16	40641,83

Setelah dilakukan rekapitulasi seperti pada tabel diatas, maka Langkah selanjutnya yaitu melakukan *replacement*, yang mana akan dilakukan pengurutan terlebih dahulu dari individu yang memiliki nilai *makespan* terkecil hingga terbesar. Pengurutan ini dilakukan guna mempermudah pada saat *replacement*. Pengurutan berdasarkan peringkat dapat dilihat seperti berikut:

Tabel 4. 13 Peringkat Individu

Urutan individu	Rekapitulasi gabungan populasi	<i>Makespan</i>	<i>Fitness</i>	Individu
1	(13-12-11-16-2-7-9-5-10-1-3-14-8-15-17-6-4)	8290,868	41709,13	V8
2	(9-14-7-5-6-17-16-1-12-8-13-11-3-2-10-15-4)	8290,868	41709,13	V5
3	(17-16-11-3-2-9-5-8-15-1-6-14-10-7-12-13-4)	8290,868	41709,13	V17
4	(6-3-17-15-13-11-12-8-7-9-4-5-14-10-1-16-2)	8291,173	41708,83	V7
5	(5-7-4-1-13-11-17-12-10-16-6-15-8-14-9-3-2)	8291,173	41708,83	V11
6	(6-10-17-3-5-14-16-11-7-13-1-4-9-15-8-12-2)	8291,173	41708,83	V16
7	(6-11-17-3-5-14-16-10-7-13-1-4-9-15-8-12-2)	8291,173	41708,83	M1
8	(12-9-15-7-1-17-5-2-8-14-10-13-11-16-4-3-6)	8546,765	41453,24	V13
9	(3-13-12-1-8-9-10-7-17-16-14-5-6-4-2-11-15)	9149,708	40850,29	V14

Urutan individu	Rekapitulasi gabungan populasi	<i>Makespan</i>	<i>Fitness</i>	Individu
10	(12-11-1-17-8-4-2-6-15-13-3-16-14-10-7-5-9)	9150,283	40849,72	V6
11	(14-6-5-3-15-4-2-7-17-13-10-12-11-8-1-16-9)	9150,283	40849,72	V15
12	(2-17-15-5-10-11-4-16-13-14-7-6-8-9-1-12-3)	9274,425	40725,57	V12
13	(6-13-5-2-4-9-10-7-15-16-14-1-8-17-12-11-3)	9274,425	40725,57	C2
14	(14-17-4-12-7-2-9-8-5-1-15-11-10-6-16-13-3)	9274,425	40725,57	V3
15	(14-9-4-12-7-17-1-8-5-13-2-11-10-6-16-15-3)	9274,425	40725,57	C3
16	(4-14-12-7-2-17-16-1-9-8-13-5-11-10-6-15-3)	9274,425	40725,57	C4
17	(16-15-6-11-5-3-9-17-12-8-10-7-2-14-4-1-13)	9358,165	40641,83	V1
18	(14-16-17-10-7-12-6-4-1-8-11-15-2-9-5-3-13)	9358,165	40641,83	V2
19	(14-4-17-10-7-12-6-16-1-8-11-15-2-9-5-3-13)	9358,165	40641,83	M2
20	(13-16-10-4-15-14-1-2-11-12-17-5-9-6-8-3-7)	10457,065	39542,94	V20
21	(6-3-7-2-10-8-17-14-1-5-4-9-12-13-11-15-16)	11040,038	38959,96	C1
22	(6-5-7-2-10-4-14-15-1-8-17-9-12-13-11-3-16)	11040,038	38959,96	V4
23	(3-13-10-8-15-17-12-9-11-14-6-16-1-4-7-2-5)	11100,237	38899,76	V9
24	(3-9-12-7-17-13-16-1-4-2-11-6-15-14-10-8-5)	11100,237	38899,76	V18

Urutan individu	Rekapitulasi gabungan populasi	<i>Makespan</i>	<i>Fitness</i>	Individu
25	(7-9-3-10-12-13-17-11-5-2-6-8-15-1-4-16-14)	11121,800	38878,20	V19
26	(4-2-9-10-11-7-13-14-17-15-5-12-6-16-1-3-8)	11749,045	38250,95	V10

Dapat dilihat pada tabel diatas urutan individu dengan *makespan* terkecil hingga terbesar, yang mana dari urutan tersebut sudah menunjukkan beberapa individu terbaik dari satu generasi setelah dilakukannya penggabungan populasi individu induk dan individu anak hasil *crossover* dan mutasi.

4.2.8. *Pemilihan individu terbaik (Replacement & Termination)*

Setelah dilakukan proses penggabungan dan urutan populasi, maka selanjutnya dilakukan tahapan *replacement* yang mana berfungsi untuk memilih individu individu terpilih dan membuang individu individu yang kalah bersaing dari populasi. Dikarenakan jumlah populasi dalam penelitian ini sebesar 20 individu, maka dari proses penggabungan populasi tersebut akan dipilih 20 individu terbaik dari 26 populasi gabungan, dan 6 individu akan tereliminasi dari populasi, selanjutnya 20 populasi terbaik akan menjadi individu induk bagi generasi selanjutnya.

Individu individu terbaik sejumlah 20 hasil dari proses generasi pertama dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. 14 Individu Terbaik Generasi Pertama

Urutan individu	Rekapitulasi gabungan populasi	<i>Makespan</i>	<i>Fitness</i>	Individu
1	(13-12-11-16-2-7-9-5-10-1-3-14-8-15-17-6-4)	8290,868	41709,13	V8
2	(9-14-7-5-6-17-16-1-12-8-13-11-3-2-10-15-4)	8290,868	41709,13	V5
3	(17-16-11-3-2-9-5-8-15-1-6-14-10-7-12-13-4)	8290,868	41709,13	V17
4	(6-3-17-15-13-11-12-8-7-9-4-5-14-10-1-16-2)	8291,173	41708,83	V7
5	(5-7-4-1-13-11-17-12-10-16-6-15-8-14-9-3-2)	8291,173	41708,83	V11

Urutan individu	Rekapitulasi gabungan populasi	<i>Makespan</i>	<i>Fitness</i>	Individu
6	(6-10-17-3-5-14-16-11-7-13-1-4-9-15-8-12-2)	8291,173	41708,83	V16
7	(6-11-17-3-5-14-16-10-7-13-1-4-9-15-8-12-2)	8291,173	41708,83	M1
8	(12-9-15-7-1-17-5-2-8-14-10-13-11-16-4-3-6)	8546,765	41453,24	V13
9	(3-13-12-1-8-9-10-7-17-16-14-5-6-4-2-11-15)	9149,708	40850,29	V14
10	(12-11-1-17-8-4-2-6-15-13-3-16-14-10-7-5-9)	9150,283	40849,72	V6
11	(14-6-5-3-15-4-2-7-17-13-10-12-11-8-1-16-9)	9150,283	40849,72	V15
12	(2-17-15-5-10-11-4-16-13-14-7-6-8-9-1-12-3)	9274,425	40725,57	V12
13	(6-13-5-2-4-9-10-7-15-16-14-1-8-17-12-11-3)	9274,425	40725,57	C2
14	(14-17-4-12-7-2-9-8-5-1-15-11-10-6-16-13-3)	9274,425	40725,57	V3
15	(14-9-4-12-7-17-1-8-5-13-2-11-10-6-16-15-3)	9274,425	40725,57	C3
16	(4-14-12-7-2-17-16-1-9-8-13-5-11-10-6-15-3)	9274,425	40725,57	C4
17	(16-15-6-11-5-3-9-17-12-8-10-7-2-14-4-1-13)	9358,165	40641,83	V1
18	(14-16-17-10-7-12-6-4-1-8-11-15-2-9-5-3-13)	9358,165	40641,83	V2
19	(14-4-17-10-7-12-6-16-1-8-11-15-2-9-5-3-13)	9358,165	40641,83	M2
20	(13-16-10-4-15-14-1-2-11-12-17-5-9-6-8-3-7)	10457,065	39542,94	V20

Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa individu yang terbaik pada generasi pertama adalah individu V8 dengan nilai *makespan* dan *fitness* sebesar 8290,868 dan 41709,13 yang menunjukkan nilai *fitness* terkecil. Selain itu terdapat individu V5 dan V17 yang memiliki nilai *fitness* dan *makespan* yang sama dengan individu V8 dan dapat menjadi individu terbaik pada generasi pertama, namun terdapat perbedaan pada posisi tiap kromosom (urutan *job*) pada tiap individu terbaik tersebut. Dari ahsil tersebut juga lah didapat 3 bentuk kemungkinan bentuk penjadwalan terbaik yang dapat dihasilkan pada generasi pertama.

Satu generasi telah terbentuk setelah melewati satu iterasi dalam Algoritma Genetika. Dengan mekanisme algoritma diatas, pada penelitian ini algoritma tersebut dijalankan sebanyak 500 kali generasi (*MaxGen*), hal ini dilakukan dengan tujuan untuk memaksimalkan hasil individu terbaik yang dapat diciptakan pada tiap generasi hingga mencapai titik maksimal yang konstan dan tidak dapat berubah lagi hasilnya nanti. Setelah dijalankan sebanyak 500 kali generasi, Algoritma Genetika dihentikan (terminasi) yang dapat diartikan cukup pada pembentukan generasi baru, dan dapat memberikan catatan performansi yang dicapai pada tiap generasi.

Berikut merupakan individu individu terbaik pada tiap generasi (sampel 30 generasi):

Tabel 4. 15 Hasil *Fitness* Terbaik Tiap Generasi

Generation	<i>Fitness</i> terbaik	Generation	<i>Fitness</i> terbaik	Generation	<i>Fitness</i> terbaik
1	41709,13	11	41709,13	21	41709,13
2	41709,13	12	41709,13	22	41709,13
3	41709,13	13	41709,13	23	41709,13
4	41709,13	14	41709,13	24	41709,13
5	41709,13	15	41709,13	25	41709,13
6	41709,13	16	41709,13	26	41709,13
7	41709,13	17	41709,13	27	41709,13
8	41709,13	18	41709,13	28	41709,13
9	41709,13	19	41709,13	29	41709,13
10	41709,13	20	41709,13	30	41709,13

Berdasarkan tabel sampel generasi (30 generasi) diatas, menunjukkan hasil nilai individu terbaik pada tiap generasi dengan nilai *fitness* sebesar 41709,13 dan *makespan* 8290,87 dengan urutan kromosom (*Job*) (3-13-12-14-9-11-6-2-7-15-17-8-1-16-5-10-4)

dan nilai tersebut muncul secara konstan dan tetap dari generasi pertama hingga generasi selanjutnya, sehingga pada tahapan algoritma ini sudah dapat dilakukan terminasi pada proses Algoritma Genetik.

BAB V

ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisa Penjadwalan Produksi Perusahaan

Pada penjadwalan proses produksi yang dilakukan oleh Perusahaan, sebelumnya Perusahaan hanya memiliki system penjadwalan konvensional dalam artian tidak adanya aturan prioritas waktu pengerjaan *Job*. Proses produksi sendiri dilakukan berdasarkan aliran kerjanya saja secara berurutan yang mana pengerjaan job dilakukan sesuai dengan barang yang pertama kali datang dengan total 17 *Job* dan 6 mesin. Dengan banyaknya jumlah job (17) dan jumlah mesin (6), mengakibatkan susahnya untuk mendapatkan penjadwalan yang pasti dan optimal dengan banyaknya kemungkinan kemungkinan urutan pekerjaan dari 17 *job* yang ada.

Pada penelitian kali ini penjadwalan pada proses produksi diasumsikan pada keadaan normal, tanpa adanya delay dan juga mesin dalam kondisi *standby*. Dengan urutan pekerjaan dari J1 hingga J17 dan juga urutan mesin dari M1 hingga M6. Kemudian dihasilkan *makespan* sebesar 8612,06 dan memiliki nilai *fitness* sebesar 41387,94, dari hasil *makespan* awal Perusahaan daapt dilihat juga pada penjadwalan yang dilakukan oleh Perusahaan sendiri belum dapat dikatakan maksimal. Dapat dilihat pada tabel berikut proses penjadwalan produksi pada Perusahaan:

Tabel 5. 1 *Makespan* Awal Perusahaan

<i>Job</i>	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
	<i>Start</i>	<i>Durasi</i>	<i>Completion</i>	<i>Start</i>	<i>Durasi</i>	<i>Completion</i>	<i>Start</i>	<i>Durasi</i>	<i>Completion</i>	<i>Start</i>	<i>Durasi</i>	<i>Completion</i>	<i>Start</i>	<i>Durasi</i>	<i>Completion</i>	<i>Start</i>	<i>Durasi</i>	<i>Completion</i>
1	0	135,62	135,62	135,62	121,96	257,57	257,57	3510,18	3767,75	3767,75	2360,75	6128,50	6128,50	213,38	6341,88	6341,88	372,92	6714,80
2	135,62	90,45	226,07	226,07	81,46	307,53	307,53	2282,55	2590,08	2590,08	1573,46	4163,54	4163,54	142,30	4305,84	4305,84	248,50	4554,34
3	226,07	197,82	423,89	423,89	149,32	573,21	573,21	430,24	1003,45	1003,45	584,11	1587,56	1587,56	3910,70	5498,26	5498,26	237,15	5735,41
4	423,89	90,20	514,09	514,09	81,43	595,53	595,53	2282,53	2877,60	2877,60	1573,88	4451,49	4451,49	142,55	4594,03	4594,03	248,02	4842,06
5	514,09	241,82	755,91	755,91	215,66	971,57	971,57	4335,04	5306,61	5306,61	1839,83	7146,43	7146,43	368,22	7514,65	7514,65	378,59	7893,25
6	755,91	456,66	1212,57	1212,57	2930,95	4143,52	4143,52	464,22	4607,74	4607,74	906,20	5513,94	5513,94	119,37	5633,31	5633,31	163,12	5796,43
7	1212,57	135,17	1347,74	1347,74	122,61	1470,35	1470,35	3424,42	4894,77	4894,77	2360,26	7255,03	7255,03	213,85	7468,88	7468,88	373,02	7841,90
8	1347,74	240,74	1588,48	1588,48	180,60	1769,08	1769,08	4335,04	6104,11	6104,11	1794,38	7898,50	7898,50	1089,00	8987,50	8987,50	387,12	9374,62
9	1588,48	196,74	1785,22	1785,22	148,52	1933,74	1933,74	431,21	2364,95	2364,95	561,37	2926,32	2926,32	3809,12	6735,45	6735,45	237,15	6972,60
10	1785,22	194,14	1979,37	1979,37	149,44	2128,80	2128,80	427,29	2556,10	2556,10	560,19	3116,28	3116,28	3576,36	6692,65	6692,65	237,15	6929,80

<i>Job</i>	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
	<i>Start</i>	<i>Duraton</i>	<i>Completion</i>	<i>Start</i>	<i>Duraton</i>	<i>Completion</i>	<i>Start</i>	<i>Duraton</i>	<i>Completion</i>	<i>Start</i>	<i>Duraton</i>	<i>Completion</i>	<i>Start</i>	<i>Duraton</i>	<i>Completion</i>	<i>Start</i>	<i>Duraton</i>	<i>Completion</i>
11	1979,37	456,78	2436,14	2436,14	2905,23	5341,37	5341,37	463,52	5804,89	5804,89	895,51	6700,40	6700,40	134,61	6835,00	6835,00	163,34	6998,34
12	2436,14	195,39	2631,54	2631,54	148,27	2779,80	2779,80	448,22	3228,02	3228,02	693,77	3921,79	3921,79	3553,93	7475,72	7475,72	237,15	7712,88
13	2631,54	196,97	2828,51	2828,51	149,88	2978,38	2978,38	428,50	3406,88	3406,88	574,35	3981,23	3981,23	4005,38	7986,62	7986,62	237,15	8223,77
14	2828,51	240,94	3069,44	3069,44	180,44	3249,88	3249,88	4347,38	7597,27	7597,27	1880,38	9477,65	9477,65	364,75	9842,40	9842,40	385,94	10228,34
15	3069,44	196,80	3266,25	3266,25	148,88	3415,12	3415,12	432,35	3847,47	3847,47	580,22	4427,68	4427,68	3788,21	8215,90	8215,90	237,15	8453,05
16	3266,25	241,56	3507,81	3507,81	183,71	3691,52	3691,52	4351,61	8043,12	8043,12	1811,75	9854,87	9854,87	367,49	10222,36	10222,36	362,58	10584,94
17	3507,81	455,09	3962,90	3962,90	2911,42	6874,32	6874,32	462,47	7336,80	7336,80	896,77	8233,56	8233,56	215,36	8448,93	8448,93	163,14	8612,06

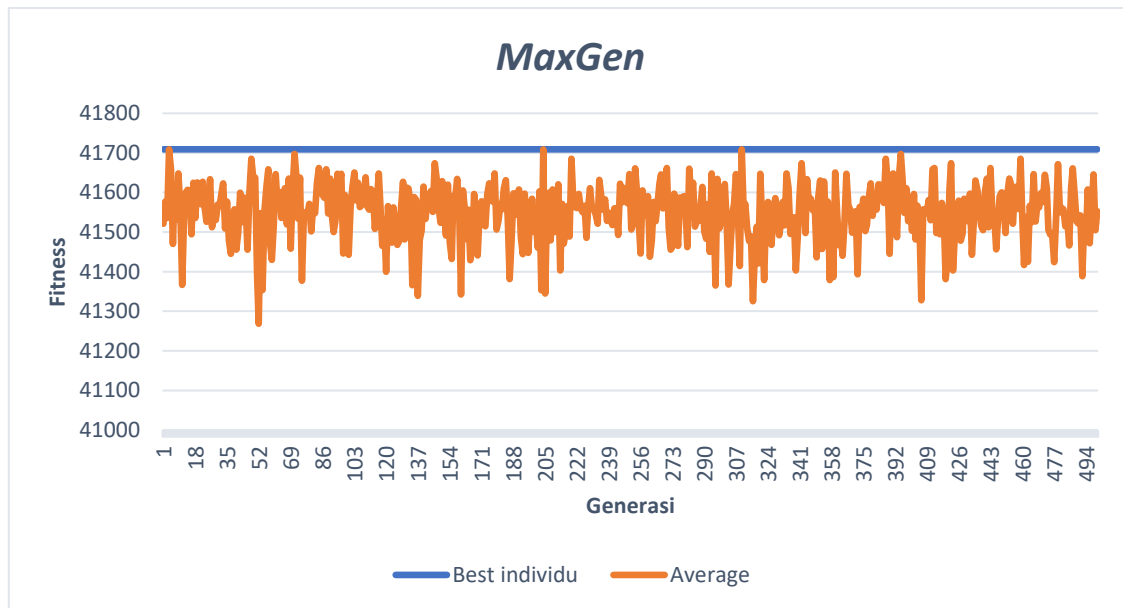
Dapat dilihat pada tabel diatas, semua job dan mesin melakukan proses produksi sesuai dengan urutan dari awal hingga akhir dengan waktu *makespan* diambil pada *completion time* mesin terakhir dan *Job* terakhir, dan juga pada penelitian ini perhitungan *makespan* sendiri dilakukan tanpa mempertimbangkan *waiting time* guna memaksimalkan waktu proses itu sendiri. Dengan tiadanya pertimbangan *waiting time* pada perhitungan *makespan* ini, *starting time* pada tiap proses yang dilakukan mesin akan dimulai sesuai dengan waktu selesai (*completion time*) proses mesin sebelumnya, sehingga tidak akan terjadi waktu tunggu (*waiting time*) pada tiap proses produksi tersebut

5.2 Analisa Penjadwalan Dengan Metode Algoritma Genetika

Proses perhitungan menggunakan Algoritma Genetika sendiri merupakan usulan perbaikan yang mana akan memaksimalkan nilai makespan pada proses penjadwalan sebelumnya dengan mempertimbangkan urutan pekerjaan (*Job*) terbaik dari 17 urutan pekerjaan yang ada. Algoritma Genetika juga dapat memudahkan proses penjadwalan dengan banyaknya individu individu yang dibangkitkan dan dengan kromosom yang berbeda pada tiap modelnya. Disamping itu juga proses pembangkitan 500 generasi dengan masing masing individu terbaik akan membantu memaksimalkan model penjadwalan yang maksimal guna meminimasi *makespan* yang ada.

Hasil penjadwalan menggunakan Algoritma Genetika dengan set parameter ukuran populasi (*pop_size*) = 20, *MaxGen* = 500, Probabilitas *Crossover* (*Pc*) = 40%(0,4), Probabilitas Mutasi (*Pm*) = 20%(0,2). Didapatkan hasil urutan *Job* terbaik yaitu (3-13-12-14-9-11-6-2-7-15-17-8-1-16-5-10-4) dengan nilai *Makespan* sebesar 8290,87 dan *Fitness* 41709,13. Penentuan setiap parameter juga dihasilkan berdasarkan kebutuhan setiap tahapan Algoritma Genetika, dengan contoh jumlah populasi ditentukan sebanyak 20 populasi untuk banyaknya populasi induk yang dibentuk dan akan menjadi penentuan jumlah populasi terbaik pada setiap generasinya, selain itu juga seperti pada tahapan *Crossover* yang menggunakan probabilitas sebesar 40%(0,4) yang diartikan sebanyak $0,4 \times pop_size$ (populasi) individu akan melakukan persilangan (*crossover*) dan menghasilkan individu nak yang baru, begitupun pada proses mutasi dengan probabilitas 20% (0,2) yang diartikan sebanyak $0,2 \times pop_size$ (populasi) akan melakukan proses mutasi..

Berikut merupakan grafik hasil total generasi (*MaxGen*) dengan dibantu oleh program *Microsoft Excel*.



Gambar 5. 1 Kinerja Pencarian Algoritma Genetika

Berdasarkan gambar *MaxGen* diatas dapat dilihat grafik nilai *Fitness* yang stabil dimulai dari generasi 1 hingga generasi 500, pemilihan 500 generasi pada penelitian ini berdasarkan parameter yang sudah ditentukan dengan melakukan sampel dengan tujuan mendapatkan generasi pada Algoritma Genetika yang valid, dengan ketentuan nilai minimal pada tiap generasi sudah konstan dan tidak berubah dari generasi ke 1 hingga generasi ke 500 yang di dapatkan. Sehingga dianggap cukup menjelaskan bahwa nilai yang dihasilkan valid dan tidak berubah yang selanjutnya dapat dilakukan terminasi didalamnya. Dengan diakhiri proses terminasi, proses penjadwalan menggunakan Algoritma Genetika sudah menghasilkan nilai *Fitness* yang maksimal dengan nilai *Makespan* yang minimal guna efektivitas penjadwalan pada urutan pekerjaan yang sudah dibuat.

Berikut merupakan tabel perhitungan *makespan* dan *fitness* terbaik pada penjadwalan hasil Algoritma Genetika.

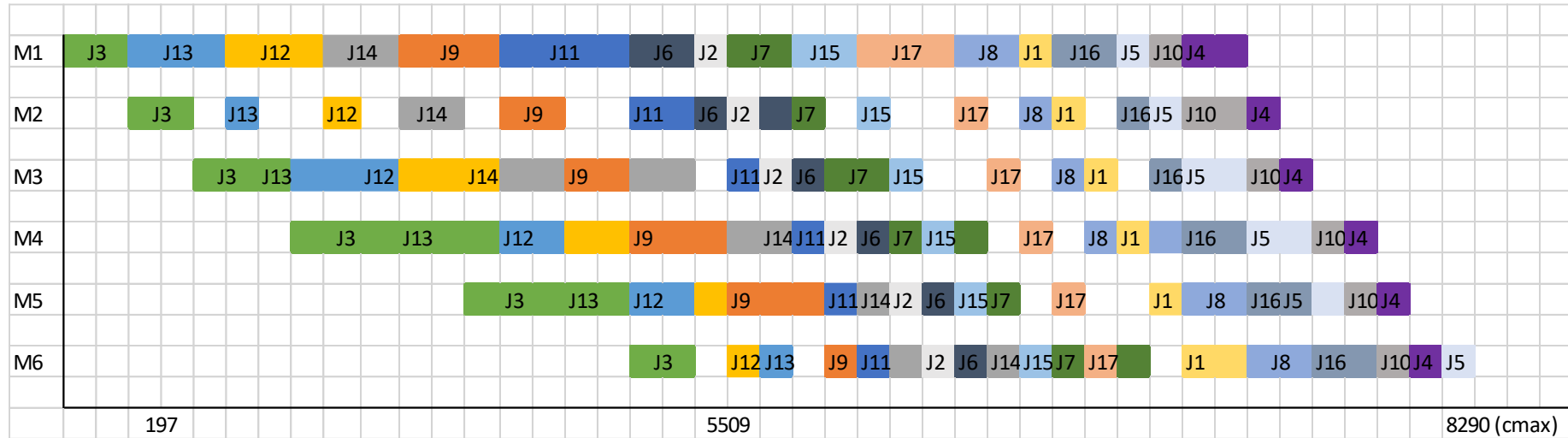
Tabel 5. 2 *Makespan dan Fitness Terbaik*

Job	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
	Start	Durat ion	Comple tion	Start	Durat ion	Comple tion	Start	Durat ion	Comple tion	Start	Durat ion	Comple tion	Start	Durat ion	Comple tion	Start	Durat ion	Comple tion
3	0,00	197, 82	197,82	197, 82	149, 32	347,14	347, 14	430, 24	777,38	777, 38	584, 11	1361,4 9	1361 ,49	3910 ,70	5272,1 9	5272 ,19	237, 15	5509,3 5
13	197, 82	196, 97	394,80	394, 80	149, 88	544,67	544, 67	428, 50	973,17	973, 17	574, 35	1547,5 2	1547 ,52	4005 ,38	5552,9 0	5552 ,90	237, 15	5790,0 6
12	394, 80	195, 39	590,19	590, 19	148, 27	738,46	738, 46	448, 22	1186,6 8	1186 ,68	693, 77	1880,4 5	1880 ,45	3553 ,93	5434,3 8	5434 ,38	237, 15	5671,5 3
14	590, 19	240, 94	831,12	831, 12	180, 44	1011,5 6	1011 ,56	4347 ,38	5358,9 5	5358 ,95	1880 ,38	7239,3 3	7239 ,33	364, 75	7604,0 9	7604 ,09	385, 94	7990,0 2
9	831, 12	196, 74	1027,8 7	1027 ,87	148, 52	1176,3 9	1176 ,39	431, 21	1607,6 0	1607 ,60	561, 37	2168,9 7	2168 ,97	3809 ,12	5978,0 9	5978 ,09	237, 15	6215,2 5
11	102 7,87	456, 78	1484,6 4	1484 ,64	2905 ,23	4389,8 7	4389 ,87	463, 52	4853,3 9	4853 ,39	895, 51	5748,9 0	5748 ,90	134, 61	5883,5 1	5883 ,51	163, 34	6046,8 4
6	148 4,64	456, 66	1941,3 0	1941 ,30	2930 ,95	4872,2 5	4872 ,25	464, 22	5336,4 7	5336 ,47	906, 20	6242,6 7	6242 ,67	119, 37	6362,0 4	6362 ,04	163, 12	6525,1 6
2	194 1,30	90,4 5	2031,7 5	2031 ,75	81,4 6	2113,2 1	2113 ,21	2282 ,55	4395,7 6	4395 ,76	1573 ,46	5969,2 2	5969 ,22	142, 30	6111,5 2	6111 ,52	248, 50	6360,0 2
7	203 1,75	135, 17	2166,9 2	2166 ,92	122, 61	2289,5 4	2289 ,54	3424 ,42	5713,9 5	5713 ,95	2360 ,26	8074,2 2	8074 ,22	213, 85	8288,0 6	8288 ,06	373, 02	8661,0 9

<i>Job</i>	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
	<i>Start</i>	<i>Durat ion</i>	<i>Comple tion</i>	<i>Start</i>	<i>Durat ion</i>	<i>Comple tion</i>	<i>Start</i>	<i>Durat ion</i>	<i>Comple tion</i>	<i>Start</i>	<i>Durat ion</i>	<i>Comple tion</i>	<i>Start</i>	<i>Durat ion</i>	<i>Comple tion</i>	<i>Start</i>	<i>Durat ion</i>	<i>Comple tion</i>
15	216 6,92	196, 80	2363,7 3	2363 ,73	148, 88	2512,6 0	2512 ,60	432, 35	2944,9 5	2944 ,95	580, 22	3525,1 6	3525 ,16	3788 ,21	7313,3 8	7313 ,38	237, 15	7550,5 3
17	236 3,73	455, 09	2818,8 2	2818 ,82	2911 ,42	5730,2 4	5730 ,24	462, 47	6192,7 2	6192 ,72	896, 77	7089,4 8	7089 ,48	215, 36	7304,8 4	7304 ,84	163, 14	7467,9 8
8	281 8,82	240, 74	3059,5 6	3059 ,56	180, 60	3240,1 6	3240 ,16	4335 ,04	7575,2 0	7575 ,20	1794 ,38	9369,5 8	9369 ,58	1089 ,00	10458, 58	1045 8,58	387, 12	10845, 70
1	305 9,56	135, 62	3195,1 8	3195 ,18	121, 96	3317,1 3	3317 ,13	3510 ,18	6827,3 1	6827 ,31	2360 ,75	9188,0 6	9188 ,06	213, 38	9401,4 4	9401 ,44	372, 92	9774,3 6
16	319 5,18	241, 56	3436,7 4	3436 ,74	183, 71	3620,4 4	3620 ,44	4351 ,61	7972,0 5	7972 ,05	1811 ,75	9783,8 0	9783 ,80	367, 49	10151, 29	1015 1,29	362, 58	10513, 87
5	343 6,74	241, 82	3678,5 6	3678 ,56	215, 66	3894,2 1	3894 ,21	4335 ,04	8229,2 5	8229 ,25	1839 ,83	10069, 08	1006 9,08	368, 22	10437, 30	1043 7,30	378, 59	10815, 89
10	367 8,56	194, 14	3872,7 0	3872 ,70	149, 44	4022,1 4	4022 ,14	427, 29	4449,4 3	4449 ,43	560, 19	5009,6 2	5009 ,62	3576 ,36	8585,9 9	8585 ,99	237, 15	8823,1 4
4	387 2,70	90,2 0	3962,9 0	3962 ,90	81,4 3	4044,3 4	4044 ,34	2282 ,08	6326,4 2	6326 ,42	1573 ,88	7900,3 0	7900 ,30	142, 55	8042,8 5	8042 ,85	248, 02	8290,8 7

Dari tabel diatas dapat dilihat proses perhitungan *Makespan* pada individu terbaik, yang mana proses perhitungan nilai *Fitness* sendiri dilakukan dengan cara mengurangi hasil nilai *Makespan* dengan *FitnessNumber* sebesar 50.000. hal ini dilakukan guna memaksimalkan nilai *Fitness* yang dihasilkan pada Algoritma Genetika, diikuti dengan tujuan penelitian untuk meminimasi *makespan* pada proses produksi. Dari pengurangan nilai tersebut dihasilkan *Fitness* sebesar 41709,13. Selain itu perhitungan nilai *Fitness* sendiri berfungsi Untuk mengevaluasi individu dalam populasi, dengan menentukan apakah nilai tersebut akan dimaksimalkan minimalakan ataupun disesuaikan. Dengan *fitness* yang dimaksud merupakan nilai *makespan* yang dihasilkan.

Berikut merupakan *ganttt chart* penjadwalan terbaik perusahaan yang menggunakan perhitungan Algoritma Genetika



Gambar 5. 2 *Gantt Chart* Penjadwalan Terbaik AG

5.3 Analisa Perbandingan *Job Sequence* Metode AG dengan Perusahaan

Berdasarkan hasil pengolahan data, dapat diketahui bahwa *Makespan* yang dihasilkan dari berbagai metode berbeda beda. Perbandingan hasil *makespan* dan *Fitness* pada dua metode dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. 3 Perbandingan *Makespan* dan *Fitness*

Obyektif	Metode	
	Perusahaan	Algoritma Genetika
<i>Makespan</i>	8612,06	8290,87
<i>Fitness</i>	41387,94	41709,13

Berdasarkan hasil perbandingan analisis tersebut, dapat dilihat bahwa Algoritma Genetika memberikan performansi peningkatan yang lebih baik dari metode yang sebelumnya dilakukan oleh perusahaan, perbandingan yang dilakukan merupakan nilai *Makespan* dan *fitness* pada kondisi awal dengan sesudah dilakukan optimasi menggunakan Algoritma Genetika. Perbandingan sendiri dilakukan guna mengetahui seberapa besar pengaruh Algoritma Genetika pada system penjadwalan yang dibuat.

Makespan pada kondisi awal diperoleh dengan hasil sebesar 8612,06 sedangkan setelah dilakukan optimasi didapatkan hasil sebesar 8290,87 dengan representasi penurunan nilai *Makespan* sebesar 3,73% yang menunjukkan hasil minimasi terbaik pada *Makespan* penjadwalan yang dibuat. Selain itu dapat dilihat pada tabel berikut perbandingan urutan *Job* pada setiap metode:

Tabel 5. 4 Perbandingan Urutan Pekerjaan

Metode	Urutan Pekerjaan (<i>Job</i>)
Perusahaan	(1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17)
Algoritma Genetika	(3-13-12-14-9-11-6-2-7-15-17-8-1-16-5-10-4)

Dapat dilihat pada tabel perbandingan urutan pekerjaan (*Job*) diatas, pada proses optimasi yang dilakukan oleh Algoritma Genetika diawali dengan *Job* 3 hingga *Job* 4 diakhir penyelesaian proses produksi. Dari berbagai perbandingan dan perhitungan yang dilakukan, menunjukkan Algoritma Genetika berhasil menghasilkan optimasi pada minimasi *Makespan* terbaik dibandingkan dengan model penjadwalan sebelumnya. Dengan artian Algoritma Genetika merupakan solusi terbaik dalam pemecahan permasalahan penjadwalan pada penelitian ini.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan yang dihasilkan pada penelitian ini untuk menjawab rumusan masalah:

1. Untuk mendapatkan model penjadwalan yang optimal, pada penelitian ini menerapkan metode penjadwalan menggunakan Algoritma Genetika. Tujuan utama adalah untuk mengoptimalkan penjadwalan dengan meminimasi nilai *Makespan* dan juga meminimasi *Waiting Time*. Tahapan untuk mencapai fungsi objektif tersebut melibatkan perhitungan nilai *Makespan* dengan upaya untuk menghindari *Waiting Time* atau mengurangi nilai *Waiting Time* hingga mencapai nilai 0 sehingga proses penjadwalan dapat dimaksimalkan. Selanjutnya, dilakukan proses perhitungan menggunakan Algoritma Genetika untuk mendapatkan urutan pekerjaan yang optimal.

Parameter yang digunakan: Jumlah Generasi = 500 Generasi, Ukuran Populasi = 20 Kromosom, Probabilitas *Crossover* = 40% (0,4), Probabilitas Mutasi = 20% (0,2). *Roulette wheel parents selection* sebagai metode dalam proses seleksi individu induk Algoritma Genetika, kemudian *Swap Mutation* sebagai metode dalam proses Mutasi.

2. Model penjadwalan menggunakan Algoritma Genetika didapatkan menghasilkan urutan pekerjaan (3-13-12-14-9-11-6-2-7-15-17-8-1-16-5-10-4) dengan mendapatkan nilai *makespan* sebesar 8290,87 dan *Fitness* sebesar 41709,13. Hasil ini lebih baik dari penjadwalan pada perusahaan sebelumnya dengan nilai didapatkan untuk pengurangan waktu *Makespan* sebesar 3,73%. Sehingga dapat disimpulkan proses penjadwalan menggunakan model Algoritma Genetika terbukti optimal dalam meminimasi *Makespan* pada proses produksi perusahaan.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil dan juga kesimpulan yang sudah dipaparkan sebelumnya, Adapun saran dari penulis untuk pengembangan penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Melakukan penelitian dengan membandingkan beberapa metode penjadwalan lainnya untuk memaksimalkan lebih banyak model penjadwalan yang dihasilkan. Seperti Algoritma *Non-Delay* dan sebagainya.
2. Menggunakan lebih banyak software pendukung yang dapat membantu penelitian dalam proses pengolahan data seperti MatLab dan aplikasi coding lainnya.
3. Penelitian dapat dikembangkan dengan multi fungsi tujuan lainnya dan tidak hanya berfokus pada *makespan* saja.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, N., Purwanti, E. P., Sandora, R., Kasus, S., Mould, I., Tumbler, B., Cap, U., Tbk, B., Desain, T., Teknik, J., Kapal, P., & Negeri, P. P. (2019). *Optimalisasi dan Penyelesaian Job Shop Scheduling Problem dengan Metode Algoritma Genetik*. 2654, 270–274.
- Aisah, U. P. P. (2018). *PENJADWALAN MESIN TUNGGAL UNTUK MESIN INJECTION MOLDING DENGAN MEMPERHATIKAN FAKTOR PEMBELAJARAN DI PERUSAHAAN BAGUS KARYA*. Universitas Widyatama.
- Alzamharir, W., Handayani, N., & Nadya, Y. (2021). Perancangan Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode Algoritma Non Delay Untuk Meminimalkan Makespan Dalam Produksi Tepung (Studi Kasus: Ud. Rezeki Abadi, Sungai Pauh-Langsa Barat). *Jurnal Industri Samudra*, 2(1), 2797–7730.
- Amelia, L., & Aprianto. (2011). Optimalisasi Penjadwalan Produksi Dengan Metode Algoritma Genetika Di Pt . Progress Diecast. *InovisiTM*, 7(2), 40–46.
- Annisa, F., Sandora, R., & Ardliana, T. (2020). Optimasi Penjadwalan Produksi Injection Mould Base Frypan Handle Menggunakan Metode Algoritma Genetika. *Proceeding 5 Th Conference on Design and Manufacture Engineering and Its Application*, 2654, 299–303.
- Annisya, S. D., & Saifudin, J. A. (2020). Analisis Penjadwalan Produksi Batu Tahan Api Dengan Menggunakan Metode Campbell Dudek Smith (Cds), Nawaz Ensore Ham (Neh), Dan Palmer Untuk Mengurangi Makespan Di Pt. X. *Juminten*, 1(3), 165–176.
- Aquinaldo, S. L., Cucuk, N. R., & Yuniaristanto. (2021). Optimization in job shop scheduling problem using Genetic Algorithm (study case in furniture industry). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1072(1), 012019. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1072/1/012019>
- Ardi, A., Rijanto, A., & Kurniawan, S. E. (2019). Rancang Bangun Mesin Pemotong Balok Kayu Serbaguna Dengan Sistem Kontrol Otomatis. *Majamecha*, 1(2), 77–87.

- Aziz, M. (2017). Pemodelan Algoritma Genetika Pada Sistem Penjadwalan Perkuliahan Prodi Ilmu Komputer Universitas Lambungmangkurat. *KLIK-KUMPULAN JURNAL ILMU KOMPUTER*, 1(1), 67–79.
- Baker, K. R. (1974). Introduction to sequencing and scheduling, John Wiley and sons Inc. *New York*.
- Baker, K. R., & Trietsch, D. (2009). Principles of sequencing and scheduling, A John Wiley & Sons. *Inc. Publication*.
- Bedworth, D. D., & Bailey, J. E. (1982). *Integrated production, control systems: Management, analysis, and design*. John Wiley & Sons, Inc.
- Bierwirth, C., & Mattfeld, D. C. (1999). Production scheduling and rescheduling with genetic algorithms. *Evolutionary Computation*, 7(1), 1–17.
- Conway, R. W. (1967). “ Theory of Scheduling, ”.” *Addison Wesley*.
- Faturrahman, M. I., Suryadhini, P. P., & Astuti, M. D. (2015). Penerapan Konsep Lean Manufacturing Untuk Rancangan Usulan Perbaikan Meminimasi Waste Waiting Time Pada Isi Buku Proyek Grafindo Media Pratama Di Pt Karya Kita Application of Lean Manufacturing Concept for Improvement Plan in Minimizing Waste Waiting Time. *Agustus*, 2(2), 4562.
- Ferdyawan, F., & Hajjah, A. (2020). Penerapan Algoritma Genetika dalam Optimasi Penjadwalan Proyek. *Jurnal Mahasiswa Aplikasi Teknologi Komputer Dan Informasi (JMApTeKsi)*, 2(1), 50–55.
- Gen, M., & Cheng, R. (1997). Genetic Algorithms & Engineering Design, John Wiley & Sons. *Inc., New York, 10, 9780470172254*.
- Goldberg, D. E. (1989). A gentle introduction to genetic algorithms. *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*, 1–25.
- Hafiz, M., Alfateh, D. R., Muhjah, A. A., Oktaviani, T., Gintana, M. S., Anggoro, K. T., Rosyani, P., Genetika, A., & Mesin, P. (2023). *Algoritma genetika penjadwalan mesin bertipe sistem produksi untuk meminimalkan waktu proses produksi*. 1(2), 288–295.
- Hamdi, I., & Tekaya, M. F. (2020). A Genetic Algorithm to Minimize the Makespan in a Two-Machine Cross-Docking Flow Shop Problem. *Journal of the Operations Research Society of China*, 8(3), 457–476. <https://doi.org/10.1007/s40305-019-00277-6>
- Hatim, H. A., & Ahmad, F. (2022). PENDEKATAN ALGORITMA GENETIKA

- DALAM UPAYA OPTIMALISASI PENJADWALAN DI PT. NUANSA INDAH. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 9(2), 145–154.
- Irwan, H. (2021). Metode Minimasi Makespan dengan Menghilangkan Waktu Tunggu pada Penjadwalan Job Shop. *PROFISIENSI: Jurnal Program Studi Teknik Industri*, 9(1), 104–116. <https://doi.org/10.33373/profis.v9i1.3350>
- Khatami, M., Salehipour, A., & Hwang, F. J. (2019). Makespan minimization for the m-machine ordered flow shop scheduling problem. *Computers & Operations Research*, 111, 400–414.
- Kuswandi, I. (2010). Minimasi Maskepan Dengan Penjadwalan Produksi Pada Tipe Produksi Berulang. *Jurnal Teknik Industri*, 11(1), 84–93.
- Lam, K.-C., Ning, X., & Gao, H. (2009). The fuzzy GA-based multi-objective financial decision support model for Chinese state-owned construction firms. *Automation in Construction*, 18(4), 402–414.
- Maharani, F. (2013). *Sistem Penjadwalan Proyek Menggunakan Algoritma Genetika*. UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIEF KASIM RIAU.
- Manderick, B. (1991). *Selectionism as a Basis of Categorization and Adaptive Behavior*.
- Marbun, Y., Nikentari, N., & Bettiza, M. (2013). Perbandingan Algoritma Genetika dan Particle Swarm Optimization dalam Optimasi Penjadwalan Matakuliah. *Fak. Tek. Umr*, 1–7.
- Masruroh, N. (2012). Analisa penjadwalan produksi dengan menggunakan metode ampbell dudeck smith, palmer, dan dannenbring di PT. Loka Refraktor Surabaya. *Tekmapro: Journal of Industrial Engineering and Management*, 3(2).
- Michael, P. (1995). Scheduling. Theory, Algorithms and systems. ISBN0-13-706757-7.
- Muharni, Y., Febianti, E., & Sofa, N. N. (2019). Minimasi Makespan Pada Penjadwalan Flow Shop Mesin Paralel Produk Steel Bridge B-60 Menggunakan Metode Longest Processing Time Dan Particle Swarm Optimization. *Journal Industrial Servicess*, 4(2). <https://doi.org/10.36055/jiss.v4i2.5154>
- Muharni, Y., Kulsum, K., & Utami, D. A. (2019). Usulan Penjadwalan Produksi Pipa Erw Menggunakan Metode Nawaz Enscore Ham Dan Genetic Algorithm. *FLYWHEEL : Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 1(1), 29. <https://doi.org/10.36055/fwl.v1i1.6385>
- Narasimhan, S. L., McLeavy, D. W., & Billington, P. J. (1995). Production planning and inventory control. In *Quantitative methods and applied statistics series TA - TT -*

- (2nd ed). Prentice Hall New Jersey. <https://doi.org/LK> -
<https://worldcat.org/title/802441100>
- Natasha, T., Widodo, L., Gozali, L., Daywin, F. J., & Doaly, C. O. (2021). Flowshop production scheduling using the CDS method, bat algorithm, and genetic algorithms to minimize Makespan at PT. Paku Gajah mas. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, July*, 2753–2754.
- Nugroho, A., Priatna, W., & Romli, I. (2018). Implementasi Algoritma Genetika Untuk Optimasi Penjadwalan Mata Kuliah. *Jurnal Teknologi Dan Ilmu Komputer Prima (JUTIKOMP)*, 1(2), 35–41. <https://doi.org/10.34012/jutikomp.v1i2.238>
- Roberts, S. C., Howard, D., & Koza, J. R. (2001). Evolving modules in genetic programming by subtree encapsulation. *European Conference on Genetic Programming*, 160–175.
- Saleh, C., Hassan, A., & Jamaluddin, M. Y. (2002). Optimasi Ukuran Lot Menggunakan Pengulangan Ganda Algoritma Genetika. *Proceeding Seminar Nasional Teknik Industri Dan Manajemen Produksi TIMP 2002*, 207–212.
- Saputro, N. (2003). Pengenalan Huruf dengan Memakai Algoritma Genetik. *Jurnal Integral*, 8(2).
- Tagawa, S. (1996). A new concept of job shop scheduling system—hierarchical decision model. *International Journal of Production Economics*, 44(1–2), 17–26.
- Tannady, H., Steven, S., & Limas, A. V. (2015). Solusi Urutan Pengerjaan Job Yang Tepat Dengan Metode Campbell-dudek-smith (Cds)(Studi Kasus: Pabrik Es PT. Xyz, Kabupaten Luwuk, Sulawesi Tengah). *J@ Ti Undip: Jurnal Teknik Industri*, 10(1), 51–54.
- Utama, D. M., Ardiansyah, L. R., & Garside, A. K. (2019). Penjadwalan Flow Shop untuk Meminimasi Total Tardiness Menggunakan Algoritma Cross Entropy–Algoritma Genetika. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 18(2), 133–141.
- Widyawati, & Waliadi, G. (2020). Improved Genetic Algorithm for Flow Shop Scheduling Problem at PT. XYZ. *Journal of Physics: Conference Series*, 1477(2). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1477/2/022020>
- Wijanarko, B. (2011). *Penjadwalan Jobs Untuk Meminimalkan Makespan Pada Lingkungan Job Shop Dengan*.

LAMPIRAN

Lampiran merupakan kelengkapan yang mendukung pelaksanaan penelitian memuat tabel dan gambar kelengkapan untuk memperjelas uraian perhitungan pada penelitian ini. Pada lampiran penelitian ini memuat:

1. Bilangan *Random* Individu 1-20
2. Perhitungan Nilai *Makespan* Individu 1-20
3. Rekapitulasi Seleksi Individu 1-20
4. Proses *Crossover*
5. Proses Mutasi
6. Perhitungan *Makespan* Individu Anak Hasil *Crossover*
7. Perhitungan *Makespan* Individu Anak Hasil Mutasi
8. Hasil Perhitungan Individu Terbaik Tiap Generasi (1-500)

Lampiran 1. Bilangan *Random* Individu 1-20

Random Individu 1			Random Individu 2			Random Individu 3			Random Individu 4			Random Individu 5		
JOB	Random	RANK	JOB	Random	RANK	JOB	Random	RANK	JOB	Random	RANK	JOB	Random	RANK
1	0,10871	16	1	0,13395	14	1	0,08209	14	1	0,86633	6	1	0,48315	9
2	0,13054	15	2	0,1013	16	2	0,01334	17	2	0,90233	5	2	0,17348	14
3	0,55004	6	3	0,01855	17	3	0,77022	4	3	0,83943	7	3	0,63318	7
4	0,24412	11	4	0,33169	10	4	0,24068	12	4	0,95099	2	4	0,79587	5
5	0,55121	5	5	0,47496	7	5	0,61507	7	5	0,78309	10	5	0,74796	6
6	0,69428	3	6	0,2312	12	6	0,92409	2	6	0,92359	4	6	0,08275	17
7	0,2891	9	7	0,54691	6	7	0,46766	9	7	0,22378	14	7	0,08529	16
8	0,09987	17	8	0,68065	4	8	0,48665	8	8	0,16232	15	8	0,89553	1
9	0,22524	12	9	0,95806	1	9	0,7213	5	9	0,96109	1	9	0,30797	12
10	0,32659	8	10	0,38044	8	10	0,94221	1	10	0,82806	8	10	0,5671	8
11	0,28055	10	11	0,28773	11	11	0,06353	15	11	0,04931	17	11	0,18922	13
12	0,44816	7	12	0,1232	15	12	0,29807	11	12	0,79282	9	12	0,46126	11
13	0,85807	2	13	0,89952	2	13	0,3219	10	13	0,25628	12	13	0,88764	3
14	0,15721	14	14	0,33535	9	14	0,70089	6	14	0,24618	13	14	0,89098	2
15	0,57297	4	15	0,65474	5	15	0,04117	16	15	0,33791	11	15	0,48044	10
16	0,92293	1	16	0,83149	3	16	0,19471	13	16	0,95059	3	16	0,14283	15
17	0,1788	13	17	0,21574	13	17	0,82065	3	17	0,12213	16	17	0,84149	4

Random Individu 6			Random Individu 7			Random Individu 8			Random Individu 9			Random Individu 10		
JOB	Random	RANK	JOB	Random	RANK	JOB	Random	RANK	JOB	Random	RANK	JOB	Random	RANK
1	0,21308	12	1	0,62494	6	1	0,25431	13	1	0,87744	3	1	0,4864	4
2	0,23115	11	2	0,73416	3	2	0,30304	12	2	0,23828	13	2	0,69389	2
3	0,92912	1	3	0,00183	17	3	0,46136	11	3	0,33721	10	3	0,27152	9
4	0,01139	17	4	0,17092	15	4	0,08243	16	4	0,54221	8	4	0,25459	10
5	0,37322	8	5	0,23684	13	5	0,97608	2	5	0,13895	15	5	0,23939	11
6	0,52222	4	6	0,32918	11	6	0,6964	7	6	0,00484	17	6	0,32442	7
7	0,62374	2	7	0,2733	12	7	0,59084	9	7	0,27844	12	7	0,1492	13
8	0,42266	6	8	0,51373	8	8	0,80772	5	8	0,40364	9	8	0,05182	14
9	0,03636	15	9	0,53373	7	9	0,56929	10	9	0,31733	11	9	0,01478	17
10	0,14577	13	10	0,4135	9	10	0,97892	1	10	0,17216	14	10	0,03885	15
11	0,54668	3	11	0,65363	4	11	0,82383	3	11	0,64984	6	11	0,45009	5
12	0,01573	16	12	0,64472	5	12	0,17398	14	12	0,09201	16	12	0,17453	12
13	0,06342	14	13	0,20579	14	13	0,69033	8	13	0,96965	1	13	0,37131	6
14	0,25271	10	14	0,34848	10	14	0,14945	15	14	0,85016	4	14	0,03597	16
15	0,37895	7	15	0,93722	1	15	0,03872	17	15	0,5763	7	15	0,86852	1
16	0,42755	5	16	0,01965	16	16	0,75279	6	16	0,94096	2	16	0,6131	3
17	0,29494	9	17	0,91232	2	17	0,81892	4	17	0,79618	5	17	0,30191	8

Random Individu 11			Random Individu 12			Random Individu 13			Random Individu 14			Random Individu 15		
JOB	Random	RANK	JOB	Random	RANK	JOB	Random	RANK	JOB	Random	RANK	JOB	Random	RANK
1	0,84922	5	1	0,92526	2	1	0,46907	12	1	0,97598	3	1	0,15335	14
2	0,72272	7	2	0,02625	17	2	0,51102	9	2	0,38297	13	2	0,75558	6
3	0,85843	4	3	0,10744	15	3	0,22108	15	3	0,44682	12	3	0,76056	5
4	0,93127	1	4	0,69514	5	4	0,60185	7	4	0,9966	1	4	0,81073	3
5	0,37091	13	5	0,35792	10	5	0,8672	1	5	0,5065	8	5	0,13091	15
6	0,50913	11	6	0,27707	11	6	0,00355	17	6	0,49879	9	6	0,76835	4
7	0,06913	17	7	0,77822	4	7	0,71097	5	7	0,49826	10	7	0,97162	2
8	0,38065	12	8	0,03597	16	8	0,76989	2	8	0,59603	7	8	0,71462	7
9	0,52045	10	9	0,17666	13	9	0,55721	8	9	0,02824	17	9	0,01315	17
10	0,0717	16	10	0,16575	14	10	0,24921	14	10	0,2517	16	10	0,19092	13
11	0,76105	6	11	0,55658	7	11	0,50062	10	11	0,34455	14	11	0,38179	10
12	0,22514	15	12	0,59839	6	12	0,36623	13	12	0,66841	5	12	0,20459	12
13	0,67123	8	13	0,55304	8	13	0,49234	11	13	0,62654	6	13	0,30325	11
14	0,27826	14	14	0,36725	9	14	0,11324	16	14	0,68022	4	14	0,68087	8
15	0,62577	9	15	0,95253	1	15	0,72468	4	15	0,99542	2	15	0,9759	1
16	0,88542	3	16	0,25056	12	16	0,72927	3	16	0,45	11	16	0,08164	16
17	0,91622	2	17	0,79981	3	17	0,62198	6	17	0,27859	15	17	0,3879	9

Random Individu 16			Random Individu 17			Random Individu 18			Random Individu 19			Random Individu 20		
JOB	Random	RANK	JOB	Random	RANK	JOB	Random	RANK	JOB	Random	RANK	JOB	Random	RANK
1	0,57406	6	1	0,03606	17	1	0,85328	3	1	0,61643	7	1	0,57719	13
2	0,41391	10	2	0,23869	16	2	0,47577	9	2	0,51893	9	2	0,06042	16
3	0,08386	17	3	0,43927	11	3	0,22052	12	3	0,75455	3	3	0,80745	10
4	0,81905	3	4	0,92461	3	4	0,77031	7	4	0,48657	10	4	0,92809	4
5	0,62766	5	5	0,93032	2	5	0,08704	17	5	0,44812	12	5	0,14749	15
6	0,16292	14	6	0,53963	9	6	0,21951	13	6	0,38098	13	6	0,48034	14
7	0,12662	16	7	0,83605	5	7	0,18563	16	7	0,0025	17	7	0,99909	1
8	0,4112	11	8	0,59899	8	8	0,97276	1	8	0,4546	11	8	0,99575	2
9	0,51188	7	9	0,27801	15	9	0,85112	4	9	0,7117	5	9	0,73009	11
10	0,17108	13	10	0,95944	1	10	0,95887	2	10	0,7632	2	10	0,59571	12
11	0,99518	1	11	0,66937	6	11	0,30095	11	11	0,70906	6	11	0,03206	17
12	0,77952	4	12	0,33257	14	12	0,7962	6	12	0,60413	8	12	0,88779	5
13	0,42438	9	13	0,46848	10	13	0,19708	15	13	0,11712	15	13	0,83073	9
14	0,15905	15	14	0,62495	7	14	0,21509	14	14	0,96407	1	14	0,88338	6
15	0,47526	8	15	0,37876	12	15	0,3457	10	15	0,75305	4	15	0,83632	8
16	0,2733	12	16	0,35502	13	16	0,65664	8	16	0,00734	16	16	0,96119	3
17	0,82865	2	17	0,86989	4	17	0,79717	5	17	0,30178	14	17	0,87651	7

Lampiran 2. Perhitungan Nilai Makespan Individu 1-20

RANDOM 1																			
Job	M1			M2			M3			M4			M5			M6			
	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	
16	0	241,56	241,56	241,56	183,71	425,27	425,27	4351,61	4776,88	4776,88	1811,75	6588,62	6588,62	367,49	6956,11	6956,11	362,58	7318,70	
15	241,56	196,80	438,37	438,37	148,88	587,24	587,24	432,35	1019,59	1019,59	580,22	1599,80	1599,80	3788,21	5388,02	5388,02	237,15	5625,17	
6	438,37	456,66	895,02	895,02	2930,95	3825,97	3825,97	464,22	4290,20	4290,20	906,20	5196,40	5196,40	119,37	5315,77	5315,77	163,12	5478,88	
11	895,02	456,78	1351,80	1351,80	2905,23	4257,02	4257,02	463,52	4720,54	4720,54	895,51	5616,05	5616,05	134,61	5750,66	5750,66	163,34	5914,00	
5	1351,80	241,82	1593,62	1593,62	215,66	1809,27	1809,27	4335,04	6144,31	6144,31	1839,83	7984,14	7984,14	368,22	8352,36	8352,36	378,59	8730,95	
3	1593,62	197,82	1791,44	1791,44	149,32	1940,76	1940,76	430,24	2371,00	2371,00	584,11	2955,11	2955,11	3910,70	6865,81	6865,81	237,15	7102,96	
9	1791,44	196,74	1988,18	1988,18	148,52	2136,70	2136,70	431,21	2567,92	2567,92	561,37	3129,29	3129,29	3809,12	6938,41	6938,41	237,15	7175,56	
17	1988,18	455,09	2443,28	2443,28	2911,42	5354,70	5354,70	462,47	5817,17	5817,17	896,77	6713,94	6713,94	215,36	6929,30	6929,30	163,14	7092,44	
12	2443,28	195,39	2638,67	2638,67	148,27	2786,94	2786,94	448,22	3235,16	3235,16	693,77	3928,93	3928,93	3553,93	7482,86	7482,86	237,15	7720,01	
8	2638,67	240,74	2879,41	2879,41	180,60	3060,01	3060,01	4335,04	7395,05	7395,05	1794,38	9189,43	9189,43	1089,00	10278,43	10278,43	387,12	10665,55	
10	2879,41	194,14	3073,55	3073,55	149,44	3222,99	3222,99	427,29	3650,28	3650,28	560,19	4210,47	4210,47	3576,36	7786,84	7786,84	237,15	8023,99	
7	3073,55	135,17	3208,73	3208,73	122,61	3331,34	3331,34	3424,42	6755,76	6755,76	2360,26	9116,02	9116,02	213,85	9329,87	9329,87	373,02	9702,89	
2	3208,73	90,45	3299,18	3299,18	81,46	3380,64	3380,64	2282,55	5663,19	5663,19	1573,46	7236,65	7236,65	142,30	7378,95	7378,95	248,50	7627,45	
14	3299,18	240,94	3540,12	3540,12	180,44	3720,55	3720,55	4347,38	8067,94	8067,94	1880,38	9948,32	9948,32	364,75	10313,08	10313,08	385,94	10699,01	
4	3540,12	90,20	3630,31	3630,31	81,43	3711,75	3711,75	2282,08	5993,83	5993,83	1573,88	7567,71	7567,71	142,55	7710,26	7710,26	248,02	7958,28	
1	3630,31	135,62	3765,93	3765,93	121,96	3887,89	3887,89	3510,18	7398,07	7398,07	2360,75	9758,81	9758,81	213,38	9972,19	9972,19	372,92	10345,11	
13	3765,93	196,97	3962,90	3962,90	149,88	4112,78	4112,78	428,50	4541,28	4541,28	574,35	5115,63	5115,63	4005,38	9121,01	9121,01	237,15	9358,17	

RANDOM 2																			
Job	M1			M2			M3			M4			M5			M6			
	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	
14	0	240,94	240,94	240,94	180,44	421,37	421,37	4347,38	4768,76	4768,76	1880,38	6649,14	6649,14	364,75	7013,90	7013,90	385,94	7399,83	
16	240,94	241,56	482,50	482,50	183,71	666,20	666,20	4351,61	5017,81	5017,81	1811,75	6829,56	6829,56	367,49	7197,05	7197,05	362,58	7559,63	
17	482,50	455,09	937,59	937,59	2911,42	3849,01	3849,01	462,47	4311,49	4311,49	896,77	5208,25	5208,25	215,36	5423,61	5423,61	163,14	5586,75	
10	937,59	194,14	1131,74	1131,74	149,44	1281,17	1281,17	427,29	1708,47	1708,47	560,19	2268,65	2268,65	3576,36	5845,02	5845,02	237,15	6082,17	
7	1131,74	135,17	1266,91	1266,91	122,61	1389,52	1389,52	3424,42	4813,94	4813,94	2360,26	7174,20	7174,20	213,85	7388,05	7388,05	373,02	7761,07	
12	1266,91	195,39	1462,30	1462,30	148,27	1610,57	1610,57	448,22	2058,79	2058,79	693,77	2752,56	2752,56	3553,93	6306,49	6306,49	237,15	6543,64	
6	1462,30	456,66	1918,96	1918,96	2930,95	4849,91	4849,91	464,22	5314,13	5314,13	906,20	6220,33	6220,33	119,37	6339,70	6339,70	163,12	6502,82	
4	1918,96	90,20	2009,16	2009,16	81,43	2090,59	2090,59	2282,08	4372,67	4372,67	1573,88	5946,55	5946,55	142,55	6089,10	6089,10	248,02	6337,12	
1	2009,16	135,62	2144,77	2144,77	121,96	2266,73	2266,73	3510,18	5776,91	5776,91	2360,75	8137,66	8137,66	213,38	8351,03	8351,03	372,92	8723,96	
8	2144,77	240,74	2385,51	2385,51	180,60	2566,11	2566,11	4335,04	6901,15	6901,15	1794,38	8695,53	8695,53	1089,00	9784,53	9784,53	387,12	10171,65	
11	2385,51	456,78	2842,29	2842,29	2905,23	5747,51	5747,51	463,52	6211,03	6211,03	895,51	7106,54	7106,54	134,61	7241,15	7241,15	163,34	7404,49	
15	2842,29	196,80	3039,09	3039,09	148,88	3187,97	3187,97	432,35	3620,31	3620,31	580,22	4200,53	4200,53	3788,21	7988,74	7988,74	237,15	8225,90	
2	3039,09	90,45	3129,54	3129,54	81,46	3211,00	3211,00	2282,55	5493,56	5493,56	1573,46	7067,01	7067,01	142,30	7209,31	7209,31	248,50	7457,81	
9	3129,54	196,74	3326,29	3326,29	148,52	3474,80	3474,80	431,21	3906,02	3906,02	561,37	4467,39	4467,39	3809,12	8276,51	8276,51	237,15	8513,67	
5	3326,29	241,82	3568,11	3568,11	215,66	3783,76	3783,76	4335,04	8118,80	8118,80	1839,83	9958,63	9958,63	368,22	10326,85	10326,85	378,59	10705,44	
3	3568,11	197,82	3765,93	3765,93	149,32	3915,25	3915,25	430,24	4345,49	4345,49	584,11	4929,60	4929,60	3910,70	8840,30	8840,30	237,15	9077,45	
13	3765,93	196,97	3962,90	3962,90	149,88	4112,78	4112,78	428,50	4541,28	4541,28	574,35	5115,63	5115,63	4005,38	9121,01	9121,01	237,15	9358,17	

RANDOM 3																			
Job	M1			M2			M3			M4			M5			M6			
	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	
14	0	240,94	240,94	240,94	180,44	421,37	421,37	4347,38	4768,76	4768,76	1880,38	6649,14	6649,14	364,75	7013,90	7013,90	385,94	7399,83	
17	240,94	455,09	696,03	696,03	2911,42	3607,45	3607,45	462,47	4069,92	4069,92	896,77	4966,69	4966,69	215,36	5182,05	5182,05	163,14	5345,19	
4	696,03	90,20	786,23	786,23	81,43	867,66	867,66	2282,08	3149,74	3149,74	1573,88	4723,63	4723,63	142,55	4866,17	4866,17	248,02	5114,19	
12	786,23	195,39	981,62	981,62	148,27	1129,89	1129,89	448,22	1578,11	1578,11	693,77	2271,88	2271,88	3553,93	5825,81	5825,81	237,15	6062,96	
7	981,62	135,17	1116,80	1116,80	122,61	1239,41	1239,41	3424,42	4663,82	4663,82	2360,26	7024,09	7024,09	213,85	7237,93	7237,93	373,02	7610,96	
2	1116,80	90,45	1207,25	1207,25	81,46	1288,71	1288,71	2282,55	3571,26	3571,26	1573,46	5144,72	5144,72	142,30	5287,02	5287,02	248,50	5535,52	
9	1207,25	196,74	1403,99	1403,99	148,52	1552,51	1552,51	431,21	1983,72	1983,72	561,37	2545,09	2545,09	3809,12	6354,22	6354,22	237,15	6591,37	
8	1403,99	240,74	1644,73	1644,73	180,60	1825,33	1825,33	4335,04	6160,37	6160,37	1794,38	7954,75	7954,75	1089,00	9043,75	9043,75	387,12	9430,87	
5	1644,73	241,82	1886,55	1886,55	215,66	2102,21	2102,21	4335,04	6437,24	6437,24	1839,83	8277,07	8277,07	368,22	8645,29	8645,29	378,59	9023,88	
1	1886,55	135,62	2022,17	2022,17	121,96	2144,12	2144,12	3510,18	5654,30	5654,30	2360,75	8015,05	8015,05	213,38	8228,43	8228,43	372,92	8601,35	
15	2022,17	196,80	2218,97	2218,97	148,88	2367,85	2367,85	432,35	2800,19	2800,19	580,22	3380,41	3380,41	3788,21	7168,62	7168,62	237,15	7405,78	
11	2218,97	456,78	2675,75	2675,75	2905,23	5580,97	5580,97	463,52	6044,49	6044,49	895,51	6940,00	6940,00	134,61	7074,61	7074,61	163,34	7237,95	
10	2675,75	194,14	2869,89	2869,89	149,44	3019,33	3019,33	427,29	3446,62	3446,62	560,19	4006,81	4006,81	3576,36	7583,17	7583,17	237,15	7820,33	
6	2869,89	456,66	3326,55	3326,55	2930,95	6257,50	6257,50	464,22	6721,72	6721,72	906,20	7627,92	7627,92	119,37	7747,29	7747,29	163,12	7910,41	
16	3326,55	241,56	3568,11	3568,11	183,71	3751,81	3751,81	4351,61	8103,42	8103,42	1811,75	9915,17	9915,17	367,49	10282,66	10282,66	362,58	10645,24	
13	3568,11	196,97	3765,08	3765,08	149,88	3914,95	3914,95	428,50	4343,45	4343,45	574,35	4917,81	4917,81	4005,38	8923,19	8923,19	237,15	9160,34	
3	3765,08	197,82	3962,90	3962,90	149,32	4112,22	4112,22	430,24	4542,46	4542,46	584,11	5126,57	5126,57	3910,70	9037,27	9037,27	237,15	9274,43	

RANDOM 4																		
Job	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion
6	0	456,66	456,66	456,66	2930,95	3387,61	3387,61	464,22	3851,83	3851,83	906,20	4758,03	4758,03	119,37	4877,40	4877,40	163,12	5040,52
5	456,66	241,82	698,48	698,48	215,66	914,13	914,13	4335,04	5249,17	5249,17	1839,83	7089,00	7089,00	368,22	7457,22	7457,22	378,59	7835,81
7	698,48	135,17	833,65	833,65	122,61	956,26	956,26	3424,42	4380,68	4380,68	2360,26	6740,94	6740,94	213,85	6954,79	6954,79	373,02	7327,81
2	833,65	90,45	924,10	924,10	81,46	1005,56	1005,56	2282,55	3288,11	3288,11	1573,46	4861,57	4861,57	142,30	5003,87	5003,87	248,50	5252,37
10	924,10	194,14	1118,25	1118,25	149,44	1267,68	1267,68	427,29	1694,98	1694,98	560,19	2255,16	2255,16	3576,36	5831,53	5831,53	237,15	6068,68
4	1118,25	90,20	1208,45	1208,45	81,43	1289,88	1289,88	2282,08	3571,96	3571,96	1573,88	5145,84	5145,84	142,55	5288,39	5288,39	248,02	5536,41
14	1208,45	240,94	1449,38	1449,38	180,44	1629,82	1629,82	4347,38	5977,20	5977,20	1880,38	7857,59	7857,59	364,75	8222,34	8222,34	385,94	8608,28
15	1449,38	196,80	1646,18	1646,18	148,88	1795,06	1795,06	432,35	2227,41	2227,41	580,22	2807,62	2807,62	3788,21	6595,84	6595,84	237,15	6832,99
1	1646,18	135,62	1781,80	1781,80	121,96	1903,76	1903,76	3510,18	5413,94	5413,94	2360,75	7774,68	7774,68	213,38	7988,06	7988,06	372,92	8360,99
8	1781,80	240,74	2022,54	2022,54	180,60	2203,14	2203,14	4335,04	6538,18	6538,18	1794,38	8332,56	8332,56	1089,00	9421,56	9421,56	387,12	9808,68
17	2022,54	455,09	2477,63	2477,63	2911,42	5389,05	5389,05	462,47	5851,53	5851,53	896,77	6748,29	6748,29	215,36	6963,66	6963,66	163,14	7126,79
9	2477,63	196,74	2674,38	2674,38	148,52	2822,89	2822,89	431,21	3254,11	3254,11	561,37	3815,48	3815,48	3809,12	7624,60	7624,60	237,15	7861,76
12	2674,38	195,39	2869,77	2869,77	148,27	3018,04	3018,04	448,22	3466,26	3466,26	693,77	4160,03	4160,03	3553,93	7713,96	7713,96	237,15	7951,11
13	2869,77	196,97	3066,74	3066,74	149,88	3216,62	3216,62	428,50	3645,12	3645,12	574,35	4219,47	4219,47	4005,38	8224,85	8224,85	237,15	8462,01
11	3066,74	456,78	3523,52	3523,52	2905,23	6428,74	6428,74	463,52	6892,26	6892,26	895,51	7787,77	7787,77	134,61	7922,38	7922,38	163,34	8085,72
3	3523,52	197,82	3721,34	3721,34	149,32	3870,66	3870,66	430,24	4300,90	4300,90	584,11	4885,01	4885,01	3910,70	8795,71	8795,71	237,15	9032,86
16	3721,34	241,56	3962,90	3962,90	183,71	4146,61	4146,61	4351,61	8498,22	8498,22	1811,75	10309,96	10309,96	367,49	10677,46	10677,46	362,58	11040,04

RANDOM 5																		
Job	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion
9	0	196,74	196,74	196,74	148,52	345,26	345,26	431,21	776,48	776,48	561,37	1337,84	1337,84	3809,12	5146,97	5146,97	237,15	5384,12
14	196,74	240,94	437,68	437,68	180,44	618,12	618,12	4347,38	4965,50	4965,50	1880,38	6845,89	6845,89	364,75	7210,64	7210,64	385,94	7596,58
7	437,68	135,17	572,85	572,85	122,61	695,47	695,47	3424,42	4119,88	4119,88	2360,26	6480,14	6480,14	213,85	6693,99	6693,99	373,02	7067,01
5	572,85	241,82	814,67	814,67	215,66	1030,33	1030,33	4335,04	5365,37	5365,37	1839,83	7205,19	7205,19	368,22	7573,41	7573,41	378,59	7952,01
6	814,67	456,66	1271,33	1271,33	2930,95	4202,28	4202,28	464,22	4666,50	4666,50	906,20	5572,70	5572,70	119,37	5692,07	5692,07	163,12	5855,19
17	1271,33	455,09	1726,42	1726,42	2911,42	4637,84	4637,84	462,47	5100,32	5100,32	896,77	5997,08	5997,08	215,36	6212,45	6212,45	163,14	6375,58
16	1726,42	241,56	1967,98	1967,98	183,71	2151,69	2151,69	4351,61	6503,30	6503,30	1811,75	8315,05	8315,05	367,49	8682,54	8682,54	362,58	9045,12
1	1967,98	135,62	2103,60	2103,60	121,96	2225,56	2225,56	3510,18	5735,74	5735,74	2360,75	8096,48	8096,48	213,38	8309,86	8309,86	372,92	8682,79
12	2103,60	195,39	2299,00	2299,00	148,27	2447,26	2447,26	448,22	2895,48	2895,48	693,77	3589,25	3589,25	3553,93	7143,18	7143,18	237,15	7380,34
8	2299,00	240,74	2539,73	2539,73	180,60	2720,33	2720,33	4335,04	7055,37	7055,37	1794,38	8849,75	8849,75	1089,00	9938,76	9938,76	387,12	10325,88
13	2539,73	196,97	2736,70	2736,70	149,88	2886,58	2886,58	428,50	3315,08	3315,08	574,35	3889,43	3889,43	4005,38	7894,81	7894,81	237,15	8131,97
11	2736,70	456,78	3193,48	3193,48	2905,23	6098,71	6098,71	463,52	6562,23	6562,23	895,51	7457,74	7457,74	134,61	7592,34	7592,34	163,34	7755,68
3	3193,48	197,82	3391,30	3391,30	149,32	3540,62	3540,62	430,24	3970,86	3970,86	584,11	4554,97	4554,97	3910,70	8465,67	8465,67	237,15	8702,83
2	3391,30	90,45	3481,76	3481,76	81,46	3563,22	3563,22	2282,55	5845,77	5845,77	1573,46	7419,23	7419,23	142,30	7561,53	7561,53	248,50	7810,03
10	3481,76	194,14	3675,90	3675,90	149,44	3825,34	3825,34	427,29	4252,63	4252,63	560,19	4812,82	4812,82	3576,36	8389,18	8389,18	237,15	8626,34
15	3675,90	196,80	3872,70	3872,70	148,88	4021,58	4021,58	432,35	4453,93	4453,93	580,22	5034,14	5034,14	3788,21	8822,36	8822,36	237,15	9059,51
4	3872,70	90,20	3962,90	3962,90	81,43	4044,34	4044,34	2282,08	6326,42	6326,42	1573,88	7900,30	7900,30	142,55	8042,85	8042,85	248,02	8290,87

RANDOM 6																		
Job	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion
12	0	195,39	195,39	195,39	148,27	343,66	343,66	448,22	791,88	791,88	693,77	1485,65	1485,65	3553,93	5039,58	5039,58	237,15	5276,73
11	195,39	456,78	652,17	652,17	2905,23	3557,39	3557,39	463,52	4020,92	4020,92	895,51	4916,43	4916,43	134,61	5051,03	5051,03	163,34	5214,37
1	652,17	135,62	787,79	787,79	121,96	909,74	909,74	3510,18	4419,92	4419,92	2360,75	6780,67	6780,67	213,38	6994,05	6994,05	372,92	7366,97
17	787,79	455,09	1242,88	1242,88	2911,42	4154,30	4154,30	462,47	4616,77	4616,77	896,77	5513,54	5513,54	215,36	5728,90	5728,90	163,14	5892,04
8	1242,88	240,74	1483,62	1483,62	180,60	1664,22	1664,22	4335,04	5999,25	5999,25	1794,38	7793,64	7793,64	1089,00	8882,64	8882,64	387,12	9269,76
4	1483,62	90,20	1573,82	1573,82	81,43	1655,25	1655,25	2282,08	3937,33	3937,33	1573,88	5511,21	5511,21	142,55	5653,76	5653,76	248,02	5901,78
2	1573,82	90,45	1664,27	1664,27	81,46	1745,73	1745,73	2282,55	4028,28	4028,28	1573,46	5601,74	5601,74	142,30	5744,04	5744,04	248,50	5992,54
6	1664,27	456,66	2120,92	2120,92	2930,95	5051,88	5051,88	464,22	5516,10	5516,10	906,20	6422,30	6422,30	119,37	6541,67	6541,67	163,12	6704,79
15	2120,92	196,80	2317,73	2317,73	148,88	2466,60	2466,60	432,35	2898,95	2898,95	580,22	3479,16	3479,16	3788,21	7267,38	7267,38	237,15	7504,53
13	2317,73	196,97	2514,70	2514,70	149,88	2664,57	2664,57	428,50	3093,07	3093,07	574,35	3667,43	3667,43	4005,38	7672,81	7672,81	237,15	7909,96
3	2514,70	197,82	2712,52	2712,52	149,32	2861,84	2861,84	430,24	3292,08	3292,08	584,11	3876,19	3876,19	3910,70	7786,89	7786,89	237,15	8024,04
16	2712,52	241,56	2954,08	2954,08	183,71	3137,79	3137,79	4351,61	7489,40	7489,40	1811,75	9301,15	9301,15	367,49	9668,64	9668,64	362,58	10031,22
14	2954,08	240,94	3195,02	3195,02	180,44	3375,46	3375,46	4347,38	7722,84	7722,84	1880,38	9603,23	9603,23	364,75	9967,98	9967,98	385,94	10353,92
10	3195,02	194,14	3389,16	3389,16	149,44	3538,60	3538,60	427,29	3965,89	3965,89	560,19	4526,08	4526,08	3576,36	8102,45	8102,45	237,15	8339,60
7	3389,16	135,17	3524,34	3524,34	122,61	3646,95	3646,95	3424,42	7071,37	7071,37	2360,26	9431,63	9431,63	213,85	9645,48	9645,48	373,02	10018,50
5	3524,34	241,82	3766,16	3766,16	215,66	3981,81	3981,81	4335,04	8316,85	8316,85	1839,83	10156,68	10156,68	368,22	10524,90	10524,90	378,59	10903,49
9	3766,16	196,74	3962,90	3962,90	148,52	4111,42	4111,42	431,21	4542,63	4542,63	561,37	5104,00	5104,00	3809,12	8913,13	8913,13	237,15	9150,28

RANDOM 7																		
Job	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion
6	0	456,66	456,66	456,66	2930,95	3387,61	3387,61	464,22	3851,83	3851,83	906,20	4758,03	4758,03	119,37	4877,40	4877,40	163,12	5040,52
3	456,66	197,82	654,48	654,48	149,32	803,80	803,80	430,24	1234,04	1234,04	584,11	1818,15	1818,15	3910,70	5728,85	5728,85	237,15	5966,00
17	654,48	455,09	1109,57	1109,57	2911,42	4020,99	4020,99	462,47	4483,47	4483,47	896,77	5380,23	5380,23	215,36	5595,60	5595,60	163,14	5758,73
15	1109,57	196,80	1306,38	1306,38	148,88	1455,25	1455,25	432,35	1887,60	1887,60	580,22	2467,81	2467,81	3788,21	6256,03	6256,03	237,15	6493,18
13	1306,38	196,97	1503,35	1503,35	149,88	1653,22	1653,22	428,50	2081,72	2081,72	574,35	2656,08	2656,08	4005,38	6661,46	6661,46	237,15	6898,61
11	1503,35	456,78	1960,12	1960,12	2905,23	4865,35	4865,35	463,52	5328,87	5328,87	895,51	6224,38	6224,38	134,61	6358,99	6358,99	163,34	6522,32
12	1960,12	195,39	2155,52	2155,52	148,27	2303,78	2303,78	448,22	2752,01	2752,01	693,77	3445,78	3445,78	3553,93	6999,70	6999,70	237,15	7236,86
8	2155,52	240,74	2396,25	2396,25	180,60	2576,85	2576,85	4335,04	6911,89	6911,89	1794,38	8706,27	8706,27	1089,00	9795,28	9795,28	387,12	10182,40
7	2396,25	135,17	2531,43	2531,43	122,61	2654,04	2654,04	3424,42	6078,46	6078,46	2360,26	8438,72	8438,72	213,85	8652,57	8652,57	373,02	9025,59
9	2531,43	196,74	2728,17	2728,17	148,52	2876,69	2876,69	431,21	3307,90	3307,90	561,37	3869,27	3869,27	3809,12	7678,40	7678,40	237,15	7915,55
4	2728,17	90,20	2818,37	2818,37	81,43	2899,80	2899,80	2282,08	5181,88	5181,88	1573,88	6755,77	6755,77	142,55	6898,31	6898,31	248,02	7146,34
5	2818,37	241,82	3060,19	3060,19	215,66	3275,85	3275,85	4335,04	7610,89	7610,89	1839,83	9450,71	9450,71	368,22	9818,93	9818,93	378,59	10197,53
14	3060,19	240,94	3301,13	3301,13	180,44	3481,57	3481,57	4347,38	7828,95	7828,95	1880,38	9709,33	9709,33	364,75	10074,09	10074,09	385,94	10460,02
10	3301,13	194,14	3495,27	3495,27	149,44	3644,71	3644,71	427,29	4072,00	4072,00	560,19	4632,19	4632,19	3576,36	8208,55	8208,55	237,15	8445,71
1	3495,27	135,62	3630,89	3630,89	121,96	3752,85	3752,85	3510,18	7263,03	7263,03	2360,75	9623,77	9623,77	213,38	9837,15	9837,15	372,92	10210,07
16	3630,89	241,56	3872,45	3872,45	183,71	4056,16	4056,16	4351,61	8407,76	8407,76	1811,75	10219,51	10219,51	367,49	10587,00	10587,00	362,58	10949,59
2	3872,45	90,45	3962,90	3962,90	81,46	4044,36	4044,36	2282,55	6326,92	6326,92	1573,46	7900,37	7900,37	142,30	8042,67	8042,67	248,50	8291,17

RANDOM 8																		
Job	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion
13	0	196,97	196,97	196,97	149,88	346,85	346,85	428,50	775,35	775,35	574,35	1349,70	1349,70	4005,38	5355,08	5355,08	237,15	5592,23
12	196,97	195,39	392,37	392,37	148,27	540,63	540,63	448,22	988,85	988,85	693,77	1682,62	1682,62	3553,93	5236,55	5236,55	237,15	5473,71
11	392,37	456,78	849,14	849,14	2905,23	3754,37	3754,37	463,52	4217,89	4217,89	895,51	5113,40	5113,40	134,61	5248,00	5248,00	163,34	5411,34
16	849,14	241,56	1090,70	1090,70	183,71	1274,41	1274,41	4351,61	5626,02	5626,02	1811,75	7437,76	7437,76	367,49	7805,26	7805,26	362,58	8167,84
2	1090,70	90,45	1181,15	1181,15	81,46	1262,62	1262,62	2282,55	3545,17	3545,17	1573,46	5118,63	5118,63	142,30	5260,93	5260,93	248,50	5509,42
7	1181,15	135,17	1316,33	1316,33	122,61	1438,94	1438,94	3424,42	4863,36	4863,36	2360,26	7223,62	7223,62	213,85	7437,47	7437,47	373,02	7810,49
9	1316,33	196,74	1513,07	1513,07	148,52	1661,59	1661,59	431,21	2092,80	2092,80	561,37	2654,17	2654,17	3809,12	6463,30	6463,30	237,15	6700,45
5	1513,07	241,82	1754,89	1754,89	215,66	1970,55	1970,55	4335,04	6305,59	6305,59	1839,83	8145,41	8145,41	368,22	8513,63	8513,63	378,59	8892,23
10	1754,89	194,14	1949,04	1949,04	149,44	2098,47	2098,47	427,29	2525,77	2525,77	560,19	3085,96	3085,96	3576,36	6662,32	6662,32	237,15	6899,47
1	1949,04	135,62	2084,65	2084,65	121,96	2206,61	2206,61	3510,18	5716,79	5716,79	2360,75	8077,54	8077,54	213,38	8290,91	8290,91	372,92	8663,84
3	2084,65	197,82	2282,48	2282,48	149,32	2431,80	2431,80	430,24	2862,04	2862,04	584,11	3446,15	3446,15	3910,70	7356,85	7356,85	237,15	7594,00
14	2282,48	240,94	2523,41	2523,41	180,44	2703,85	2703,85	4347,38	7051,24	7051,24	1880,38	8931,62	8931,62	364,75	9296,37	9296,37	385,94	9682,31
8	2523,41	240,74	2764,15	2764,15	180,60	2944,75	2944,75	4335,04	7279,79	7279,79	1794,38	9074,17	9074,17	1089,00	10163,17	10163,17	387,12	10550,29
15	2764,15	196,80	2960,95	2960,95	148,88	3109,83	3109,83	432,35	3542,18	3542,18	580,22	4122,39	4122,39	3788,21	7910,61	7910,61	237,15	8147,76
17	2960,95	455,09	3416,05	3416,05	2911,42	6327,47	6327,47	462,47	6789,94	6789,94	896,77	7686,71	7686,71	215,36	7902,07	7902,07	163,14	8065,21
6	3416,05	456,66	3872,70	3872,70	2930,95	6803,66	6803,66	464,22	7267,88	7267,88	906,20	8174,08	8174,08	119,37	8293,45	8293,45	163,12	8456,57
4	3872,70	90,20	3962,90	3962,90	81,43	4044,34	4044,34	2282,08	6326,42	6326,42	1573,88	7900,30	7900,30	142,55	8042,85	8042,85	248,02	8290,87

RANDOM 9																		
Job	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion
3	0	197,82	197,82	197,82	149,32	347,14	347,14	430,24	777,38	777,38	584,11	1361,49	1361,49	3910,70	5272,19	5272,19	237,15	5509,35
13	197,82	196,97	394,80	394,80	149,88	544,67	544,67	428,50	973,17	973,17	574,35	1547,52	1547,52	4005,38	5552,90	5552,90	237,15	5790,06
10	394,80	194,14	588,94	588,94	149,44	738,38	738,38	427,29	1165,67	1165,67	560,19	1725,86	1725,86	3576,36	5302,22	5302,22	237,15	5539,38
8	588,94	240,74	829,68	829,68	180,60	1010,28	1010,28	4335,04	5345,31	5345,31	1794,38	7139,70	7139,70	1089,00	8228,70	8228,70	387,12	8615,82
15	829,68	196,80	1026,48	1026,48	148,88	1175,36	1175,36	432,35	1607,70	1607,70	580,22	2187,92	2187,92	3788,21	5976,13	5976,13	237,15	6213,29
17	1026,48	455,09	1481,58	1481,58	2911,42	4392,99	4392,99	462,47	4855,47	4855,47	896,77	5752,24	5752,24	215,36	5967,60	5967,60	163,14	6130,73
12	1481,58	195,39	1676,97	1676,97	148,27	1825,24	1825,24	448,22	2273,46	2273,46	693,77	2967,23	2967,23	3553,93	6521,16	6521,16	237,15	6758,31
9	1676,97	196,74	1873,71	1873,71	148,52	2022,23	2022,23	431,21	2453,44	2453,44	561,37	3014,81	3014,81	3809,12	6823,94	6823,94	237,15	7061,09
11	1873,71	456,78	2330,49	2330,49	2905,23	5235,71	5235,71	463,52	5699,23	5699,23	895,51	6594,74	6594,74	134,61	6729,35	6729,35	163,34	6892,69
14	2330,49	240,94	2571,42	2571,42	180,44	2751,86	2751,86	4347,38	7099,25	7099,25	1880,38	8979,63	8979,63	364,75	9344,38	9344,38	385,94	9730,32
6	2571,42	456,66	3028,08	3028,08	2930,95	5959,03	5959,03	464,22	6423,25	6423,25	906,20	7329,45	7329,45	119,37	7448,82	7448,82	163,12	7611,94
16	3028,08	241,56	3269,64	3269,64	183,71	3453,35	3453,35	4351,61	7804,95	7804,95	1811,75	9616,70	9616,70	367,49	9984,19	9984,19	362,58	10346,78
1	3269,64	135,62	3405,26	3405,26	121,96	3527,21	3527,21	3510,18	7037,39	7037,39	2360,75	9398,14	9398,14	213,38	9611,52	9611,52	372,92	9984,44
4	3405,26	90,20	3495,46	3495,46	81,43	3576,89	3576,89	2282,08	5858,97	5858,97	1573,88	7432,85	7432,85	142,55	7575,40	7575,40	248,02	7823,42
7	3495,46	135,17	3630,63	3630,63	122,61	3753,24	3753,24	3424,42	7177,66	7177,66	2360,26	9537,92	9537,92	213,85	9751,77	9751,77	373,02	10124,79
2	3630,63	90,45	3721,08	3721,08	81,46	3802,54	3802,54	2282,55	6085,09	6085,09	1573,46	7658,55	7658,55	142,30	7800,85	7800,85	248,50	8049,35
5	3721,08	241,82	3962,90	3962,90	215,66	4178,56	4178,56	4335,04	8513,60	8513,60	1839,83	10353,42	10353,42	368,22	10721,64	10721,64	378,59	11100,24

RANDOM 10																		
Job	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion
4	0	90,20	90,20	90,20	81,43	171,63	171,63	2282,08	2453,71	2453,71	1573,88	4027,60	4027,60	142,55	4170,14	4170,14	248,02	4418,16
2	90,20	90,45	180,65	180,65	81,46	262,11	262,11	2282,55	2544,66	2544,66	1573,46	4118,12	4118,12	142,30	4260,42	4260,42	248,50	4508,92
9	180,65	196,74	377,39	377,39	148,52	525,91	525,91	431,21	957,13	957,13	561,37	1518,50	1518,50	3809,12	5327,62	5327,62	237,15	5564,77
10	377,39	194,14	571,54	571,54	149,44	720,98	720,98	427,29	1148,27	1148,27	560,19	1708,46	1708,46	3576,36	5284,82	5284,82	237,15	5521,98
11	571,54	456,78	1028,31	1028,31	2905,23	3933,54	3933,54	463,52	4397,06	4397,06	895,51	5292,57	5292,57	134,61	5427,18	5427,18	163,34	5590,51
7	1028,31	135,17	1163,49	1163,49	122,61	1286,10	1286,10	3424,42	4710,52	4710,52	2360,26	7070,78	7070,78	213,85	7284,63	7284,63	373,02	7657,65
13	1163,49	196,97	1360,46	1360,46	149,88	1510,33	1510,33	428,50	1938,83	1938,83	574,35	2513,19	2513,19	4005,38	6518,57	6518,57	237,15	6755,72
14	1360,46	240,94	1601,40	1601,40	180,44	1781,83	1781,83	4347,38	6129,22	6129,22	1880,38	8009,60	8009,60	364,75	8374,36	8374,36	385,94	8760,29
17	1601,40	455,09	2056,49	2056,49	2911,42	4967,91	4967,91	462,47	5430,38	5430,38	896,77	6327,15	6327,15	215,36	6542,51	6542,51	163,14	6705,65
15	2056,49	196,80	2253,29	2253,29	148,88	2402,17	2402,17	432,35	2834,51	2834,51	580,22	3414,73	3414,73	3788,21	7202,94	7202,94	237,15	7440,10
5	2253,29	241,82	2495,11	2495,11	215,66	2710,77	2710,77	4335,04	7045,81	7045,81	1839,83	8885,63	8885,63	368,22	9253,85	9253,85	378,59	9632,45
12	2495,11	195,39	2690,51	2690,51	148,27	2838,77	2838,77	448,22	3287,00	3287,00	693,77	3980,77	3980,77	3553,93	7534,70	7534,70	237,15	7771,85
6	2690,51	456,66	3147,16	3147,16	2930,95	6078,12	6078,12	464,22	6542,34	6542,34	906,20	7448,54	7448,54	119,37	7567,91	7567,91	163,12	7731,03
16	3147,16	241,56	3388,73	3388,73	183,71	3572,43	3572,43	4351,61	7924,04	7924,04	1811,75	9735,79	9735,79	367,49	10103,28	10103,28	362,58	10465,86
1	3388,73	135,62	3524,34	3524,34	121,96	3646,30	3646,30	3510,18	7156,48	7156,48	2360,75	9517,22	9517,22	213,38	9730,60	9730,60	372,92	10103,53
3	3524,34	197,82	3722,17	3722,17	149,32	3871,49	3871,49	430,24	4301,72	4301,72	584,11	4885,83	4885,83	3910,70	8796,53	8796,53	237,15	9033,69
8	3722,17	240,74	3962,90	3962,90	180,60	4143,50	4143,50	4335,04	8478,54	8478,54	1794,38	10272,92	10272,92	1089,00	11361,93	11361,93	387,12	11749,05
RANDOM 11																		
Job	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion
5	0	241,82	241,82	241,82	215,66	457,48	457,48	4335,04	4792,52	4792,52	1839,83	6632,34	6632,34	368,22	7000,56	7000,56	378,59	7379,16
7	241,82	135,17	376,99	376,99	122,61	499,61	499,61	3424,42	3924,02	3924,02	2360,26	6284,29	6284,29	213,85	6498,13	6498,13	373,02	6871,16
4	376,99	90,20	467,19	467,19	81,43	548,63	548,63	2282,08	2830,71	2830,71	1573,88	4404,59	4404,59	142,55	4547,14	4547,14	248,02	4795,16
1	467,19	135,62	602,81	602,81	121,96	724,77	724,77	3510,18	4234,95	4234,95	2360,75	6595,69	6595,69	213,38	6809,07	6809,07	372,92	7181,99
13	602,81	196,97	799,78	799,78	149,88	949,66	949,66	428,50	1378,16	1378,16	574,35	1952,51	1952,51	4005,38	5957,89	5957,89	237,15	6195,04
11	799,78	456,78	1256,56	1256,56	2905,23	4161,78	4161,78	463,52	4625,30	4625,30	895,51	5520,81	5520,81	134,61	5655,42	5655,42	163,34	5818,76
17	1256,56	455,09	1711,65	1711,65	2911,42	4623,07	4623,07	462,47	5085,54	5085,54	896,77	5982,31	5982,31	215,36	6197,67	6197,67	163,14	6360,81
12	1711,65	195,39	1907,04	1907,04	148,27	2055,31	2055,31	448,22	2503,53	2503,53	693,77	3197,30	3197,30	3553,93	6751,23	6751,23	237,15	6988,39
10	1907,04	194,14	2101,19	2101,19	149,44	2250,63	2250,63	427,29	2677,92	2677,92	560,19	3238,11	3238,11	3576,36	6814,47	6814,47	237,15	7051,63
16	2101,19	241,56	2342,75	2342,75	183,71	2526,46	2526,46	4351,61	6878,06	6878,06	1811,75	8689,81	8689,81	367,49	9057,30	9057,30	362,58	9419,89
6	2342,75	456,66	2799,41	2799,41	2930,95	5730,36	5730,36	464,22	6194,58	6194,58	906,20	7100,78	7100,78	119,37	7220,15	7220,15	163,12	7383,27
15	2799,41	196,80	2996,21	2996,21	148,88	3145,09	3145,09	432,35	3577,43	3577,43	580,22	4157,65	4157,65	3788,21	7945,86	7945,86	237,15	8183,02
8	2996,21	240,74	3236,95	3236,95	180,60	3417,55	3417,55	4335,04	7752,58	7752,58	1794,38	9546,97	9546,97	1089,00	10635,97	10635,97	387,12	11023,09
14	3236,95	240,94	3477,88	3477,88	180,44	3658,32	3658,32	4347,38	8005,71	8005,71	1880,38	9886,09	9886,09	364,75	10250,84	10250,84	385,94	10636,78
9	3477,88	196,74	3674,63	3674,63	148,52	3823,14	3823,14	431,21	4254,36	4254,36	561,37	4815,73	4815,73	3809,12	8624,85	8624,85	237,15	8862,01
3	3674,63	197,82	3872,45	3872,45	149,32	4021,77	4021,77	430,24	4452,01	4452,01	584,11	5036,12	5036,12	3910,70	8946,82	8946,82	237,15	9183,97
2	3872,45	90,45	3962,90	3962,90	81,46	4044,36	4044,36	2282,55	6326,92	6326,92	1573,46	7900,37	7900,37	142,30	8042,67	8042,67	248,50	8291,17

RANDOM 12																		
Job	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion
2	0	90,45	90,45	90,45	81,46	171,91	171,91	2282,55	2454,47	2454,47	1573,46	4027,92	4027,92	142,30	4170,22	4170,22	248,50	4418,72
17	90,45	455,09	545,55	545,55	2911,42	3456,97	3456,97	462,47	3919,44	3919,44	896,77	4816,21	4816,21	215,36	5031,57	5031,57	163,14	5194,70
15	545,55	196,80	742,35	742,35	148,88	891,23	891,23	432,35	1323,57	1323,57	580,22	1903,79	1903,79	3788,21	5692,00	5692,00	237,15	5929,16
5	742,35	241,82	984,17	984,17	215,66	1199,83	1199,83	4335,04	5534,87	5534,87	1839,83	7374,69	7374,69	368,22	7742,91	7742,91	378,59	8121,51
10	984,17	194,14	1178,32	1178,32	149,44	1327,75	1327,75	427,29	1755,05	1755,05	560,19	2315,23	2315,23	3576,36	5891,60	5891,60	237,15	6128,75
11	1178,32	456,78	1635,09	1635,09	2905,23	4540,32	4540,32	463,52	5003,84	5003,84	895,51	5899,35	5899,35	134,61	6033,95	6033,95	163,34	6197,29
4	1635,09	90,20	1725,29	1725,29	81,43	1806,72	1806,72	2282,08	4088,80	4088,80	1573,88	5662,69	5662,69	142,55	5805,23	5805,23	248,02	6053,26
16	1725,29	241,56	1966,85	1966,85	183,71	2150,56	2150,56	4351,61	6502,17	6502,17	1811,75	8313,91	8313,91	367,49	8681,40	8681,40	362,58	9043,99
13	1966,85	196,97	2163,82	2163,82	149,88	2313,70	2313,70	428,50	2742,20	2742,20	574,35	3316,55	3316,55	4005,38	7321,93	7321,93	237,15	7559,09
14	2163,82	240,94	2404,76	2404,76	180,44	2585,20	2585,20	4347,38	6932,58	6932,58	1880,38	8812,97	8812,97	364,75	9177,72	9177,72	385,94	9563,66
7	2404,76	135,17	2539,93	2539,93	122,61	2662,55	2662,55	3424,42	6086,96	6086,96	2360,26	8447,22	8447,22	213,85	8661,07	8661,07	373,02	9034,09
6	2539,93	456,66	2996,59	2996,59	2930,95	5927,54	5927,54	464,22	6391,76	6391,76	906,20	7297,96	7297,96	119,37	7417,33	7417,33	163,12	7580,45
8	2996,59	240,74	3237,32	3237,32	180,60	3417,92	3417,92	4335,04	7752,96	7752,96	1794,38	9547,34	9547,34	1089,00	10636,35	10636,35	387,12	11023,47
9	3237,32	196,74	3434,07	3434,07	148,52	3582,59	3582,59	431,21	4013,80	4013,80	561,37	4575,17	4575,17	3809,12	8384,29	8384,29	237,15	8621,45
1	3434,07	135,62	3569,69	3569,69	121,96	3691,64	3691,64	3510,18	7201,82	7201,82	2360,75	9562,57	9562,57	213,38	9775,94	9775,94	372,92	10148,87
12	3569,69	195,39	3765,08	3765,08	148,27	3913,35	3913,35	448,22	4361,57	4361,57	693,77	5055,34	5055,34	3553,93	8609,27	8609,27	237,15	8846,42
3	3765,08	197,82	3962,90	3962,90	149,32	4112,22	4112,22	430,24	4542,46	4542,46	584,11	5126,57	5126,57	3910,70	9037,27	9037,27	237,15	9274,43
RANDOM 13																		
Job	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion
12	0	195,39	195,39	195,39	148,27	343,66	343,66	448,22	791,88	791,88	693,77	1485,65	1485,65	3553,93	5039,58	5039,58	237,15	5276,73
9	195,39	196,74	392,14	392,14	148,52	540,65	540,65	431,21	971,87	971,87	561,37	1533,24	1533,24	3809,12	5342,36	5342,36	237,15	5579,52
15	392,14	196,80	588,94	588,94	148,88	737,82	737,82	432,35	1170,16	1170,16	580,22	1750,38	1750,38	3788,21	5538,59	5538,59	237,15	5775,75
7	588,94	135,17	724,11	724,11	122,61	846,73	846,73	3424,42	4271,14	4271,14	2360,26	6631,41	6631,41	213,85	6845,25	6845,25	373,02	7218,28
1	724,11	135,62	859,73	859,73	121,96	981,69	981,69	3510,18	4491,87	4491,87	2360,75	6852,61	6852,61	213,38	7065,99	7065,99	372,92	7438,91
17	859,73	455,09	1314,82	1314,82	2911,42	4226,24	4226,24	462,47	4688,72	4688,72	896,77	5585,49	5585,49	215,36	5800,85	5800,85	163,14	5963,98
5	1314,82	241,82	1556,65	1556,65	215,66	1772,30	1772,30	4335,04	6107,34	6107,34	1839,83	7947,17	7947,17	368,22	8315,39	8315,39	378,59	8693,98
2	1556,65	90,45	1647,10	1647,10	81,46	1728,56	1728,56	2282,55	4011,11	4011,11	1573,46	5584,57	5584,57	142,30	5726,87	5726,87	248,50	5975,37
8	1647,10	240,74	1887,84	1887,84	180,60	2068,43	2068,43	4335,04	6403,47	6403,47	1794,38	8197,85	8197,85	1089,00	9286,86	9286,86	387,12	9673,98
14	1887,84	240,94	2128,77	2128,77	180,44	2309,21	2309,21	4347,38	6656,59	6656,59	1880,38	8536,98	8536,98	364,75	8901,73	8901,73	385,94	9287,67
10	2128,77	194,14	2322,92	2322,92	149,44	2472,35	2472,35	427,29	2899,65	2899,65	560,19	3459,83	3459,83	3576,36	7036,20	7036,20	237,15	7273,35
13	2322,92	196,97	2519,89	2519,89	149,88	2669,76	2669,76	428,50	3098,26	3098,26	574,35	3672,62	3672,62	4005,38	7678,00	7678,00	237,15	7915,15
11	2519,89	456,78	2976,66	2976,66	2905,23	5881,89	5881,89	463,52	6345,41	6345,41	895,51	7240,92	7240,92	134,61	7375,53	7375,53	163,34	7538,86
16	2976,66	241,56	3218,23	3218,23	183,71	3401,93	3401,93	4351,61	7753,54	7753,54	1811,75	9565,29	9565,29	367,49	9932,78	9932,78	362,58	10295,36
4	3218,23	90,20	3308,42	3308,42	81,43	3389,86	3389,86	2282,08	5671,94	5671,94	1573,88	7245,82	7245,82	142,55	7388,37	7388,37	248,02	7636,39
3	3308,42	197,82	3506,25	3506,25	149,32	3655,57	3655,57	430,24	4085,81	4085,81	584,11	4669,92	4669,92	3910,70	8580,62	8580,62	237,15	8817,77
6	3506,25	456,66	3962,90	3962,90	2930,95	6893,86	6893,86	464,22	7358,08	7358,08	906,20	8264,28	8264,28	119,37	8383,65	8383,65	163,12	8546,76

RANDOM 14																		
Job	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion
3	0	197,82	197,82	197,82	149,32	347,14	347,14	430,24	777,38	777,38	584,11	1361,49	1361,49	3910,70	5272,19	5272,19	237,15	5509,35
13	197,82	196,97	394,80	394,80	149,88	544,67	544,67	428,50	973,17	973,17	574,35	1547,52	1547,52	4005,38	5552,90	5552,90	237,15	5790,06
12	394,80	195,39	590,19	590,19	148,27	738,46	738,46	448,22	1186,68	1186,68	693,77	1880,45	1880,45	3553,93	5434,38	5434,38	237,15	5671,53
1	590,19	135,62	725,81	725,81	121,96	847,76	847,76	3510,18	4357,94	4357,94	2360,75	6718,69	6718,69	213,38	6932,07	6932,07	372,92	7304,99
8	725,81	240,74	966,54	966,54	180,60	1147,14	1147,14	4335,04	5482,18	5482,18	1794,38	7276,56	7276,56	1089,00	8365,57	8365,57	387,12	8752,69
9	966,54	196,74	1163,29	1163,29	148,52	1311,80	1311,80	431,21	1743,02	1743,02	561,37	2304,39	2304,39	3809,12	6113,51	6113,51	237,15	6350,67
10	1163,29	194,14	1357,43	1357,43	149,44	1506,87	1506,87	427,29	1934,16	1934,16	560,19	2494,35	2494,35	3576,36	6070,71	6070,71	237,15	6307,87
7	1357,43	135,17	1492,60	1492,60	122,61	1615,22	1615,22	3424,42	5039,63	5039,63	2360,26	7399,90	7399,90	213,85	7613,74	7613,74	373,02	7986,77
17	1492,60	455,09	1947,70	1947,70	2911,42	4859,12	4859,12	462,47	5321,59	5321,59	896,77	6218,36	6218,36	215,36	6433,72	6433,72	163,14	6596,86
16	1947,70	241,56	2189,26	2189,26	183,71	2372,97	2372,97	4351,61	6724,57	6724,57	1811,75	8536,32	8536,32	367,49	8903,81	8903,81	362,58	9266,40
14	2189,26	240,94	2430,20	2430,20	180,44	2610,63	2610,63	4347,38	6958,02	6958,02	1880,38	8838,40	8838,40	364,75	9203,16	9203,16	385,94	9589,09
5	2430,20	241,82	2672,02	2672,02	215,66	2887,67	2887,67	4335,04	7222,71	7222,71	1839,83	9062,54	9062,54	368,22	9430,76	9430,76	378,59	9809,35
6	2672,02	456,66	3128,67	3128,67	2930,95	6059,63	6059,63	464,22	6523,85	6523,85	906,20	7430,05	7430,05	119,37	7549,42	7549,42	163,12	7712,53
4	3128,67	90,20	3218,87	3218,87	81,43	3300,31	3300,31	2282,08	5582,39	5582,39	1573,88	7156,27	7156,27	142,55	7298,82	7298,82	248,02	7546,84
2	3218,87	90,45	3309,32	3309,32	81,46	3390,79	3390,79	2282,55	5673,34	5673,34	1573,46	7246,80	7246,80	142,30	7389,09	7389,09	248,50	7637,59
11	3309,32	456,78	3766,10	3766,10	2905,23	6671,32	6671,32	463,52	7134,85	7134,85	895,51	8030,36	8030,36	134,61	8164,96	8164,96	163,34	8328,30
15	3766,10	196,80	3962,90	3962,90	148,88	4111,78	4111,78	432,35	4544,12	4544,12	580,22	5124,34	5124,34	3788,21	8912,55	8912,55	237,15	9149,71

RANDOM 15																		
Job	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion
14	0	240,94	240,94	240,94	180,44	421,37	421,37	4347,38	4768,76	4768,76	1880,38	6649,14	6649,14	364,75	7013,90	7013,90	385,94	7399,83
6	240,94	456,66	697,59	697,59	2930,95	3628,54	3628,54	464,22	4092,77	4092,77	906,20	4998,97	4998,97	119,37	5118,34	5118,34	163,12	5281,45
5	697,59	241,82	939,41	939,41	215,66	1155,07	1155,07	4335,04	5490,11	5490,11	1839,83	7329,93	7329,93	368,22	7698,15	7698,15	378,59	8076,75
3	939,41	197,82	1137,24	1137,24	149,32	1286,56	1286,56	430,24	1716,79	1716,79	584,11	2300,90	2300,90	3910,70	6211,60	6211,60	237,15	6448,76
15	1137,24	196,80	1334,04	1334,04	148,88	1482,92	1482,92	432,35	1915,26	1915,26	580,22	2495,48	2495,48	3788,21	6283,69	6283,69	237,15	6520,85
4	1334,04	90,20	1424,24	1424,24	81,43	1505,67	1505,67	2282,08	3787,75	3787,75	1573,88	5361,64	5361,64	142,55	5504,18	5504,18	248,02	5752,20
2	1424,24	90,45	1514,69	1514,69	81,46	1596,15	1596,15	2282,55	3878,70	3878,70	1573,46	5452,16	5452,16	142,30	5594,46	5594,46	248,50	5842,96
7	1514,69	135,17	1649,86	1649,86	122,61	1772,48	1772,48	3424,42	5196,89	5196,89	2360,26	7557,16	7557,16	213,85	7771,00	7771,00	373,02	8144,02
17	1649,86	455,09	2104,96	2104,96	2911,42	5016,38	5016,38	462,47	5478,85	5478,85	896,77	6375,62	6375,62	215,36	6590,98	6590,98	163,14	6754,12
13	2104,96	196,97	2301,93	2301,93	149,88	2451,80	2451,80	428,50	2880,30	2880,30	574,35	3454,66	3454,66	4005,38	7460,04	7460,04	237,15	7697,19
10	2301,93	194,14	2496,07	2496,07	149,44	2645,51	2645,51	427,29	3072,80	3072,80	560,19	3632,99	3632,99	3576,36	7209,36	7209,36	237,15	7446,51
12	2496,07	195,39	2691,47	2691,47	148,27	2839,73	2839,73	448,22	3287,96	3287,96	693,77	3981,73	3981,73	3553,93	7535,65	7535,65	237,15	7772,81
11	2691,47	456,78	3148,24	3148,24	2905,23	6053,47	6053,47	463,52	6516,99	6516,99	895,51	7412,50	7412,50	134,61	7547,11	7547,11	163,34	7710,44
8	3148,24	240,74	3388,98	3388,98	180,60	3569,58	3569,58	4335,04	7904,62	7904,62	1794,38	9699,00	9699,00	1089,00	10788,00	10788,00	387,12	11175,12
1	3388,98	135,62	3524,60	3524,60	121,96	3646,55	3646,55	3510,18	7156,73	7156,73	2360,75	9517,48	9517,48	213,38	9730,86	9730,86	372,92	10103,78
16	3524,60	241,56	3766,16	3766,16	183,71	3949,87	3949,87	4351,61	8301,47	8301,47	1811,75	10113,22	10113,22	367,49	10480,71	10480,71	362,58	10843,29
9	3766,16	196,74	3962,90	3962,90	148,52	4111,42	4111,42	431,21	4542,63	4542,63	561,37	5104,00	5104,00	3809,12	8913,13	8913,13	237,15	9150,28

RANDOM 16																		
	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion
6	0	456,66	456,66	456,66	2930,95	3387,61	3387,61	464,22	3851,83	3851,83	906,20	4758,03	4758,03	119,37	4877,40	4877,40	163,12	5040,52
10	456,66	194,14	650,80	650,80	149,44	800,24	800,24	427,29	1227,53	1227,53	560,19	1787,72	1787,72	3576,36	5364,08	5364,08	237,15	5601,24
17	650,80	455,09	1105,89	1105,89	2911,42	4017,31	4017,31	462,47	4479,79	4479,79	896,77	5376,56	5376,56	215,36	5591,92	5591,92	163,14	5755,05
3	1105,89	197,82	1303,72	1303,72	149,32	1453,04	1453,04	430,24	1883,28	1883,28	584,11	2467,39	2467,39	3910,70	6378,09	6378,09	237,15	6615,24
5	1303,72	241,82	1545,54	1545,54	215,66	1761,20	1761,20	4335,04	6096,23	6096,23	1839,83	7936,06	7936,06	368,22	8304,28	8304,28	378,59	8682,87
14	1545,54	240,94	1786,48	1786,48	180,44	1966,91	1966,91	4347,38	6314,30	6314,30	1880,38	8194,68	8194,68	364,75	8559,44	8559,44	385,94	8945,37
16	1786,48	241,56	2028,04	2028,04	183,71	2211,74	2211,74	4351,61	6563,35	6563,35	1811,75	8375,10	8375,10	367,49	8742,59	8742,59	362,58	9105,17
11	2028,04	456,78	2484,81	2484,81	2905,23	5390,04	5390,04	463,52	5853,56	5853,56	895,51	6749,07	6749,07	134,61	6883,67	6883,67	163,34	7047,01
7	2484,81	135,17	2619,98	2619,98	122,61	2742,60	2742,60	3424,42	6167,01	6167,01	2360,26	8527,28	8527,28	213,85	8741,12	8741,12	373,02	9114,15
13	2619,98	196,97	2816,96	2816,96	149,88	2966,83	2966,83	428,50	3395,33	3395,33	574,35	3969,68	3969,68	4005,38	7975,06	7975,06	237,15	8212,22
1	2816,96	135,62	2952,57	2952,57	121,96	3074,53	3074,53	3510,18	6584,71	6584,71	2360,75	8945,45	8945,45	213,38	9158,83	9158,83	372,92	9531,76
4	2952,57	90,20	3042,77	3042,77	81,43	3124,21	3124,21	2282,08	5406,29	5406,29	1573,88	6980,17	6980,17	142,55	7122,72	7122,72	248,02	7370,74
9	3042,77	196,74	3239,52	3239,52	148,52	3388,03	3388,03	431,21	3819,25	3819,25	561,37	4380,62	4380,62	3809,12	8189,74	8189,74	237,15	8426,90
15	3239,52	196,80	3436,32	3436,32	148,88	3585,20	3585,20	432,35	4017,54	4017,54	580,22	4597,76	4597,76	3788,21	8385,97	8385,97	237,15	8623,13
8	3436,32	240,74	3677,06	3677,06	180,60	3857,65	3857,65	4335,04	8192,69	8192,69	1794,38	9987,07	9987,07	1089,00	11076,08	11076,08	387,12	11463,20
12	3677,06	195,39	3872,45	3872,45	148,27	4020,72	4020,72	448,22	4468,94	4468,94	693,77	5162,71	5162,71	3553,93	8716,64	8716,64	237,15	8953,79
2	3872,45	90,45	3962,90	3962,90	81,46	4044,36	4044,36	2282,55	6326,92	6326,92	1573,46	7900,37	7900,37	142,30	8042,67	8042,67	248,50	8291,17

RANDOM 17																		
	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion
17	0	455,09	455,09	455,09	2911,42	3366,51	3366,51	462,47	3828,99	3828,99	896,77	4725,76	4725,76	215,36	4941,12	4941,12	163,14	5104,25
16	455,09	241,56	696,66	696,66	183,71	880,36	880,36	4351,61	5231,97	5231,97	1811,75	7043,72	7043,72	367,49	7411,21	7411,21	362,58	7773,79
11	696,66	456,78	1153,43	1153,43	2905,23	4058,66	4058,66	463,52	4522,18	4522,18	895,51	5417,69	5417,69	134,61	5552,29	5552,29	163,34	5715,63
3	1153,43	197,82	1351,25	1351,25	149,32	1500,57	1500,57	430,24	1930,81	1930,81	584,11	2514,92	2514,92	3910,70	6425,62	6425,62	237,15	6662,78
2	1351,25	90,45	1441,71	1441,71	81,46	1523,17	1523,17	2282,55	3805,72	3805,72	1573,46	5379,18	5379,18	142,30	5521,48	5521,48	248,50	5769,98
9	1441,71	196,74	1638,45	1638,45	148,52	1786,97	1786,97	431,21	2218,18	2218,18	561,37	2779,55	2779,55	3809,12	6588,68	6588,68	237,15	6825,83
5	1638,45	241,82	1880,27	1880,27	215,66	2095,93	2095,93	4335,04	6430,97	6430,97	1839,83	8270,79	8270,79	368,22	8639,01	8639,01	378,59	9017,61
8	1880,27	240,74	2121,01	2121,01	180,60	2301,61	2301,61	4335,04	6636,65	6636,65	1794,38	8431,03	8431,03	1089,00	9520,03	9520,03	387,12	9907,15
15	2121,01	196,80	2317,81	2317,81	148,88	2466,69	2466,69	432,35	2899,03	2899,03	580,22	3479,25	3479,25	3788,21	7267,46	7267,46	237,15	7504,62
1	2317,81	135,62	2453,43	2453,43	121,96	2575,39	2575,39	3510,18	6085,57	6085,57	2360,75	8446,31	8446,31	213,38	8659,69	8659,69	372,92	9032,61
6	2453,43	456,66	2910,08	2910,08	2930,95	5841,04	5841,04	464,22	6305,26	6305,26	906,20	7211,46	7211,46	119,37	7330,83	7330,83	163,12	7493,95
14	2910,08	240,94	3151,02	3151,02	180,44	3331,46	3331,46	4347,38	7678,84	7678,84	1880,38	9559,23	9559,23	364,75	9923,98	9923,98	385,94	10309,92
10	3151,02	194,14	3345,17	3345,17	149,44	3494,60	3494,60	427,29	3921,89	3921,89	560,19	4482,08	4482,08	3576,36	8058,45	8058,45	237,15	8295,60
7	3345,17	135,17	3480,34	3480,34	122,61	3602,95	3602,95	3424,42	7027,37	7027,37	2360,26	9387,63	9387,63	213,85	9601,48	9601,48	373,02	9974,50
12	3480,34	195,39	3675,73	3675,73	148,27	3824,00	3824,00	448,22	4272,22	4272,22	693,77	4965,99	4965,99	3553,93	8519,92	8519,92	237,15	8757,07
13	3675,73	196,97	3872,70	3872,70	149,88	4022,58	4022,58	428,50	4451,08	4451,08	574,35	5025,43	5025,43	4005,38	9030,81	9030,81	237,15	9267,97
4	3872,70	90,20	3962,90	3962,90	81,43	4044,34	4044,34	2282,08	6326,42	6326,42	1573,88	7900,30	7900,30	142,55	8042,85	8042,85	248,02	8290,87

RANDOM 18																		
	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion
3	0	197,82	197,82	197,82	149,32	347,14	347,14	430,24	777,38	777,38	584,11	1361,49	1361,49	3910,70	5272,19	5272,19	237,15	5509,35
9	197,82	196,74	394,57	394,57	148,52	543,08	543,08	431,21	974,30	974,30	561,37	1535,67	1535,67	3809,12	5344,79	5344,79	237,15	5581,95
12	394,57	195,39	589,96	589,96	148,27	738,23	738,23	448,22	1186,45	1186,45	693,77	1880,22	1880,22	3553,93	5434,15	5434,15	237,15	5671,30
7	589,96	135,17	725,13	725,13	122,61	847,75	847,75	3424,42	4272,16	4272,16	2360,26	6632,43	6632,43	213,85	6846,27	6846,27	373,02	7219,30
17	725,13	455,09	1180,23	1180,23	2911,42	4091,65	4091,65	462,47	4554,12	4554,12	896,77	5450,89	5450,89	215,36	5666,25	5666,25	163,14	5829,39
13	1180,23	196,97	1377,20	1377,20	149,88	1527,07	1527,07	428,50	1955,57	1955,57	574,35	2529,93	2529,93	4005,38	6535,31	6535,31	237,15	6772,46
16	1377,20	241,56	1618,76	1618,76	183,71	1802,47	1802,47	4351,61	6154,07	6154,07	1811,75	7965,82	7965,82	367,49	8333,31	8333,31	362,58	8695,90
1	1618,76	135,62	1754,38	1754,38	121,96	1876,33	1876,33	3510,18	5386,51	5386,51	2360,75	7747,26	7747,26	213,38	7960,64	7960,64	372,92	8333,56
4	1754,38	90,20	1844,58	1844,58	81,43	1926,01	1926,01	2282,08	4208,09	4208,09	1573,88	5781,97	5781,97	142,55	5924,52	5924,52	248,02	6172,54
2	1844,58	90,45	1935,03	1935,03	81,46	2016,49	2016,49	2282,55	4299,04	4299,04	1573,46	5872,50	5872,50	142,30	6014,80	6014,80	248,50	6263,30
11	1935,03	456,78	2391,80	2391,80	2905,23	5297,03	5297,03	463,52	5760,55	5760,55	895,51	6656,06	6656,06	134,61	6790,67	6790,67	163,34	6954,00
6	2391,80	456,66	2848,46	2848,46	2930,95	5779,41	5779,41	464,22	6243,63	6243,63	906,20	7149,83	7149,83	119,37	7269,20	7269,20	163,12	7432,32
15	2848,46	196,80	3045,26	3045,26	148,88	3194,14	3194,14	432,35	3626,48	3626,48	580,22	4206,70	4206,70	3788,21	7994,91	7994,91	237,15	8232,07
14	3045,26	240,94	3286,20	3286,20	180,44	3466,64	3466,64	4347,38	7814,02	7814,02	1880,38	9694,40	9694,40	364,75	10059,16	10059,16	385,94	10445,10
10	3286,20	194,14	3480,34	3480,34	149,44	3629,78	3629,78	427,29	4057,07	4057,07	560,19	4617,26	4617,26	3576,36	8193,63	8193,63	237,15	8430,78
8	3480,34	240,74	3721,08	3721,08	180,60	3901,68	3901,68	4335,04	8236,72	8236,72	1794,38	10031,10	10031,10	1089,00	11120,10	11120,10	387,12	11507,22
5	3721,08	241,82	3962,90	3962,90	215,66	4178,56	4178,56	4335,04	8513,60	8513,60	1839,83	10353,42	10353,42	368,22	10721,64	10721,64	378,59	11100,24
RANDOM 19																		
	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion
7	0	135,17	135,17	135,17	122,61	257,79	257,79	3424,42	3682,20	3682,20	2360,26	6042,46	6042,46	213,85	6256,31	6256,31	373,02	6629,33
9	135,17	196,74	331,92	331,92	148,52	480,43	480,43	431,21	911,65	911,65	561,37	1473,02	1473,02	3809,12	5282,14	5282,14	237,15	5519,30
3	331,92	197,82	529,74	529,74	149,32	679,06	679,06	430,24	1109,30	1109,30	584,11	1693,41	1693,41	3910,70	5604,11	5604,11	237,15	5841,26
10	529,74	194,14	723,88	723,88	149,44	873,32	873,32	427,29	1300,61	1300,61	560,19	1860,80	1860,80	3576,36	5437,17	5437,17	237,15	5674,32
12	723,88	195,39	919,28	919,28	148,27	1067,54	1067,54	448,22	1515,77	1515,77	693,77	2209,54	2209,54	3553,93	5763,47	5763,47	237,15	6000,62
13	919,28	196,97	1116,25	1116,25	149,88	1266,13	1266,13	428,50	1694,62	1694,62	574,35	2268,98	2268,98	4005,38	6274,36	6274,36	237,15	6511,51
17	1116,25	455,09	1571,34	1571,34	2911,42	4482,76	4482,76	462,47	4945,24	4945,24	896,77	5842,01	5842,01	215,36	6057,37	6057,37	163,14	6220,50
11	1571,34	456,78	2028,12	2028,12	2905,23	4933,35	4933,35	463,52	5396,87	5396,87	895,51	6292,38	6292,38	134,61	6426,98	6426,98	163,34	6590,32
5	2028,12	241,82	2269,94	2269,94	215,66	2485,60	2485,60	4335,04	6820,64	6820,64	1839,83	8660,46	8660,46	368,22	9028,68	9028,68	378,59	9407,28
2	2269,94	90,45	2360,39	2360,39	81,46	2441,86	2441,86	2282,55	4724,41	4724,41	1573,46	6297,86	6297,86	142,30	6440,16	6440,16	248,50	6688,66
6	2360,39	456,66	2817,05	2817,05	2930,95	5748,00	5748,00	464,22	6212,22	6212,22	906,20	7118,42	7118,42	119,37	7237,79	7237,79	163,12	7400,91
8	2817,05	240,74	3057,79	3057,79	180,60	3238,38	3238,38	4335,04	7573,42	7573,42	1794,38	9367,80	9367,80	1089,00	10456,81	10456,81	387,12	10843,93
15	3057,79	196,80	3254,59	3254,59	148,88	3403,47	3403,47	432,35	3835,81	3835,81	580,22	4416,03	4416,03	3788,21	8204,24	8204,24	237,15	8441,40
1	3254,59	135,62	3390,21	3390,21	121,96	3512,16	3512,16	3510,18	7022,34	7022,34	2360,75	9383,09	9383,09	213,38	9596,47	9596,47	372,92	9969,39
4	3390,21	90,20	3480,41	3480,41	81,43	3561,84	3561,84	2282,08	5843,92	5843,92	1573,88	7417,80	7417,80	142,55	7560,35	7560,35	248,02	7808,37
16	3480,41	241,56	3721,97	3721,97	183,71	3905,67	3905,67	4351,61	8257,28	8257,28	1811,75	10069,03	10069,03	367,49	10436,52	10436,52	362,58	10799,10
14	3721,97	240,94	3962,90	3962,90	180,44	4143,34	4143,34	4347,38	8490,73	8490,73	1880,38	10371,11	10371,11	364,75	10735,86	10735,86	385,94	11121,80

RANDOM 20																		
	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion
13	0	196,97	196,97	196,97	149,88	346,85	346,85	428,50	775,35	775,35	574,35	1349,70	1349,70	4005,38	5355,08	5355,08	237,15	5592,23
16	196,97	241,56	438,53	438,53	183,71	622,24	622,24	4351,61	4973,85	4973,85	1811,75	6785,59	6785,59	367,49	7153,09	7153,09	362,58	7515,67
10	438,53	194,14	632,68	632,68	149,44	782,11	782,11	427,29	1209,41	1209,41	560,19	1769,60	1769,60	3576,36	5345,96	5345,96	237,15	5583,12
4	632,68	90,20	722,88	722,88	81,43	804,31	804,31	2282,08	3086,39	3086,39	1573,88	4660,27	4660,27	142,55	4802,82	4802,82	248,02	5050,84
15	722,88	196,80	919,68	919,68	148,88	1068,56	1068,56	432,35	1500,90	1500,90	580,22	2081,12	2081,12	3788,21	5869,33	5869,33	237,15	6106,49
14	919,68	240,94	1160,62	1160,62	180,44	1341,06	1341,06	4347,38	5688,44	5688,44	1880,38	7568,82	7568,82	364,75	7933,58	7933,58	385,94	8319,51
1	1160,62	135,62	1296,23	1296,23	121,96	1418,19	1418,19	3510,18	4928,37	4928,37	2360,75	7289,12	7289,12	213,38	7502,49	7502,49	372,92	7875,42
2	1296,23	90,45	1386,69	1386,69	81,46	1468,15	1468,15	2282,55	3750,70	3750,70	1573,46	5324,16	5324,16	142,30	5466,46	5466,46	248,50	5714,96
11	1386,69	456,78	1843,46	1843,46	2905,23	4748,69	4748,69	463,52	5212,21	5212,21	895,51	6107,72	6107,72	134,61	6242,32	6242,32	163,34	6405,66
12	1843,46	195,39	2038,85	2038,85	148,27	2187,12	2187,12	448,22	2635,34	2635,34	693,77	3329,11	3329,11	3553,93	6883,04	6883,04	237,15	7120,20
17	2038,85	455,09	2493,95	2493,95	2911,42	5405,37	5405,37	462,47	5867,84	5867,84	896,77	6764,61	6764,61	215,36	6979,97	6979,97	163,14	7143,11
5	2493,95	241,82	2735,77	2735,77	215,66	2951,43	2951,43	4335,04	7286,46	7286,46	1839,83	9126,29	9126,29	368,22	9494,51	9494,51	378,59	9873,11
9	2735,77	196,74	2932,51	2932,51	148,52	3081,03	3081,03	431,21	3512,25	3512,25	561,37	4073,62	4073,62	3809,12	7882,74	7882,74	237,15	8119,89
6	2932,51	456,66	3389,17	3389,17	2930,95	6320,12	6320,12	464,22	6784,34	6784,34	906,20	7690,54	7690,54	119,37	7809,91	7809,91	163,12	7973,03
8	3389,17	240,74	3629,91	3629,91	180,60	3810,51	3810,51	4335,04	8145,54	8145,54	1794,38	9939,93	9939,93	1089,00	11028,93	11028,93	387,12	11416,05
3	3629,91	197,82	3827,73	3827,73	149,32	3977,05	3977,05	430,24	4407,29	4407,29	584,11	4991,40	4991,40	3910,70	8902,10	8902,10	237,15	9139,25
7	3827,73	135,17	3962,90	3962,90	122,61	4085,52	4085,52	3424,42	7509,93	7509,93	2360,26	9870,20	9870,20	213,85	10084,04	10084,04	373,02	10457,06

Lampiran 3. Rekapitulasi Seleksi Individu 1-20

Parent	Seleksi Individu																
J1 = J12	2	17	15	5	10	11	4	16	13	14	7	6	8	9	1	12	3
J2 = J14	3	13	12	1	8	9	10	7	17	16	14	5	6	4	2	11	15
J3 = J19	7	9	3	10	12	13	17	11	5	2	6	8	15	1	4	16	14
J4 = J16	6	10	17	3	5	14	16	11	7	13	1	4	9	15	8	12	2
J5 = J4	6	5	7	2	10	4	14	15	1	8	17	9	12	13	11	3	16
J6 = J6	12	11	1	17	8	4	2	6	15	13	3	16	14	10	7	5	9
J7 = J3	14	17	4	12	7	2	9	8	5	1	15	11	10	6	16	13	3
J8 = J9	3	13	10	8	15	17	12	9	11	14	6	16	1	4	7	2	5
J9 = J10	4	2	9	10	11	7	13	14	17	15	5	12	6	16	1	3	8
J10 = J6	12	11	1	17	8	4	2	6	15	13	3	16	14	10	7	5	9
J11 = J6	12	11	1	17	8	4	2	6	15	13	3	16	14	10	7	5	9
J12 = J11	5	7	4	1	13	11	17	12	10	16	6	15	8	14	9	3	2
J13 = J2	14	16	17	10	7	12	6	4	1	8	11	15	2	9	5	3	13
J14 = J20	13	16	10	4	15	14	1	2	11	12	17	5	9	6	8	3	7
J15 = J13	12	9	15	7	1	17	5	2	8	14	10	13	11	16	4	3	6
J16 = J9	3	13	10	8	15	17	12	9	11	14	6	16	1	4	7	2	5
J17 = J14	3	13	12	1	8	9	10	7	17	16	14	5	6	4	2	11	15
J18 = J14	3	13	12	1	8	9	10	7	17	16	14	5	6	4	2	11	15
J19 = J12	2	17	15	5	10	11	4	16	13	14	7	6	8	9	1	12	3
J20 = J9	3	13	10	8	15	17	12	9	11	14	6	16	1	4	7	2	5

Lampiran 4. Proses Crossover

Parent	2	1	2	2	2	1	1	1	2	1	1	2	2	2	2	1	2	Makespan	Fitness
P1 = J14	3	13	12	1	8	9	10	7	17	16	14	5	6	4	2	11	15		
C1	6	3	7	2	10	8	17	14	1	5	4	9	12	13	11	15	16	11040,04	38959,96
C2	6	13	5	2	4	9	10	7	15	16	14	1	8	17	12	11	3	9274,43	40725,57
P2 = J4	6	5	7	2	10	4	14	15	1	8	17	9	12	13	11	3	16		

Parent	2	1	2	2	2	1	1	1	2	1	1	2	2	2	2	1	2	Makespan	Fitness
P3 = J2	9	14	7	5	6	17	16	1	12	8	13	11	3	2	10	15	4		
C3	14	9	4	12	7	17	1	8	5	13	2	11	10	6	16	15	3	9274,43	40725,57
C4	4	14	12	7	2	17	16	1	9	8	13	5	11	10	6	15	3	9274,43	40725,57
P4 = J12	14	17	4	12	7	2	9	8	5	1	15	11	10	6	16	13	3		

Lampiran 5. Proses Mutasi

J4 = J16	6	10	17	3	5	14	16	11	7	13	1	4	9	15	8	12	2	Makespan	Fitness
mutasi =8;2	DIMUTASI																		
	6	11	17	3	5	14	16	10	7	13	1	4	9	15	8	12	2	8291,173	41708,827

J13 = J2	14	16	17	10	7	12	6	4	1	8	11	15	2	9	5	3	13	Makespan	Fitness
mutasi =8;2	DIMUTASI																		
	14	4	17	10	7	12	6	16	1	8	11	15	2	9	5	3	13	9358,165	40641,835

Lampiran 6. Perhitungan *Makespan* Individu Anak Hasil *Crossover*

Child.1																			
	M1			M2			M3			M4			M5			M6			
Job	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	
6	0	456,66	456,66	456,66	2930,95	3387,61	3387,61	464,22	3851,83	3851,83	906,20	4758,03	4758,03	119,37	4877,40	4877,40	163,12	5040,52	
3	456,66	197,82	654,48	654,48	149,32	803,80	803,80	430,24	1234,04	1234,04	584,11	1818,15	1818,15	3910,70	5728,85	5728,85	237,15	5966,00	
7	654,48	135,17	789,65	789,65	122,61	912,26	912,26	3424,42	4336,68	4336,68	2360,26	6696,94	6696,94	213,85	6910,79	6910,79	373,02	7283,81	
2	789,65	90,45	880,10	880,10	81,46	961,57	961,57	2282,55	3244,12	3244,12	1573,46	4817,57	4817,57	142,30	4959,87	4959,87	248,50	5208,37	
10	880,10	194,14	1074,25	1074,25	149,44	1223,68	1223,68	427,29	1650,98	1650,98	560,19	2211,17	2211,17	3576,36	5787,53	5787,53	237,15	6024,68	
8	1074,25	240,74	1314,99	1314,99	180,60	1495,58	1495,58	4335,04	5830,62	5830,62	1794,38	7625,00	7625,00	1089,00	8714,01	8714,01	387,12	9101,13	
17	1314,99	455,09	1770,08	1770,08	2911,42	4681,50	4681,50	462,47	5143,97	5143,97	896,77	6040,74	6040,74	215,36	6256,10	6256,10	163,14	6419,24	
14	1770,08	240,94	2011,02	2011,02	180,44	2191,45	2191,45	4347,38	6538,84	6538,84	1880,38	8419,22	8419,22	364,75	8783,98	8783,98	385,94	9169,91	
1	2011,02	135,62	2146,63	2146,63	121,96	2268,59	2268,59	3510,18	5778,77	5778,77	2360,75	8139,51	8139,51	213,38	8352,89	8352,89	372,92	8725,82	
5	2146,63	241,82	2388,45	2388,45	215,66	2604,11	2604,11	4335,04	6939,15	6939,15	1839,83	8778,97	8778,97	368,22	9147,19	9147,19	378,59	9525,79	
4	2388,45	90,20	2478,65	2478,65	81,43	2560,09	2560,09	2282,08	4842,17	4842,17	1573,88	6416,05	6416,05	142,55	6558,60	6558,60	248,02	6806,62	
9	2478,65	196,74	2675,40	2675,40	148,52	2823,91	2823,91	431,21	3255,13	3255,13	561,37	3816,50	3816,50	3809,12	7625,62	7625,62	237,15	7862,78	
12	2675,40	195,39	2870,79	2870,79	148,27	3019,06	3019,06	448,22	3467,28	3467,28	693,77	4161,05	4161,05	3553,93	7714,98	7714,98	237,15	7952,13	
13	2870,79	196,97	3067,76	3067,76	149,88	3217,64	3217,64	428,50	3646,14	3646,14	574,35	4220,49	4220,49	4005,38	8225,87	8225,87	237,15	8463,02	
11	3067,76	456,78	3524,54	3524,54	2905,23	6429,76	6429,76	463,52	6893,28	6893,28	895,51	7788,79	7788,79	134,61	7923,40	7923,40	163,34	8086,74	
15	3524,54	196,80	3721,34	3721,34	148,88	3870,22	3870,22	432,35	4302,56	4302,56	580,22	4882,78	4882,78	3788,21	8670,99	8670,99	237,15	8908,15	
16	3721,34	241,56	3962,90	3962,90	183,71	4146,61	4146,61	4351,61	8498,22	8498,22	1811,75	10309,96	10309,96	367,49	10677,46	10677,46	362,58	11040,04	

Child.2																			
	M1			M2			M3			M4			M5			M6			
	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	
6	0	456,66	456,66	456,66	2930,95	3387,61	3387,61	464,22	3851,83	3851,83	906,20	4758,03	4758,03	119,37	4877,40	4877,40	163,12	5040,52	
13	456,66	196,97	653,63	653,63	149,88	803,50	803,50	428,50	1232,00	1232,00	574,35	1806,35	1806,35	4005,38	5811,74	5811,74	237,15	6048,89	
5	653,63	241,82	895,45	895,45	215,66	1111,10	1111,10	4335,04	5446,14	5446,14	1839,83	7285,97	7285,97	368,22	7654,19	7654,19	378,59	8032,78	
2	895,45	90,45	985,90	985,90	81,46	1067,36	1067,36	2282,55	3349,91	3349,91	1573,46	4923,37	4923,37	142,30	5065,67	5065,67	248,50	5314,17	
4	985,90	90,20	1076,10	1076,10	81,43	1157,53	1157,53	2282,08	3439,61	3439,61	1573,88	5013,50	5013,50	142,55	5156,04	5156,04	248,02	5404,07	
9	1076,10	196,74	1272,84	1272,84	148,52	1421,36	1421,36	431,21	1852,58	1852,58	561,37	2413,94	2413,94	3809,12	6223,07	6223,07	237,15	6460,22	
10	1272,84	194,14	1466,99	1466,99	149,44	1616,42	1616,42	427,29	2043,72	2043,72	560,19	2603,91	2603,91	3576,36	6180,27	6180,27	237,15	6417,43	
7	1466,99	135,17	1602,16	1602,16	122,61	1724,77	1724,77	3424,42	5149,19	5149,19	2360,26	7509,45	7509,45	213,85	7723,30	7723,30	373,02	8096,32	
15	1602,16	196,80	1798,96	1798,96	148,88	1947,84	1947,84	432,35	2380,19	2380,19	580,22	2960,40	2960,40	3788,21	6748,62	6748,62	237,15	6985,77	
16	1798,96	241,56	2040,53	2040,53	183,71	2224,23	2224,23	4351,61	6575,84	6575,84	1811,75	8387,59	8387,59	367,49	8755,08	8755,08	362,58	9117,66	
14	2040,53	240,94	2281,46	2281,46	180,44	2461,90	2461,90	4347,38	6809,29	6809,29	1880,38	8689,67	8689,67	364,75	9054,42	9054,42	385,94	9440,36	
1	2281,46	135,62	2417,08	2417,08	121,96	2539,04	2539,04	3510,18	6049,22	6049,22	2360,75	8409,96	8409,96	213,38	8623,34	8623,34	372,92	8996,26	
8	2417,08	240,74	2657,82	2657,82	180,60	2838,41	2838,41	4335,04	7173,45	7173,45	1794,38	8967,83	8967,83	1089,00	10056,84	10056,84	387,12	10443,96	
17	2657,82	455,09	3112,91	3112,91	2911,42	6024,33	6024,33	462,47	6486,80	6486,80	896,77	7383,57	7383,57	215,36	7598,93	7598,93	163,14	7762,07	
12	3112,91	195,39	3308,30	3308,30	148,27	3456,57	3456,57	448,22	3904,79	3904,79	693,77	4598,56	4598,56	3553,93	8152,49	8152,49	237,15	8389,65	
11	3308,30	456,78	3765,08	3765,08	2905,23	6670,31	6670,31	463,52	7133,83	7133,83	895,51	8029,34	8029,34	134,61	8163,94	8163,94	163,34	8327,28	
3	3765,08	197,82	3962,90	3962,90	149,32	4112,22	4112,22	430,24	4542,46	4542,46	584,11	5126,57	5126,57	3910,70	9037,27	9037,27	237,15	9274,43	

Child.3																		
	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion
14	0	240,94	240,94	240,94	180,44	421,37	421,37	4347,38	4768,76	4768,76	1880,38	6649,14	6649,14	364,75	7013,90	7013,90	385,94	7399,83
9	240,94	196,74	437,68	437,68	148,52	586,20	586,20	431,21	1017,41	1017,41	561,37	1578,78	1578,78	3809,12	5387,91	5387,91	237,15	5625,06
4	437,68	90,20	527,88	527,88	81,43	609,31	609,31	2282,08	2891,39	2891,39	1573,88	4465,28	4465,28	142,55	4607,82	4607,82	248,02	4855,84
12	527,88	195,39	723,27	723,27	148,27	871,54	871,54	448,22	1319,76	1319,76	693,77	2013,53	2013,53	3553,93	5567,46	5567,46	237,15	5804,61
7	723,27	135,17	858,44	858,44	122,61	981,06	981,06	3424,42	4405,47	4405,47	2360,26	6765,74	6765,74	213,85	6979,58	6979,58	373,02	7352,61
17	858,44	455,09	1313,54	1313,54	2911,42	4224,96	4224,96	462,47	4687,43	4687,43	896,77	5584,20	5584,20	215,36	5799,56	5799,56	163,14	5962,70
1	1313,54	135,62	1449,16	1449,16	121,96	1571,11	1571,11	3510,18	5081,29	5081,29	2360,75	7442,04	7442,04	213,38	7655,42	7655,42	372,92	8028,34
8	1449,16	240,74	1689,89	1689,89	180,60	1870,49	1870,49	4335,04	6205,53	6205,53	1794,38	7999,91	7999,91	1089,00	9088,92	9088,92	387,12	9476,04
5	1689,89	241,82	1931,71	1931,71	215,66	2147,37	2147,37	4335,04	6482,41	6482,41	1839,83	8322,23	8322,23	368,22	8690,45	8690,45	378,59	9069,05
13	1931,71	196,97	2128,69	2128,69	149,88	2278,56	2278,56	428,50	2707,06	2707,06	574,35	3281,41	3281,41	4005,38	7286,79	7286,79	237,15	7523,95
2	2128,69	90,45	2219,14	2219,14	81,46	2300,60	2300,60	2282,55	4583,15	4583,15	1573,46	6156,61	6156,61	142,30	6298,91	6298,91	248,50	6547,41
11	2219,14	456,78	2675,91	2675,91	2905,23	5581,14	5581,14	463,52	6044,66	6044,66	895,51	6940,17	6940,17	134,61	7074,78	7074,78	163,34	7238,11
10	2675,91	194,14	2870,06	2870,06	149,44	3019,49	3019,49	427,29	3446,79	3446,79	560,19	4006,98	4006,98	3576,36	7583,34	7583,34	237,15	7820,50
6	2870,06	456,66	3326,71	3326,71	2930,95	6257,67	6257,67	464,22	6721,89	6721,89	906,20	7628,09	7628,09	119,37	7747,46	7747,46	163,12	7910,58
16	3326,71	241,56	3568,28	3568,28	183,71	3751,98	3751,98	4351,61	8103,59	8103,59	1811,75	9915,34	9915,34	367,49	10282,83	10282,83	362,58	10645,41
15	3568,28	196,80	3765,08	3765,08	148,88	3913,96	3913,96	432,35	4346,30	4346,30	580,22	4926,52	4926,52	3788,21	8714,73	8714,73	237,15	8951,89
3	3765,08	197,82	3962,90	3962,90	149,32	4112,22	4112,22	430,24	4542,46	4542,46	584,11	5126,57	5126,57	3910,70	9037,27	9037,27	237,15	9274,43
Child.4																		
	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion
4	0	90,20	90,20	90,20	81,43	171,63	171,63	2282,08	2453,71	2453,71	1573,88	4027,60	4027,60	142,55	4170,14	4170,14	248,02	4418,16
14	90,20	240,94	331,13	331,13	180,44	511,57	511,57	4347,38	4858,96	4858,96	1880,38	6739,34	6739,34	364,75	7104,09	7104,09	385,94	7490,03
12	331,13	195,39	526,53	526,53	148,27	674,79	674,79	448,22	1123,02	1123,02	693,77	1816,79	1816,79	3553,93	5370,72	5370,72	237,15	5607,87
7	526,53	135,17	661,70	661,70	122,61	784,31	784,31	3424,42	4208,73	4208,73	2360,26	6568,99	6568,99	213,85	6782,84	6782,84	373,02	7155,86
2	661,70	90,45	752,15	752,15	81,46	833,62	833,62	2282,55	3116,17	3116,17	1573,46	4689,62	4689,62	142,30	4831,92	4831,92	248,50	5080,42
17	752,15	455,09	1207,25	1207,25	2911,42	4118,67	4118,67	462,47	4581,14	4581,14	896,77	5477,91	5477,91	215,36	5693,27	5693,27	163,14	5856,41
16	1207,25	241,56	1448,81	1448,81	183,71	1632,52	1632,52	4351,61	5984,12	5984,12	1811,75	7795,87	7795,87	367,49	8163,36	8163,36	362,58	8525,94
1	1448,81	135,62	1584,43	1584,43	121,96	1706,38	1706,38	3510,18	5216,56	5216,56	2360,75	7577,31	7577,31	213,38	7790,68	7790,68	372,92	8163,61
9	1584,43	196,74	1781,17	1781,17	148,52	1929,69	1929,69	431,21	2360,90	2360,90	561,37	2922,27	2922,27	3809,12	6731,40	6731,40	237,15	6968,55
8	1781,17	240,74	2021,91	2021,91	180,60	2202,51	2202,51	4335,04	6537,54	6537,54	1794,38	8331,92	8331,92	1089,00	9420,93	9420,93	387,12	9808,05
13	2021,91	196,97	2218,88	2218,88	149,88	2368,75	2368,75	428,50	2797,25	2797,25	574,35	3371,61	3371,61	4005,38	7376,99	7376,99	237,15	7614,14
5	2218,88	241,82	2460,70	2460,70	215,66	2676,36	2676,36	4335,04	7011,39	7011,39	1839,83	8851,22	8851,22	368,22	9219,44	9219,44	378,59	9598,03
11	2460,70	456,78	2917,48	2917,48	2905,23	5822,70	5822,70	463,52	6286,22	6286,22	895,51	7181,73	7181,73	134,61	7316,34	7316,34	163,34	7479,68
10	2917,48	194,14	3111,62	3111,62	149,44	3261,06	3261,06	427,29	3688,35	3688,35	560,19	4248,54	4248,54	3576,36	7824,90	7824,90	237,15	8062,06
6	3111,62	456,66	3568,28	3568,28	2930,95	6499,23	6499,23	464,22	6963,45	6963,45	906,20	7869,65	7869,65	119,37	7989,02	7989,02	163,12	8152,14
15	3568,28	196,80	3765,08	3765,08	148,88	3913,96	3913,96	432,35	4346,30	4346,30	580,22	4926,52	4926,52	3788,21	8714,73	8714,73	237,15	8951,89
3	3765,08	197,82	3962,90	3962,90	149,32	4112,22	4112,22	430,24	4542,46	4542,46	584,11	5126,57	5126,57	3910,70	9037,27	9037,27	237,15	9274,43

Lampiran 7. Perhitungan *Makespan* Individu Anak Hasil Mutasi

Mutasi.1																		
	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
Job	Start	Duration	Completiior	Start	Duration	Completiior	Start	Duration	Completiior	Start	Duration	Completiior	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion
6	0	456,66	456,66	456,66	2930,95	3387,61	3387,61	464,22	3851,83	3851,83	906,20	4758,03	4758,03	119,37	4877,40	4877,40	163,12	5040,52
11	456,66	456,78	913,43	913,43	2905,23	3818,66	3818,66	463,52	4282,18	4282,18	895,51	5177,69	5177,69	134,61	5312,29	5312,29	163,34	5475,63
17	913,43	455,09	1368,52	1368,52	2911,42	4279,94	4279,94	462,47	4742,42	4742,42	896,77	5639,19	5639,19	215,36	5854,55	5854,55	163,14	6017,68
3	1368,52	197,82	1566,35	1566,35	149,32	1715,67	1715,67	430,24	2145,91	2145,91	584,11	2730,02	2730,02	3910,70	6640,72	6640,72	237,15	6877,87
5	1566,35	241,82	1808,17	1808,17	215,66	2023,83	2023,83	4335,04	6358,86	6358,86	1839,83	8198,69	8198,69	368,22	8566,91	8566,91	378,59	8945,50
14	1808,17	240,94	2049,11	2049,11	180,44	2229,54	2229,54	4347,38	6576,93	6576,93	1880,38	8457,31	8457,31	364,75	8822,07	8822,07	385,94	9208,00
16	2049,11	241,56	2290,67	2290,67	183,71	2474,37	2474,37	4351,61	6825,98	6825,98	1811,75	8637,73	8637,73	367,49	9005,22	9005,22	362,58	9367,80
10	2290,67	194,14	2484,81	2484,81	149,44	2634,25	2634,25	427,29	3061,54	3061,54	560,19	3621,73	3621,73	3576,36	7198,09	7198,09	237,15	7435,25
7	2484,81	135,17	2619,98	2619,98	122,61	2742,60	2742,60	3424,42	6167,01	6167,01	2360,26	8527,28	8527,28	213,85	8741,12	8741,12	373,02	9114,15
13	2619,98	196,97	2816,96	2816,96	149,88	2966,83	2966,83	428,50	3395,33	3395,33	574,35	3969,68	3969,68	4005,38	7975,06	7975,06	237,15	8212,22
1	2816,96	135,62	2952,57	2952,57	121,96	3074,53	3074,53	3510,18	6584,71	6584,71	2360,75	8945,45	8945,45	213,38	9158,83	9158,83	372,92	9531,76
4	2952,57	90,20	3042,77	3042,77	81,43	3124,21	3124,21	2282,08	5406,29	5406,29	1573,88	6980,17	6980,17	142,55	7122,72	7122,72	248,02	7370,74
9	3042,77	196,74	3239,52	3239,52	148,52	3388,03	3388,03	431,21	3819,25	3819,25	561,37	4380,62	4380,62	3809,12	8189,74	8189,74	237,15	8426,90
15	3239,52	196,80	3436,32	3436,32	148,88	3585,20	3585,20	432,35	4017,54	4017,54	580,22	4597,76	4597,76	3788,21	8385,97	8385,97	237,15	8623,13
8	3436,32	240,74	3677,06	3677,06	180,60	3857,65	3857,65	4335,04	8192,69	8192,69	1794,38	9987,07	9987,07	1089,00	11076,08	11076,08	387,12	11463,20
12	3677,06	195,39	3872,45	3872,45	148,27	4020,72	4020,72	448,22	4468,94	4468,94	693,77	5162,71	5162,71	3553,93	8716,64	8716,64	237,15	8953,79
2	3872,45	90,45	3962,90	3962,90	81,46	4044,36	4044,36	2282,55	6326,92	6326,92	1573,46	7900,37	7900,37	142,30	8042,67	8042,67	248,50	8291,17

Mutasi.2																		
	M1			M2			M3			M4			M5			M6		
Job	Start	Duration	Completiior	Start	Duration	Completiior	Start	Duration	Completiior	Start	Duration	Completiior	Start	Duration	Completion	Start	Duration	Completion
14	0	240,94	240,94	240,94	180,44	421,37	421,37	4347,38	4768,76	4768,76	1880,38	6649,14	6649,14	364,75	7013,90	7013,90	385,94	7399,83
4	240,94	90,20	331,13	331,13	81,43	412,57	412,57	2282,08	2694,65	2694,65	1573,88	4268,53	4268,53	142,55	4411,08	4411,08	248,02	4659,10
17	331,13	455,09	786,23	786,23	2911,42	3697,65	3697,65	462,47	4160,12	4160,12	896,77	5056,89	5056,89	215,36	5272,25	5272,25	163,14	5435,39
10	786,23	194,14	980,37	980,37	149,44	1129,81	1129,81	427,29	1557,10	1557,10	560,19	2117,29	2117,29	3576,36	5693,66	5693,66	237,15	5930,81
7	980,37	135,17	1115,55	1115,55	122,61	1238,16	1238,16	3424,42	4662,58	4662,58	2360,26	7022,84	7022,84	213,85	7236,69	7236,69	373,02	7609,71
12	1115,55	195,39	1310,94	1310,94	148,27	1459,21	1459,21	448,22	1907,43	1907,43	693,77	2601,20	2601,20	3553,93	6155,13	6155,13	237,15	6392,28
6	1310,94	456,66	1767,60	1767,60	2930,95	4698,55	4698,55	464,22	5162,77	5162,77	906,20	6068,97	6068,97	119,37	6188,34	6188,34	163,12	6351,46
16	1767,60	241,56	2009,16	2009,16	183,71	2192,86	2192,86	4351,61	6544,47	6544,47	1811,75	8356,22	8356,22	367,49	8723,71	8723,71	362,58	9086,29
1	2009,16	135,62	2144,77	2144,77	121,96	2266,73	2266,73	3510,18	5776,91	5776,91	2360,75	8137,66	8137,66	213,38	8351,03	8351,03	372,92	8723,96
8	2144,77	240,74	2385,51	2385,51	180,60	2566,11	2566,11	4335,04	6901,15	6901,15	1794,38	8695,53	8695,53	1089,00	9784,53	9784,53	387,12	10171,65
11	2385,51	456,78	2842,29	2842,29	2905,23	5747,51	5747,51	463,52	6211,03	6211,03	895,51	7106,54	7106,54	134,61	7241,15	7241,15	163,34	7404,49
15	2842,29	196,80	3039,09	3039,09	148,88	3187,97	3187,97	432,35	3620,31	3620,31	580,22	4200,53	4200,53	3788,21	7988,74	7988,74	237,15	8225,90
2	3039,09	90,45	3129,54	3129,54	81,46	3211,00	3211,00	2282,55	5493,56	5493,56	1573,46	7067,01	7067,01	142,30	7209,31	7209,31	248,50	7457,81
9	3129,54	196,74	3326,29	3326,29	148,52	3474,80	3474,80	431,21	3906,02	3906,02	561,37	4467,39	4467,39	3809,12	8276,51	8276,51	237,15	8513,67
5	3326,29	241,82	3568,11	3568,11	215,66	3783,76	3783,76	4335,04	8118,80	8118,80	1839,83	9958,63	9958,63	368,22	10326,85	10326,85	378,59	10705,44
3	3568,11	197,82	3765,93	3765,93	149,32	3915,25	3915,25	430,24	4345,49	4345,49	584,11	4929,60	4929,60	3910,70	8840,30	8840,30	237,15	9077,45
13	3765,93	196,97	3962,90	3962,90	149,88	4112,78	4112,78	428,50	4541,28	4541,28	574,35	5115,63	5115,63	4005,38	9121,01	9121,01	237,15	9358,17

Lampiran 8. Hasil Perhitungan Individu Terbaik Tiap Generasi (1-500)

Generasi	Best	Generasi	Best	Generasi	Best	Generasi	Best	Generasi	Best
1	41709,13	21	41709,13	41	41709,13	61	41709,13	81	41709,13
2	41709,13	22	41709,13	42	41709,13	62	41709,13	82	41709,13
3	41709,13	23	41709,13	43	41709,13	63	41709,13	83	41709,13
4	41709,13	24	41709,13	44	41709,13	64	41709,13	84	41709,13
5	41709,13	25	41709,13	45	41709,13	65	41709,13	85	41709,13
6	41709,13	26	41709,13	46	41709,13	66	41709,13	86	41709,13
7	41709,13	27	41709,13	47	41709,13	67	41709,13	87	41709,13
8	41709,13	28	41709,13	48	41709,13	68	41709,13	88	41709,13
9	41709,13	29	41709,13	49	41709,13	69	41709,13	89	41709,13
10	41709,13	30	41709,13	50	41709,13	70	41709,13	90	41709,13
11	41709,13	31	41709,13	51	41709,13	71	41709,13	91	41709,13
12	41709,13	32	41709,13	52	41709,13	72	41709,13	92	41709,13
13	41709,13	33	41709,13	53	41709,13	73	41709,13	93	41709,13
14	41709,13	34	41709,13	54	41709,13	74	41709,13	94	41709,13
15	41709,13	35	41709,13	55	41709,13	75	41709,13	95	41709,13
16	41709,13	36	41709,13	56	41709,13	76	41709,13	96	41709,13
17	41709,13	37	41709,13	57	41709,13	77	41709,13	97	41709,13
18	41709,13	38	41709,13	58	41709,13	78	41709,13	98	41709,13
19	41709,13	39	41709,13	59	41709,13	79	41709,13	99	41709,13
20	41709,13	40	41709,13	60	41709,13	80	41709,13	100	41709,13

Generasi	<i>Best</i>	Generasi	<i>Best</i>	Generasi	<i>Best</i>	Generasi	<i>Best</i>	Generasi	<i>Best</i>
101	41709,13	121	41709,13	141	41709,13	161	41709,13	181	41709,13
102	41709,13	122	41709,13	142	41709,13	162	41709,13	182	41709,13
103	41709,13	123	41709,13	143	41709,13	163	41709,13	183	41709,13
104	41709,13	124	41709,13	144	41709,13	164	41709,13	184	41709,13
105	41709,13	125	41709,13	145	41709,13	165	41709,13	185	41709,13
106	41709,13	126	41709,13	146	41709,13	166	41709,13	186	41709,13
107	41709,13	127	41709,13	147	41709,13	167	41709,13	187	41709,13
108	41709,13	128	41709,13	148	41709,13	168	41709,13	188	41709,13
109	41709,13	129	41709,13	149	41709,13	169	41709,13	189	41709,13
110	41709,13	130	41709,13	150	41709,13	170	41709,13	190	41709,13
111	41709,13	131	41709,13	151	41709,13	171	41709,13	191	41709,13
112	41709,13	132	41709,13	152	41709,13	172	41709,13	192	41709,13
113	41709,13	133	41709,13	153	41709,13	173	41709,13	193	41709,13
114	41709,13	134	41709,13	154	41709,13	174	41709,13	194	41709,13
115	41709,13	135	41709,13	155	41709,13	175	41709,13	195	41709,13
116	41709,13	136	41709,13	156	41709,13	176	41709,13	196	41709,13
117	41709,13	137	41709,13	157	41709,13	177	41709,13	197	41709,13
118	41709,13	138	41709,13	158	41709,13	178	41709,13	198	41709,13
119	41709,13	139	41709,13	159	41709,13	179	41709,13	199	41709,13
120	41709,13	140	41709,13	160	41709,13	180	41709,13	200	41709,13

Generasi	<i>Best</i>	Generasi	<i>Best</i>	Generasi	<i>Best</i>	Generasi	<i>Best</i>	Generasi	<i>Best</i>
201	41709,13	221	41709,13	241	41709,13	261	41709,13	281	41709,13
202	41709,13	222	41709,13	242	41709,13	262	41709,13	282	41709,13
203	41709,13	223	41709,13	243	41709,13	263	41709,13	283	41709,13
204	41709,13	224	41709,13	244	41709,13	264	41709,13	284	41709,13
205	41709,13	225	41709,13	245	41709,13	265	41709,13	285	41709,13
206	41709,13	226	41709,13	246	41709,13	266	41709,13	286	41709,13
207	41709,13	227	41709,13	247	41709,13	267	41709,13	287	41709,13
208	41709,13	228	41709,13	248	41709,13	268	41709,13	288	41709,13
209	41709,13	229	41709,13	249	41709,13	269	41709,13	289	41709,13
210	41709,13	230	41709,13	250	41709,13	270	41709,13	290	41709,13
211	41709,13	231	41709,13	251	41709,13	271	41709,13	291	41709,13
212	41709,13	232	41709,13	252	41709,13	272	41709,13	292	41709,13
213	41709,13	233	41709,13	253	41709,13	273	41709,13	293	41709,13
214	41709,13	234	41709,13	254	41709,13	274	41709,13	294	41709,13
215	41709,13	235	41709,13	255	41709,13	275	41709,13	295	41709,13
216	41709,13	236	41709,13	256	41709,13	276	41709,13	296	41709,13
217	41709,13	237	41709,13	257	41709,13	277	41709,13	297	41709,13
218	41709,13	238	41709,13	258	41709,13	278	41709,13	298	41709,13
219	41709,13	239	41709,13	259	41709,13	279	41709,13	299	41709,13
220	41709,13	240	41709,13	260	41709,13	280	41709,13	300	41709,13

Generasi	<i>Best</i>	Generasi	<i>Best</i>	Generasi	<i>Best</i>	Generasi	<i>Best</i>	Generasi	<i>Best</i>
301	41709,13	321	41709,13	341	41709,13	361	41709,13	381	41709,13
302	41709,13	322	41709,13	342	41709,13	362	41709,13	382	41709,13
303	41709,13	323	41709,13	343	41709,13	363	41709,13	383	41709,13
304	41709,13	324	41709,13	344	41709,13	364	41709,13	384	41709,13
305	41709,13	325	41709,13	345	41709,13	365	41709,13	385	41709,13
306	41709,13	326	41709,13	346	41709,13	366	41709,13	386	41709,13
307	41709,13	327	41709,13	347	41709,13	367	41709,13	387	41709,13
308	41709,13	328	41709,13	348	41709,13	368	41709,13	388	41709,13
309	41709,13	329	41709,13	349	41709,13	369	41709,13	389	41709,13
310	41709,13	330	41709,13	350	41709,13	370	41709,13	390	41709,13
311	41709,13	331	41709,13	351	41709,13	371	41709,13	391	41709,13
312	41709,13	332	41709,13	352	41709,13	372	41709,13	392	41709,13
313	41709,13	333	41709,13	353	41709,13	373	41709,13	393	41709,13
314	41709,13	334	41709,13	354	41709,13	374	41709,13	394	41709,13
315	41709,13	335	41709,13	355	41709,13	375	41709,13	395	41709,13
316	41709,13	336	41709,13	356	41709,13	376	41709,13	396	41709,13
317	41709,13	337	41709,13	357	41709,13	377	41709,13	397	41709,13
318	41709,13	338	41709,13	358	41709,13	378	41709,13	398	41709,13
319	41709,13	339	41709,13	359	41709,13	379	41709,13	399	41709,13
320	41709,13	340	41709,13	360	41709,13	380	41709,13	400	41709,13

Generasi	<i>Best</i>	Generasi	<i>Best</i>	Generasi	<i>Best</i>	Generasi	<i>Best</i>	Generasi	<i>Best</i>
401	41709,13	421	41709,13	441	41709,13	461	41709,13	481	41709,13
402	41709,13	422	41709,13	442	41709,13	462	41709,13	482	41709,13
403	41709,13	423	41709,13	443	41709,13	463	41709,13	483	41709,13
404	41709,13	424	41709,13	444	41709,13	464	41709,13	484	41709,13
405	41709,13	425	41709,13	445	41709,13	465	41709,13	485	41709,13
406	41709,13	426	41709,13	446	41709,13	466	41709,13	486	41709,13
407	41709,13	427	41709,13	447	41709,13	467	41709,13	487	41709,13
408	41709,13	428	41709,13	448	41709,13	468	41709,13	488	41709,13
409	41709,13	429	41709,13	449	41709,13	469	41709,13	489	41709,13
410	41709,13	430	41709,13	450	41709,13	470	41709,13	490	41709,13
411	41709,13	431	41709,13	451	41709,13	471	41709,13	491	41709,13
412	41709,13	432	41709,13	452	41709,13	472	41709,13	492	41709,13
413	41709,13	433	41709,13	453	41709,13	473	41709,13	493	41709,13
414	41709,13	434	41709,13	454	41709,13	474	41709,13	494	41709,13
415	41709,13	435	41709,13	455	41709,13	475	41709,13	495	41709,13
416	41709,13	436	41709,13	456	41709,13	476	41709,13	496	41709,13
417	41709,13	437	41709,13	457	41709,13	477	41709,13	497	41709,13
418	41709,13	438	41709,13	458	41709,13	478	41709,13	498	41709,13
419	41709,13	439	41709,13	459	41709,13	479	41709,13	499	41709,13
420	41709,13	440	41709,13	460	41709,13	480	41709,13	500	41709,13

