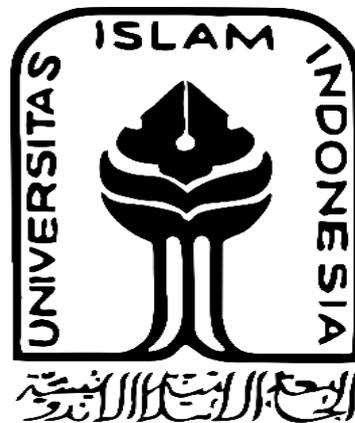


**EVALUASI PENJADWALAN PERAWATAN STASIUN PABRIK TENGAH
DENGAN METODE ALGORITMA GENETIKA
(STUDI KASUS: PT. MADUBARU PG MADUKISMO)**

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh :

Nama : Riyan Tri Sutartono

NIM : 14522112

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

2018

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Demi Allah, saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak kekayaan intelektual, maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 31 Agustus 2018
METERAI
TEMPEL
FFE3DAFF067790120
6000
ENAM RIBU RUPIAH
Riyan Tri Sutartono
14522112

SURAT KETERANGAN BUKTI PENELITIAN



PT MADUBARU

PG.PS.MADUKISMO

SURAT KETERANGAN

No. : 4300 /DIR/MB/VII/2018

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa

N a m a : Riyan Tri Sutartono

NIM : 14522112

Adalah mahasiswa Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah selesai melaksanakan Penelitian Tugas Akhir di Bagian Instalasi Stasiun Pabrik Tengah Pabrik Gula Madukismo Yogyakarta dari tanggal 08 Maret 2017 s/d 20 Juli 2018.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 21 Juli 2018

a/n Direktur PT Madubaru


Retna Isharsrivani
Ka. Bag. SDM & Umum

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

EVALUASI PENJADWALAN PERAWATAN STASIUN PABRIK TENGAH
DENGAN METODE ALGORITMA GENETIKA
(Studi Kasus: PT. MADUBARU PG MADUKISMO)

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 pada
Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri



Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

EVALUASI PENJADWALAN PERAWATAN STASIUN PABRIK TENGAH
DENGAN METODE ALGORITMA GENETIKA
(Studi Kasus: PT. MADUBARU PG MADUKISMO)

TUGAS AKHIR

Oleh

Nama : Riyan Tri Sutartono
NIM : 14522112
Fak/Prodi : FTI / Teknik Industri

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri

Yogyakarta, 31 Agustus 2018

Tim Penguji

Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D

Ketua

M. Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D

Anggota I

Andrie Pasca Hendradewa, S.T., M.T

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri

Bahutias Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Dr. Idris Immanuel, S.T., M.M

HALAMAN PERSEMBAHAN

”Untuk Ayahanda dan Ibunda Tercinta”

HALAMAN MOTTO

“Allah mencintai pekerjaan yang apabila bekerja ia menyelesaikannya dengan baik”

(HR. Thabrani)

“Urusan seorang mukmin patut dikagumi. Semua urusannya merupakan kebaikan bagi dirinya dan tidak terdapat kecuali pada diri seorang mukmin. Apabila memperoleh kesenangan dia bersyukur dan itu baik untuk dirinya. Dan bila ditimpa kesusahan dia bersabar dan itu baik untuk dirinya”.

(HR.Imam Muslim)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillah segala puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah SWT atas berkat rahmat dan hidayah-Nya dalam hal kesehatan, ilmu pengetahuan, dan lain sebagainya sehingga saya dapat menyusun laporan Tugas Akhir yang berjudul “Evaluasi Penjadwalan Perawata Stasiun Pabrik Tengah dengan Metode Algoritma Genetika” dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Tak lupa juga kita haturkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW atas segala jerih payah dan semangat beliau dalam menghadirkan perubahan besar dalam segala macam aspek tak terkecuali mengenai akhlak dan budi pekerti kepada peradaban yang InsyaAllah di Ridhoi oleh Allah SWT.

Dalam menyusun Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan, dukungan dan kesempatan dari berbagai pihak yang baik secara langsung maupun tidak langsung dan keikhlasan dari segi waktu, tenaga, materil anda semua di dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini, semoga Allah SWT memberikan Rahmat dan Ridho-Nya kepada anda semua. Dengan segala kerendahan hati untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Taufiq Immawan, S.T., M.M selaku Kepala Prodi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia dan
3. Bapak Winda Nur Cahyo, S.T., M.T., Ph.D. selaku pembimbing Tugas Akhir yang telah memberi bimbingan dan motivasi dalam penyelesaian Tugas Akhir.
4. Bapak dan Ibu serta Kakak dan keluarga besar yang selalu memberikan motivasi dan doa kepada saya, sehingga saya dapat menyelesaikan pembuatan laporan Tugas Akhir
5. Perusahaan PT Madu Baru PG Madukismo yang telah memberikan ijin melakukan penelitian.
6. Bapak Nurziwan selaku pembimbing di PT Madu Baru PG Madukismo yang menyempatkan waktu memberikan bimbingan dan arahan.
7. Seluruh Supervisor dan *Staff* PT Madu Baru PG Madukismo yang memberi kesempatan saya yang luar biasa sehingga dapat melakukan wawancara dan transformasi ilmu dengan baik.
8. Seluruh Dosen dan *Staff* Departemen Teknik Industri Universitas Islam Indonesia
9. Teman-teman Teknik Industri yang selalu membantu dan mendoakan penulis sehingga penulis bisa menyelesaikan laporan ini dengan baik.
10. Haryo Prawahandaru, Bayu Agung Swasono, dan Riza Said Isyak Raben sebagai partner Tugas Akhir yang sangat banyak membantu dalam pelaksanaan Tugas Akhir.

Saya juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang terkait, yang telah membantu saya dalam menyelesaikan laporan ini. Semoga kebaikan yang diberikan oleh

semua pihak kepada penulis menjadi amal sholeh yang senantiasa mendapat balasan dan kebaikan yang berlipat ganda dari Allah Subhana wa Ta'ala. Amin.

Penulis menyadari dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik serta saran yang bersifat membangun yang berguna bagi masa yang akan datang.

Jazakallahu Khairan, Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Yogyakarta, Agustus 2018

Riyan Tri Sutartono

ABSTRAK

Penjadwalan perawatan merupakan hal sangat penting dalam menjaga produktivitas perusahaan untuk menjaga fasilitas-fasilitas yang digunakan dalam produksi. Untuk itu perlu suatu kerangka yang baik dalam penyusunan penjadwalan dengan mempertimbangkan sumber daya manusia dan waktu pekerjaan perawatan. PT. Madubaru yang merupakan perusahaan pembuatan gula, dalam membuat suatu perencanaan penjadwalan belum dilakukan secara baik, dikarenakan angka ketidakseimbangan alokasi pekerja yang dipekerjakan masih tinggi dan selama ini dalam pengerjaan perawatan masih mengacu pada mandor lapangan saja. Maka dari itu, disini akan mencoba bagaimana cara mengoptimalkan perencanaan penjadwalan dengan menyeimbangkan alokasi pekerja selama kurun waktu perawatan, menyesuaikan batasan pekerja dalam perharinya, dan menyesuaikan batasan waktu pekerjaan perawatan. Salah satu metode yang bisa digunakan untuk memudahkan perancang penjadwalan perawatan memperbaiki hal tersebut, yakni menggunakan Algoritma Genetika. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan jadwal perawatan yang optimal dan mengetahui biaya pekerja yang ditimbulkan dari jadwal perawatan usulan pada PT. Madubaru Madukismo. Operator genetika untuk crossover dan mutasi yang digunakan adalah 2-cut point dan delta mutation. Sedangkan parameter yang digunakan (pop size;pc;pm) yakni (30;0.45;0.01). Hasil dari penelitian ini adalah adanya pengurangan nilai deviasi alokasi pekerja dari 20.88 menjadi 1.532 dan biaya pekerja yang ditimbulkan dari penjadwalan usulan adalah dari cara kontrak perbulan Rp. 454,500,000 dan cara kontrak penuh Rp. 565,000,000 berkurang menjadi Rp. 344,000,000. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pentingnya penjadwalan perawatan dilakukan sesuai aturan dan batasan yang ada ditambah penggunaan metode Algoritma Genetika yang dapat digunakan dalam perancangan penjadwalan dan membantu pembuat penjadwalan membuat jadwal yang baik dan teratur.

Keyword: Penjadwalan Perawatan, Algoritma Genetika, Alokasi Sumber daya Manusia

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	ii
SURAT KETERANGAN BUKTI PENELITIAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
HALAMAN 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. Batasan Masalah	5
1.4. Tujuan Penelitian	6
1.5. Manfaat Penelitian	6
1.6. Sistematika Penulisan Laporan	6
BAB II. KAJIAN PUSTAKA.....	9
2.1. Kajian Induktif.....	9
2.2. Kajian Deduktif.....	13
2.2.1. Perawatan	13
2.2.2. Penjadwalan.....	15
2.2.2.1. Kategori Permasalahan dalam Penjadwalan	16
2.2.2.2. Metode Solusi.....	16
2.2.2.3. <i>Gantt Chart</i>	17
2.2.3. Algoritma Genetika	17
2.2.3.1. Langkah – Langkah Algoritma Genetika.....	19
2.2.3.2. Komponen – Komponen Utama Algoritma Genetika.....	20
2.2.3.3. Seleksi Road Roulette	24
2.2.3.4. Rekombinasi.....	25
2.2.3.5. Mutasi.....	29
2.2.3.6. Kelebihan dan Kekurangan Algoritma Genetika	31
BAB III. METODE PENELITIAN	33
3.1. Fokus Kajian dan Tempat	33
3.2. Identifikasi Masalah.....	33
3.3. Diagram Alir	34
3.4. Kajian Literatur.....	35
3.5. Pengumpulan Data.....	35
3.6. Pengolahan Data	35
3.7. Pembahasan.....	38
3.8. Kesimpulan dan Saran	38
BAB IV. PENGOLAHAN DATA.....	39

4.1.	Pengumpulan Data	39
4.1.1.	Profil Perusahaan	39
4.1.2.	Jumlah Pekerja dan Durasi Pekerjaan	40
4.1.3.	Penjadwalan Perawatan Awal	40
4.1.4.	Jumlah Alokasi Pekerja pada Penjadwalan Awal	41
4.1.5.	Biaya Pekerja	42
4.2.	Pengolahan Data	43
4.2.1.	Algoritma Genetika	43
4.2.2.	Hasil Penjadwalan Usulan	47
4.2.3.	Hasil Alokasi Pekerja pada Penjadwalan Usulan	50
4.2.4.	Penentuan Biaya Pekerja	52
BAB V. PEMBAHASAN		54
5.1.	Penentuan Jumlah Generasi	54
5.2.	Hasil Penjadwalan Usulan dengan Algoritma Genetika	55
5.3.	Perbandingan Hasil Penjadwalan Awal dan Usulan	56
5.4.	Pembuktian Penerapan Perawatan yang Baik dari Biaya Pekerja	57
5.5.	Permasalahan Urutan Pekerjaan	58
BAB VI. PENUTUP		60
6.1.	Kesimpulan	60
6.2.	Saran	61
DAFTAR PUSTAKA		62
LAMPIRAN		64

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Definisi Istilah Algoritma Genetika.....	18
Tabel 2. 2 <i>Binary Encoding</i>	21
Tabel 2. 3 <i>Octal Encoding</i>	21
Tabel 2. 4 <i>Hexadecimal Encoding</i>	21
Tabel 2. 5 <i>Permutation Encoding</i>	22
Tabel 2. 6 <i>Value Encoding</i>	22
Tabel 2. 7 <i>Tree Encoding</i>	22
Tabel 3. 1 Pembobotan Penalti	37
Tabel 4. 1 Alokasi Pekerja pada Penjadwalan Awal	41
Tabel 4. 2 Biaya Pekerja	42
Tabel 4. 3 Spesifikasi Komputasi yang digunakan.....	43
Tabel 4. 4 Asumsi Penempatan Pekerjaan Akhir	44
Tabel 4. 5 Inisialisasi Kromosom	44
Tabel 4. 6 Penjadwalan Perawatan Usulan	47
Tabel 4. 7 Jumlah Alokasi Pekerja pada Penjadwalan Usulan	51
Tabel 4. 8 Penentuan Biaya Pekerja dengan Kontrak perbulan.....	52
Tabel 4. 9 Penentuan Biaya Pekerja dengan Kontrak 5 Bulan	53
Tabel 5. 1 Nilai Penalti dari Inisialisasi Kromosom.....	55
Tabel 5. 2 Nilai Penalti dari Kromosom dengan AG.....	56
Tabel 5. 3 Perbandingan Hasil Penjadwalan Awal dan Usulan.....	56
Tabel 5. 4 Perbandingan Biaya Pekerja Penjadwalan Awal dan Usulan.....	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Alokasi Pekerja Aktual	3
Gambar 2. 1 <i>Gantt Chart</i>	17
Gambar 2. 2 Dasar Kerja Algoritma Genetika	20
Gambar 2. 3 Seleksi Roda Roulette	24
Gambar 2. 4 Contoh Rekombinasi Diskret	25
Gambar 2. 5 Contoh Rekombinasi Menengah.....	26
Gambar 2. 6 Contoh Rekombinasi Garis	26
Gambar 2. 7 Contoh Penyilangan Satu Titik	27
Gambar 2. 8 Contoh Penyilangan Banyak Titik	27
Gambar 2. 9 Contoh Penyilangan Seragam	28
Gambar 2. 10 Contoh Penyilangan Tiga Induk	28
Gambar 2. 11 Contoh Penyilangan Siklus	29
Gambar 2. 12 Contoh Penyilangan Urutan	29
Gambar 2. 13 Contoh Mutasi <i>Flipping</i>	30
Gambar 2. 14 Contoh Mutasi <i>Interchanging</i>	31
Gambar 2. 15 Contoh Mutasi <i>Reversing</i>	31
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	34
Gambar 4. 1 Grafik Hasil Pengolahan Algoritma Genetika	46

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Di Indonesia sekarang yang masih mengandalkan impor untuk memenuhi kebutuhan pokok masyarakat yang semakin bertambah, menyebabkan setiap perusahaan harus bisa berupaya keras untuk bisa memenuhi kebutuhan masyarakat. Selain memenuhi kebutuhan masyarakat, perusahaan tentu menginginkan adanya keuntungan yang bisa didapat dari hasil pengolahan. Untuk dapat mencapai keuntungan yang diinginkan banyak faktor yang harus dipertimbangkan, diantaranya faktor biaya, harga jual, volume penjualan dan produksi. Semua hal itu dapat tercapai apabila seluruh elemen yang terlibat di perusahaan baik itu dari segi sumber daya manusia, peralatan/mesin, bahan baku, *stakeholder* yang semua itu haruslah berjalan dengan baik sesuai apa yang direncanakan. Dalam hal ini volume produksi yang direncanakan dapat optimal apabila elemen-elemen pendukungnya tersedia dengan baik, salah satunya mesin ataupun peralatan yang digunakan dalam proses produksi.

Mesin merupakan alat yang memiliki suatu kekuatan/tenaga yang dapat digerakkan untuk dapat dipergunakan oleh manusia dalam mengerjakan produk atau bagian-bagiannya (Assauri, 2004). Penggunaan mesin merupakan salah satu bagian vital yang ada di perusahaan yang digunakan secara terus menerus, maka dari itu penggunaan mesin yang secara kontinyu akan membuat kondisi mesin mengalami penurunan, sehingga untuk kesiapan dan kestabilan penggunaan mesin harus dipertimbangkan. Hal itu bertujuan untuk meminimalkan resiko yang tidak diinginkan, seperti adanya *breakdown* pada mesin saat produksi berlangsung, kecelakaan mesin yang dapat menimbulkan bahaya pekerja sekitar, kecacatan produk dan pemborosan bahan baku. Akibat semua itu

akan mengakibatkan adanya pengeluaran besar yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk menindaklanjuti kejadian tersebut, yang tentu dapat merugikan perusahaan. Maka dari itu salah satu cara untuk menjaga produktivitas produksi pada perusahaan adalah menjaga keoptimalan dari mesin mesin yang digunakan, yakni dengan dilakukannya kegiatan perawatan.

Perawatan merupakan suatu hal yang sangat penting yang harus dilakukan perusahaan untuk menjaga kestabilan mesin yang digunakan. Menurut Sudrajat (2011) perawatan merupakan kegiatan yang diperlukan untuk mempertahankan kualitas suatu fasilitas agar fasilitas tersebut dapat berfungsi dengan kondisi siap pakai, agar suatu kegiatan operasi sesuai dengan apa yang direncanakan. Adapun menurut Corder (1988), perawatan merupakan berbagai kombinasi tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang ataupun mencoba untuk memperbaikinya sesuai dengan keadaan semula atau dengan kondisi yang bisa diterima. Dari berbagai pengertian tersebut perawatan merupakan suatu tindakan yang dilakukan untuk menjaga keandalan (*reliability*) dari mesin mesin yang digunakan.

PT. Madu Baru adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang agro industri yang ada di provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, yakni memproduksi gula pasir dan spiritus. Saat ini kapasitas total produksi gula pasir yang ada di PT. Madu Baru dalam satu hari sebanyak 250 ton dengan akumulatif dalam satu tahun sebanyak 40.000 ton. Namun produksi gula dapat menurun diantaranya karena dampak iklim, revitalisasi kebun dan pabrik gula kurang baik, alih fungsi lahan perkebunan, dan penggunaan mesin yang rata-rata sudah berumur sangat tua sehingga perusahaan kurang bisa memproduksi gula sesuai harapan. Sehingga perlunya adanya suatu penanganan yang baik untuk menjaga optimalisasi produktivitas produksi.

Dalam melakukan suatu upaya optimalisasi produktivitas dari perusahaan, proses maintenance menjadi suatu hal yang perlu menjadi fokus yang dipertimbangkan. Hadian (2017) mengemukakan hasil berdasarkan pendekatan *Supply Chain Operations Reference (SCOR)* dan *House of Risk (HoR)* mengungkapkan terdapat 21 kejadian risiko dan 31 agen risiko. Salah satu agen risiko yang menjadi prioritas adalah kerusakan mesin/mesin bermasalah dengan salah satu strategi yang digunakan adalah disiplin dalam

maintenance mesin. Berdasarkan hal itu untuk mencegah terjadinya kerusakan mesin, maka perencanaan *preventive maintenance* perlu dilakukan secara optimal dalam upaya mengurangi *opportunity loss* yang akan terjadi. Salah satu keluaran dari perencanaan perawatan adalah penjadwalan perawatan. Penjadwalan perawatan perlu dilakukan karena menyangkut akan kelangsungan produktivitas pekerjaan perawatan yang dilakukan

Dalam setiap pelaksanaan perawatan mesin, PT. Madu Baru melaksanakan kegiatannya dalam rentan waktu 5 bulan dalam satu tahun yang dimulai dari bulan Nopember hingga Maret sebelum musim giling. PT. Madu Baru dalam melaksanakan kegiatan perawatan selama ini hanya mengandalkan data penjadwalan berupa *Gantt Chart* yang memberikan informasi mengenai jumlah pekerja yang digunakan, waktu perkiraan pekerjaan setiap elemen perawatan disetiap mesin untuk dikerjakan selama kurun waktu 5 bulan. Berdasarkan dari *Gantt Chart*, pembagian beban kerja perharinya tidak lah sesuai dengan batasan sumber daya pekerjanya, seperti pada Gambar 1.1 terdapat standar deviasi sebesar 20,88%, yang mana untuk hasil yang baik dalam permasalahan ini adalah nilai standar deviasi sebesar 0%, yang artinya alokasi pekerja sudah sangat seimbang. Ditambah dari hasil observasi dan wawancara lapangan didapatkan informasi, bahwasanya selama ini pekerjaan perawatan dapat selesai sesuai dengan waktu yang diberikan yakni 5 bulan, dikarenakan kebijakan dari para mandor/supervisor nya sendiri tanpa lagi melihat penjadwalan yang ada di *Gantt Chart*.



Gambar 1. 1 Alokasi Pekerja Aktual

Dari hal tersebut pembuatan penjadwalan belum dilakukan secara baik, dikarenakan belum adanya cara pasti penyusunan urutan kegiatan yang harus dilakukan, sehingga untuk memulai dan menyelesaikan suatu pekerjaan hanya mengandalkan pengalaman mandor/supervisor untuk menyelesaikan kegiatan perawatan sesuai waktu yang digunakan. Disamping itu pembagian *manpower* atau pekerja tidak merata pada setiap minggunya, sehingga ada yang melebihi kapasitas pekerja maupun kurangnya pekerja yang dimanfaatkan pada waktu tertentu. Maka dari itu perlu adanya perencanaan yang baik dan terukur dalam setiap tahap dalam perawatan yang akan dilakukan pada setiap mesin yang ada, yakni jumlah pekerja dan waktu selesai sesuai batasan yang diberlakukan dan alokasi pekerja haruslah seimbang dalam setiap harinya.

Hingga saat ini belum ada evaluasi mengenai penjadwalan perawatan yang ada di perusahaan. Untuk itu peneliti mencoba membuat suatu penjadwalan yang lebih teratur, yang berguna untuk menjadi dasar pengendalian kegiatan dan kerangka kerja perawatan dikemudian hari. Tujuan utama evaluasi ini yang dilakukan pada stasiun pabrik tengah adalah mencegah terjadinya keterlambatan dalam penyelesaian perawatan yang menyebabkan keterlambatan terhadap jadwal produksi, seperti apabila mandor yang sudah berpengalaman pensiun atau diganti maka penjadwalan yang akan diusulkan itu sebagai acuan dalam pengendalian setiap perawatan yang akan dilakukan. Berdasarkan Raben (2018), PT. Madubaru akan mengalami *opportunity loss* sebesar Rp 163.228,00 per menitnya, dan total perharinya adalah sebesar Rp. 235.048.320 apabila produksi tidak dapat berjalan sesuai rencana. Selain itu, apabila perencanaan penjadwalan perawatan dilakukan secara baik dan benar, maka biaya perawatan dalam hal ini biaya pekerja akan semakin optimal.

Oleh karena itu, perlu dipertimbangkan secara cermat mengenai bagaimana metode penjadwalan perawatan yang akan digunakan, terutama berkaitan dengan batasan waktu, biaya dan kebutuhan tenaga kerja. Berbagai metode yang bisa digunakan dalam pembuatan penjadwalan adalah metode *Gantt Chart*, *Critical Path Method* (CPM), *Program Evaluation Review Technique* (PERT), *Graphical Evaluation Review Technique* (GERT), dan *Linear Scheduling Method* (LSM). Adapun dalam penelitian ini akan menggunakan metode *Gantt Chart* dikarenakan informasi mengenai waktu yang

digunakan telah ada (deterministik), tidak ada prasyarat suatu pekerjaan dimulai dan menyesuaikan dengan apa yang digunakan oleh perusahaan.

Untuk dapat memudahkan dalam pencarian dimulainya waktu suatu pekerjaan komponen perawatan pada *ganttt chart* yang tepat berdasarkan batasan jumlah pekerja pada setiap pekerjaannya, keseimbangan alokasi pekerja dan batasan waktu yang ditentukan, permasalahan ini termasuk kedalam kategori NP-Hard. Banyak metode yang bisa dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan ini, salah satunya menggunakan metode Algoritma Genetika (AG) sebagai metode pencarian heuristik yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah optimasi yang kompleks. Oleh karena itu dengan digunakannya AG, diharapkan dapat menjawab permasalahan penjadwalan dan kemudian hasil yang diperoleh dapat digunakan sebagai evaluasi penjadwalan yang dilakukan selama ini oleh PT. Madu Baru.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, maka rumusan masalah yang terbentuk untuk diselesaikan yaitu “Apakah Algoritma Genetika dapat membantu membuat jadwal perawatan yang baik untuk menurunkan biaya perawatan?”

1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, dilakukan pembatasan masalah agar pelaksanaan dapat dilakukan dengan efisien dan hasil yang diperoleh efektif sesuai tujuan. Adapun batasan masalah yang ditetapkan adalah :

1. Periode perawatan dilakukan pada bulan Nopember 2017 – hingga Maret 2018
2. Keahlian pekerja perawatan dianggap sama
3. Jumlah pekerja yang bekerja dalam satu hari selalu lengkap (tanpa cuti)
4. Tidak mengakomodasi pekerja lembur

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan masalah yang telah dirumuskan, tujuan penelitian ini adalah “Menentukan jadwal perawatan yang lebih baik guna mengurangi biaya perawatan pada perusahaan dengan AG”

1.5. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Peneliti berharap dapat memberikan pengetahuan baru tentang metode AG dalam optimasi penjadwalan perawatan. Serta diharapkan penelitian ini mampu melengkapi hasil-hasil penelitian sebelumnya dengan topik yang sama, sehingga dapat dijadikan referensi untuk kalangan akademisi

2. Manfaat Praktis

Peneliti berharap dapat menjadi bahan bacaan untuk meningkatkan proses perawatan secara terus menerus bagi perusahaan melalui hasil penelitian, dengan begitu produktivitas dan biaya yang ditimbulkan akan semakin optimal.

1.6. Sistematika Penulisan Laporan

Berikut ini merupakan Sistematika pada penulisan Laporan Tugas Akhir (Skripsi), yang terbagi menjadi beberapa bab yang memuat informasi apa saja yang akan dibahas dalam penelitian ini, sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bagian ini menjelaskan mengenai latar belakang mengapa penelitian ini dilakukan, yaitu pentingnya perawatan dilakukan dan agar suatu perusahaan memiliki suatu perencanaan yang baik dan terukur dalam setiap tahap dalam perawatan yang akan dilakukan pada setiap mesin yang ada, terutama dalam perencanaan penjadwalan perawatan, hal ini didasari dari kondisi sekarang oleh adanya hal-hal yang melebihi kapasitas dari apa yang sudah ditentukan sebelumnya, seperti alokasi pekerja yang tidak merata. Sehingga rumusan yang

terbentuk pada penelitian ini bagaimana membuat jadwal perawatan yang optimal dan dampaknya kepada biaya pekerja. Pada penelitian ini juga memiliki batasan-batasan masalah yang berguna untuk menjaga agar penelitian ini sesuai dengan kondisi saat pengambilan data dan tidak meluas dari fokus penjadwalan perawatan. Dari hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat kepada perusahaan dalam melakukan perbaikan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Bagian ini menjelaskan mengenai penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dan landasan teori yang mendukung penelitian ini, seperti kutipan-kutipan yang terdapat pada buku, jurnal, media elektronik. Adapun teori-teori yang dimasukkan pada penelitian ini adalah, pertama mengenai definisi dan kebijakan perawatan, kedua mengenai penjadwalan yang terdiri dari definisi, kategori permasalahan, metode solusi penjadwalan, ketiga mengenai algoritma genetika yang terdiri dari definisi, langkah-langkah, dan komponen-komponen AG.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini merupakan kerangka umum bagaimana tahapan yang akan dilakukan pada penelitian untuk pemecahan masalah. Proses yang diterapkan pada penelitian ini dimulai dari penentuan objek penelitian, identifikasi masalah, tujuan penelitian, kajian literatur, pengumpulan data, pengolahan data menggunakan algoritma genetika, pembahasan, serta diakhiri dengan kesimpulan dan saran.

BAB IV PENGUMPULAN DATA DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini membahas tentang pengumpulan data profil perusahaan secara umum, data alokasi pekerja dan waktu pekerjaan, serta waktu mulai dan selesai suatu pekerjaan pada penjadwalan perawatan di perusahaan. Setelah itu pada bab ini menjelaskan mengenai proses pengolahan data terhadap data yang sudah dikumpulkan dengan metode AG . Dimulai dari inialisasi kromosom, asumsi-asumsi yang digunakan, dan hasil AG yang berupa grafik dan kromosom yang diperoleh dari hasil pengolahan. Sehingga dari hasil tersebut diperoleh waktu dimulainya pekerjaan pada perawatan mesin yang ada.

BAB V PEMBAHASAN

Bagian ini merupakan penegasan hasil bab sebelumnya yang berisi mengenai pembahasan kritis mengenai bab sebelumnya dan belum dipaparkan sebelumnya. Adapun yang dipaparkan adalah mengenai jumlah generasi yang dilakukan, pembahasan mengenai hasil dari pengolahan data awal yang berupa penjadwalan perawatan usulan yang diperoleh dari metode AG, biaya pekerja yang ditimbulkan dengan tujuan membandingkan dengan perawatan awal apakah ada perubahan yang meningkat dan terakhir mengenai pemberian asumsi pada urutan pekerjaan.

BAB VI PENUTUP

Bagian ini merupakan kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan untuk menjawab tujuan penelitian ini dilakukan dan berupa saran yang dapat dilakukan dikemudian hari.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dilakukan kajian literatur yang termasuk dalam proses penelitian yang terbagi menjadi dua bagian yaitu kajian induktif dan kajian deduktif. Kajian induktif merupakan kajian yang secara khusus mengkaji topik tertentu dari sumber-sumber yang berasal dari artikel, seminar, workshop, koran, dan sebagainya. Sedangkan kajian deduktif merupakan kajian yang diperoleh berdasarkan buku-buku (*text book*) yang berisi mengenai teori-teori yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan. Kedua model kajian tersebut bertujuan untuk mendapatkan “*state of the art*”, yakni agar penelitian yang akan dilakukan mempunyai kontribusi baru dan juga belum pernah dilakukan sebelumnya.

2.1. Kajian Induktif

Dalam penelitian sebelumnya mengenai penjadwalan banyak dilakukan oleh para peneliti untuk menyelesaikan suatu permasalahan NP-Hard yang memerlukan proses yang sangat panjang, yang cenderung belum ditemukan solusi apabila diselesaikan menggunakan matematika biasa dan biasanya permasalahan ini membutuhkan bantuan dari sistem komputasi. Adapun penelitian sebelumnya mengenai penjadwalan perawatan telah dilakukan oleh beberapa peneliti diantaranya, Balaji et al. (2016) mengenai penjadwalan perawatan pada unit generator listrik, dengan tujuan untuk mencari interval waktu yang tepat dalam kegiatan perawatan, sebagai upaya mengurangi biaya operasi dan memperpanjang reliabilitas mesin generator. Metode yang digunakan adalah pendekatan matematika dibantu dengan evolusi differensial (MADE) dan pendekatan matematika dibantu dengan *particle swarm optimization* (MAPSO).

Lakshminarayan & Kaur (2018) menerapkan *Discrete Integer Cuckoo Search (DICS) Optimization Algorithm* pada penjadwalan perawatan untuk banyak unit generator dengan adanya kendala pada ketersediaan tenaga kerja, jumlah permintaan dan batasan perawatan yang ketat. Tujuan penelitian ini adalah memaksimalkan dan mendistribusikan kebutuhan listrik merata selama 52 minggu dengan mempertimbangkan segala batasan yang ada. Selanjutnya Irawan et al. (2017) menerapkan metode *Dantzig-Wolfe decomposition* pada penjadwalan dan rute perawatan di ladang angin lepas pantai. Tujuan penelitian ini adalah meminimalkan biaya perawatan, jarak tempuh, biaya penalti dan biaya teknisi, dengan mempertimbangkan banyaknya kapal, banyaknya periode (hari), banyaknya basis operasi & perawatan (O&M), dan banyaknya ladang angin.

Go et al. (2013) menentukan penjadwalan perawatan dan operasi untuk kapal kontainer dengan banyak subsistem selama kapal berlayar berdasarkan pra-penentuan penjadwalan navigasi. Tujuan penelitian ini adalah menentukan waktu mulai setiap pekerjaan perawatan dengan waktu bekerja dan due-date pada setiap pekerjaan perawatan telah ditentukan dengan pendekatan *mixed integer programming model* dan algoritma heuristik. Kendala utama dari pembuatan penjadwalan adalah kebutuhan subsistem, ketersediaan tenaga kerja, batasan waktu pekerjaan dan waktu antar perawatan.

Dari penjelesan sebelumnya mengenai banyaknya penjelasan mengenai penyelesaian masalah penjadwalan perawatan dengan meta-heuristik, untuk itu peneliti mencoba menggunakan metode algoritma heuristik yang lain untuk menyelesaikan permasalahan NP-Hard, seperti Algoritma Genetika (AG). Adapun AG sudah banyak digunakan pada penelitian-penelitian sebelumnya diantaranya Bhasin & Gupta (2018) untuk mengurangi waktu jalur terpanjang pada permasalahan NP-hard dan sekaligus memberikan kontribusi dalam mengurangi waktu jalur terpanjang pada permasalahan NP-hard menggunakan AG. Setelah digunakannya AG dengan populasi sebanyak 20, generasi sebanyak 50, dan menggunakan one-point *crossover* didapatkan hasil pengurangan rata-rata waktu jalur dari waktu aktualnya.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hou et al. (2015) untuk menyelesaikan permasalahan pembuatan dalam penjadwalan minyak mentah yang sebelumnya tidak bisa diselesaikan dengan metode heuristic dan meta-heuristik menjadi bisa digunakan,

ditambah dengan pengaplikasian NSGA (*nondominated sorting genetic algorithm*) pada penyelesaian ini. Dari hasil pengaplikasian AG didapatkan adanya pengurangan jumlah pergantian jenis minyak dalam transportasi dari tank penyimpanan menuju tanki pengisian menggunakan pipa sebesar 64%, adanya pengurangan pencampuran minyak yang berbeda jenis dalam tanki pengisian maupun pemakaian sebesar 75% dan adanya pengurangan jumlah penggunaan tanki pengisian sebesar 13%. Dari hasil tersebut Penggunaan NSGA-II ternyata mampu menyelesaikan permasalahan penjadwalan pada sistem kilang minyak yang menggunakan metode heuristik.

Penelitian berikutnya oleh Senoussi, et al (2018) dalam permasalahan untuk mengurangi jumlah biaya dari proses pengiriman barang dari fasilitas produksi ke retail dan berapa jumlah barang yang harus diproduksi. Adapun solusi yang diterapkan adalah dengan menggabungkan permasalahan *One-Warehouse Multi Retailer* (OWMR) dan *Production Routing Problem* (PRP) menggunakan AG. Setelah digunakannya berbagai macam aplikasi penyelesaian AG, seperti MIP1, MIP2 dan MIP3. MP1 dan MP2 lebih baik daripada MP3 untuk ukuran contoh yang kecil dan MIP3 lebih baik untuk ukuran contoh yang besar.

Gupta & Chatterjee (2018) menyelesaikan permasalahan *forecast* menggunakan metode AG dengan cara mengembangkan AG untuk mencari motif multi-dimensional dalam data *multi-dimensional time-series* pada genom. Dari hasil yang didapatkan dengan membandingkan nilai rata-rata MAD pada penggunaan metode forecast menggunakan AG, VAR dan Naive untuk data sintesis 1 sebesar 0.0474, 0.2672 dan 0.2725 dan pada data sintesis 2 sebesar 0.1461, 0.3168 dan 0.3311. Dari hasil penelitian yang dilakukan, penggunaan AG dalam mencari motif untuk *forecast* didapatkan hasil yang sangat efektif. Algoritma ini juga dapat digunakan untuk *multi-dimensional time series forecasting* seperti meramal cuaca, stok pasar, ekonomi, dan meramal energi.

Pinto et al. (2015) menyelesaikan permasalahan maksimasi sistem *Optimal Billing Sequencing* (OBS) dengan AG untuk mengambil urutan yang tertuju pada alokasi stok yang tersedia untuk di beli dalam portfolio secara otomatis. Dari hasil yang didapatkan, AG dapat diaplikasikan dengan merepresentasikan data *Finished Goods* (FP) dan *Purchase Orders Portfolio* (POP) membuat alur informasi logistik menjadi lebih cepat

dalam mengidentifikasi item mana yang harus disisihkan untuk setiap pelanggan. Yuliasuti et al. (2017) memberikan solusi untuk rute perjalanan destinasi turis di kota Malang dengan cara mengoptimasikan TSP dengan batasan jam operasi wisata untuk penjadwalan pada studi kasus menggunakan AG. Dari hasil yang didapatkan dari banyak kombinasi *crossover rate* dan *mutation rate* didapatkan hasil terbaik CR = 0.7 dan MR = 0.3.

Zhao et al. (2009) mengembangkan model AG sebagai penekan biaya dalam pembaruan komponen rel kereta api dengan memberikan solusi permasalahan non-linier dengan mengadopsi AG pada variabel kontinu yang berukuran besar seperti pada jumlah rel kereta api yang tidak bisa menggunakan metode integer programming. Setelah digunakannya AG biasa dengan AG partisi dan integrasi (GAPI) didapatkan perbedaan yakni dalam hal kecepatan solusi optimal (jumlah generasi) sebanyak 17.4 % lebih lambat dibanding dengan hanya berdasarkan AG dasar.

Asjad & Khan (2016) mengaplikasikan AG untuk mengoptimalkan biaya perawatan untuk performa yang lebih tinggi dengan AG sebagai alat untuk mengembangkan kegiatan operasi dan perawatan untuk sistem mekanikal. Dari tiga studi kasus yang diberikan bahwasanya biaya perawatan tinggi mengakibatkan ketersediaan mesin kecil dikarenakan sedang dilakukan perawatan, sehingga apabila interval *preventive maintenance* dinaikkan maka *availability* semakin tinggi juga. Setelah dilakukannya analisis sensitivitas didapatkan faktor *fixed cost* memberikan pengaruh efek terbesar pada biaya perawatan

Berdasarkan penjelasan telah dikemukakan pada penelitian-penelitian sebelumnya mengenai permasalahan ini. Penelitian-penelitian tersebut terkait dengan penentuan jadwal perawatan dengan kendala/batasan yang beraneka ragam. Untuk kasus yang terjadi pada penelitian ini adalah menyelesaikan suatu permasalahan dengan tujuan menetapkan waktu mulai setiap pekerjaan perawatan berdasarkan kendala-kendala pemerataan alokasi pekerja, batasan ketersediaan pekerja dan batasan waktu yang ada, dengan hasil akhir untuk mengurangi biaya perawatan. Agar tujuan dapat terselesaikan dengan adanya solusi yang didapat, maka akan digunakan Algoritma Genetika (AG)

sebagai salah satu metode meta-heuristik yang dapat digunakan dalam pencarian solusi permasalahan yang kompleks, terutama pada permasalahan penjadwalan perawatan.

2.2. Kajian Deduktif

2.2.1. Perawatan

Perawatan merupakan kegiatan yang diperlukan untuk mempertahankan kualitas suatu fasilitas agar fasilitas tersebut dapat berfungsi dengan kondisi siap pakai, agar suatu kegiatan operasi sesuai dengan apa yang direncanakan (Sudrajat, 2011). Perawatan dalam suatu perusahaan kini tidak hanya sebatas mengenai perawatan mesin mesin yang berhubungan langsung terhadap alur produksi, namun juga meliputi semua fasilitas – fasilitas yang ada di suatu perusahaan seperti diesel, turbin, pompa, generator, forklift, komputer dan lainnya.

Adapun alasan penting dilakukannya perawatan dalam perusahaan adalah, antara lain :

1. Fasilitas di harapkan selalu siap sedia ketika proses produksi dilaksanakan
2. Fasilitas yang digunakan perusahaan cenderung digunakan terus menerus (kontinu), sehingga ada kemungkinan terjadi segala macam hal terhadap fasilitas tersebut yang menyebabkan kemampuannya berkurang dengan lama nya waktu pemakaian, sehingga tidak lagi mempunyai performa yang baik secara teknis maupun ekonomis
3. Perusahaan melakukan perawatan didasari atas kemuan untuk menjaga agar umur pakai fasilitas tersebut dapat berumur panjang
4. Menjamin keselamatan kerja dan keamanan

Dalam perkembangannya dalam dunia industri, awalnya fungsi perawatan masih dilihat sebagai suatu tindakan yang hanya dilakukan ketika perbaikan atau pergantian mesin dibutuhkan, sampai pada waktu 1970 an tindakan perawatan mulai direncanakan untuk menghindari kegagalan atau kerusakan mesin (Pintelon & Parodi-Herz, 2008). Dalam melakukan perawatan, banyak sekali kebijakan-kebijakan yang bisa diterapkan perusahaan dalam menyikapi tindakan perawatan yang sesuai dengan perusahaan, antara lain (Sudrajat 2011; Gulati 2009) :

A. *Time Based Maintenance*

Pada kebijakan perawatan ini, tindakan perawatan dilakukan secara periodik dalam rentan waktu tertentu yang digunakan untuk memonitor kondisi peralatan. Rentan waktu dapat ditentukan berdasarkan rekomendasi dari *supplier*, pengalaman operator atau data historis terjadinya kerusakan.

B. *Corrective Maintenance*

Pada kebijakan perawatan ini, tindakan perawatan dilakukan sebagai inisiasi dari hasil observasi dari kondisi aset, baik setelah maupun sebelum adanya kerusakan.

C. *Predictive Maintenance (Condition Based Maintenance)*

Pada kebijakan perawatan ini, tindakan perawatan dilakukan berdasarkan pengukuran kondisi aset, apakah aset tersebut akan mengalami kerusakan pada periode tertentu. Pengukuran bisa menggunakan *statistical process control*, performa peralatan, monitoring getaran, monitoring geometris (posisi), dan indra manusia.

D. *Preventive Maintenance*

Pada kebijakan perawatan ini, tindakan perawatan dilakukan dengan cara inspeksi, penggantian komponen, dan overhaul yang ditentukan sebelum terjadinya kerusakan, baik dilakukan berdasarkan waktu atau perawatan yang terprediksi. Keunggulan dari kebijakan ini tentu menjamin keandalan dari mesin, umur mesin yang lebih panjang dan *downtime* mesin dapat kurangi.

E. *Reactive Maintenance (breakdown maintenance)*

Pada kebijakan perawatan ini, tindakan perawatan dilakukan sebagai respon atas terjadinya *breakdown* pada suatu mesin. Ketika hal ini terjadi di mesin kritis, maka dapat merugikan perusahaan dalam hal biaya yang cukup banyak, dikarenakan harus berhentinya proses produksi untuk jangkawaktu tertentu. Disamping itu kebijakan perawatan ini mempunyai keuntungan diantaranya :

- Biaya murah, didasari dengan tidak adanya perlakuan perawatan
- Cocok untuk mesin / peralatan yang mudah dicari dipasaran dengan biaya yang murah

F. *Operator Based Maintenance*

Pada kebijakan perawatan ini, tindakan perawatan dilakukan dengan cara mengikutsertakan operator mesin bersangkutan untuk menjalankan tugas perawatan agar mesin dapat bekerja dengan baik

G. *Run-to Failure Maintenance*

Pada kebijakan perawatan ini membolehkan jenis kerusakan tertentu dapat terjadi tanpa adanya tindakan pencegahan untuk itu. Hal tersebut dilakukan sebagai salah satu upaya dalam pertimbangan ekonomis bagi perusahaan.

2.2.2. Penjadwalan

Penjadwalan adalah proses pembuatan keputusan yang berfokus pada alokasi sumber daya yang terbatas untuk melakukan sejumlah pekerjaan untuk mengoptimasi satu atau beberapa tujuan (Alharkan, 2005). Dalam hal ini untuk masalah perawatan, penjadwalan perawatan dapat dilaksanakan dalam bentuk harian, mingguan dan bulanan sesuai dengan jadwal produksi yang ada, ketersediaan material dan komponen perawatan dan beban kerja perawatan haruslah seragam.

Penjadwalan yang utamanya haruslah berfokus pada keseimbangan permintaan dan persediaan (Mobley, 2004). Permintaan datang dari komponen yang dibutuhkan kegiatan perawatan dilakukan, baik itu penggantian komponen ataupun sekedar hanya pemberian lubrikasi. Persediaan adalah ketersediaan dari komponen, pekerja, dan material yang dibutuhkan dalam melakukan pekerjaan perawatan. Adapun tujuan dari penjadwalan perawatan adalah :

1. Meningkatkan utilitas sumber yang dimiliki agar tidak ada yang mengangur
2. Mengurangi jumlah pekerjaan yang menunggu maupun yang terlambat

Untuk membuat suatu penjadwalan perawatan ada hal penting yang harus dipertimbangkan yakni : Pertama, dalam melakukan perawatan harus seminim mungkin bersentuhan langsung atau memberikan pengaruh interaktif pada proses produksi berlangsung, maka dari itu perawatan haruslah terorganisir dengan baik dengan pengendalian dan juga pencatatannya. Kedua, pada pekerjaan perawatan yang bersifat proyek perbaikan penjadwalan dibuat berbasis waktu.

2.2.2.1. Kategori Permasalahan dalam Penjadwalan

Dalam permasalahan penjadwalan dibagi menjadi beberapa kategori, yakni :

A. Deterministik

Ketika semua elemen penjadwalan, seperti waktu kedatangan pekerjaan, waktu due date, pemesanan, waktu proses, dan ketersediaan mesin sudah ditentukan sebelumnya.

B. Statis

Kategori ini hampir sama dengan deterministik, hanya saja terdapat pengecualian pada waktu kedatangan pekerjaan yang berbeda. Set pekerjaan dari waktu ke waktu tidak bisa diubah dan sudah ada terlebih dahulu

C. Dinamis

Set pekerjaan berubah dari waktu ke waktu dan kedatangan pekerjaan juga berbeda di setiap waktu

D. Stokastik

Kategori ini semua elemen mengenai faktor-faktor yang ada di dalam penjadwalan berupa stokastik (ketidakpastian)

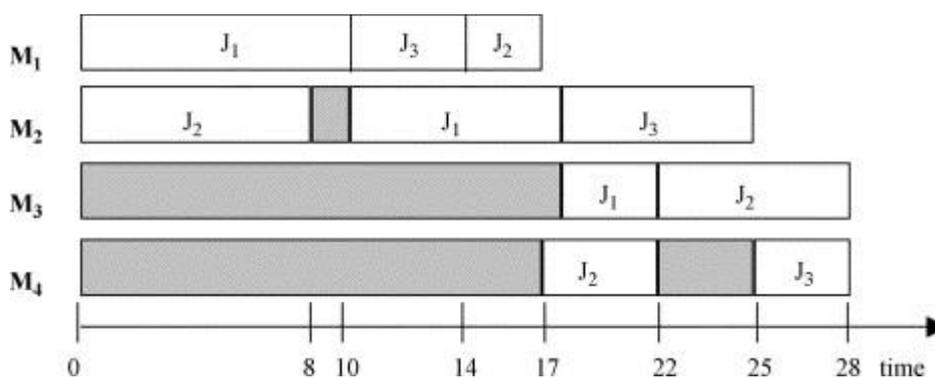
2.2.2.2. Metode Solusi

Dalam penyelesaian permasalahan penjadwalan atau urutan untuk data yang bersifat deterministik, dinamis, statis ataupun stokastik terdapat berbagai macam cara sebagai berikut (Alharkan, 2005):

- 1) Metode optimasi, seperti Algoritma Johnson untuk menyelesaikan permasalahan flow shop dengan *two machine and n job*
- 2) Metode enumeratif menggunakan Algoritma Bound dan Branch
- 3) Metode heuristik untuk job shop, seperti Algoritma Campbell, Dudek and Smith
- 4) Model matematika seperti Algoritma Wagner's untuk menyelesaikan permasalahan flowshop dengan *n jobs and m machine*
- 5) Teknik pencarian heuristik, seperti *Simulated Annealing*, *Genetic Algorithms*, *Tabu Search*, dan *Artificial Intelligence*
- 6) Menggunakan model simulasi
- 7) Menggunakan model analitikal, seperti *Jackson's open queuing network model*

2.2.2.3. Gantt Chart

Gantt Chart adalah model yang dikembangkan oleh Henry Laurence Gantt pada tahun 1910, yang bisa disebut juga dengan *Project Bar Chart*, *Milestones Chart*, dan juga *Activity Chart*. Gantt Chart Merupakan salah satu model yang sederhana dan paling banyak digunakan, yang berfungsi sebagai representasi grafis hubungan dari penjadwalan. Umumnya aktivitas ditampilkan sepanjang sumbu vertikal dan jangka waktu ditampilkan sepanjang sumbu horisontal (Baker, 1974). Gantt Chart berfokus kepada bagaimana suatu pekerjaan dialokasikan berdasarkan waktu, sehingga akan diketahui kapan dimulainya suatu pekerjaan, lama pekerjaan dan kapan harus berakhir. Hal tersebut dapat memudahkan para penggunanya dalam melakukan pengawasan dan kemudahan dalam pembuatan keputusan alternatif suatu proyek agar sesuai dengan tujuan yang direncanakan. Adapun contoh Gantt Chart pada Gambar 2.1 :



Gambar 2. 1 Gantt Chart

2.2.3. Algoritma Genetika

Algoritma Genetika (AG) merupakan salah satu algoritma pencarian heuristik berdasarkan mekanisme evolusi biologis. Algoritma ini pertama kali diperkenalkan oleh John Holland dari Universitas Michigan pada tahun 1975, yang mana AG mengikuti konsep dari evolusi Darwin dan operasi genetika atas kromosom. Permasalahan yang menggunakan algoritma genetika adalah untuk menemukan suatu ruang kandidat dari banyak hipotesa untuk mengidentifikasi hipotesa terbaik. Dalam AG, hipotesa terbaik dapat ditentukan dengan cara menggunakan alat ukur secara numerik yang telah dibuat sesuai dengan permasalahan yang ada, yang disebut dengan *fitness*. Algoritma ini bekerja

dengan cara mengiterasi berbagai hipotesa yang disebut populasi (Mitchell, 1997). Dalam populasi terdapat kromosom sebagai individu dalam populasi.

Dalam setiap iterasi, semua anggota populasi akan dievaluasi berdasarkan *fitness* yang telah dibuat, dengan anggota populasi awal dibuat secara acak. Suatu populasi baru akan terbentuk dari evolusi kromosom-kromosom awal (*parent*) melalui iterasi yang disebut dengan generasi. Hasil dari generasi yang sudah dilakukan akan menghasilkan anak (*offspring*) dari penggunaan operasi genetika seperti *crossover* dan *mutation*. Populasi yang baru terbentuk sudah melalui tahapan eliminasi kromosom berdasarkan nilai *fitness* yang terbaik dari induk (*parent*) dan anak (*offspring*), sehingga ukuran populasi konstan. Adapun istilah-istilah yang terdapat dalam Algoritma Genetika (Fadlisyah et al., 2009) :

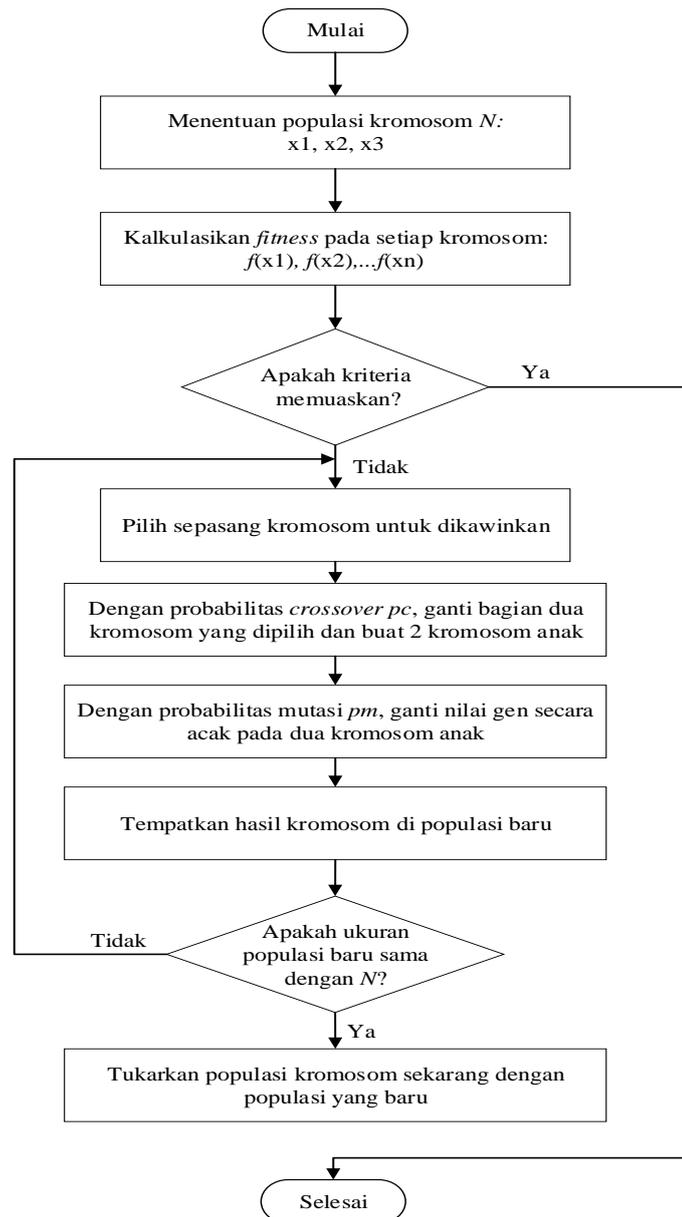
Tabel 2. 1 Definisi Istilah Algoritma Genetika

No	Istilah	Definisi
1	Kromosom (solusi)	Struktur yang mengkodekan preskripsi yang menspesifikasikan bagaimana organisme dikonstruksikan
2	Gen-gen (bagian dari solusi)	Bagian dari kromosom yang berupa sejumlah struktur individu
3	Locus (posisi dari gen)	
4	Alleles (nilai gen)	
5	Phenotype (solusi yang diuraikan)	Organisme yang dihasilkan dari sekumpulan kromosom
6	Genotype (solusi yang disandakan)	Sekumpulan kromosom kromosom yang lengkap

2.2.3.1. Langkah – Langkah Algoritma Genetika

Untuk memberikan solusi terhadap permasalahan yang menggunakan AG, sebelumnya peneliti perlu mengetahui bagaimana AG bekerja, sebagaimana yang dijelaskan oleh (Mitchell, 1996) :

- Langkah 1 : Mempresentasikan domain variabel permasalahan sebagai kromosom, menentukan ukuran populasi kromosom N , probabilitas *crossover* p_c dan probabilitas *mutation* p_m .
- Langkah 2 : Menentukan fungsi *fitness* untuk mengukur performa kromosom dalam suatu permasalahan.
- Langkah 3 : Menentukan populasi awal kromosom secara acak dengan ukuran N :
 $\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_N$
- Langkah 4 : Mengkalkulasikan *fitness* pada setiap kromosom:
 $f(\chi_1), f(\chi_2), \dots, f(\chi_N)$
- Langkah 5 : Pilih sepasang kromosom dari populasi sekarang untuk dikawinkan. Kromosom induk dipilih dengan probabilitas yang berelasi terhadap *fitness*. Kromosom dengan nilai fit yang tertinggi lebih mudah terpilih daripada nilai terendah
- Langkah 6 : Membuat sepasang kromosom anak (*offspring*) dengan metode *crossover* dan *mutation*
- Langkah 7 : Menempatkan kromosom anak yang telah dibuat pada populasi yang baru
- Langkah 8 : Ulangi langkah 5 hingga ukuran populasi kromosom baru menjadi sama dengan ukuran populasi awal, N .
- Langkah 9 : Menggantikan populasi kromosom induk dengan populasi kromosom anak
- Langkah 10 : Kembali ke langkah 4, dan ulangi proses hingga kriteria yang diinginkan telah sesuai.



Gambar 2. 2 Dasar Kerja Algoritma Genetika

2.2.3.2. Komponen – Komponen Utama Algoritma Genetika

Dalam AG terdapat enam komponen berdasarkan (Kusumadewi, 2003):

A. Teknik Pengkodean

Pengkodean meliputi pengkodean gen dari kromosom yang mana satu gen mewakili satu variabel. Gen dapat direpresentasikan dalam bentuk: pohon, string bit berupa deretan nilai 0 atau 1, elemen permutasi, bilangan real dengan interval $[0,R]$ di mana R adalah bilangan real positif, daftar urutan, atau representasi lainnya.

Adapun menurut Kumar (2013) struktur pengkodean dapat diklasifikasikan menjadi menjadi 1-dimensional dan 2-dimensional, yang mana untuk 1-dimensional terdapat struktur biner, octal, *hexadecimal*, *permutation* dan value encodings, sedangkan untuk 2-dimensional terdapat struktur pohon (*tree encoding*).

a) *Binary Encoding*

Tipe pengkodean ini merupakan yang paling banyak digunakan. Kromosom diinpresentasikan dengan *binary string* dengan nilai 1 atau 0 seperti Tabel 2.2 berikut :

Tabel 2. 2 *Binary Encoding*

Kromosom 1	1100110101001
Kromosom 2	0011011001011

b) *Octal Encoding*

Tipe pengkodean kromosom ini diinpresentasikan menggunakan angka octal (0-7) seperti Tabel 2.3 berikut :

Tabel 2. 3 *Octal Encoding*

Kromosom 1	0536119143
Kromosom 2	6354134635

c) *Hexadecimal Encoding*

Tipe pengkodean kromosom ini diinpresentasikan menggunakan angka hexadesimal (0-9, A-F), seperti Tabel 2.4 berikut :

Tabel 2. 4 *Hexadecimal Encoding*

Kromosom 1	3D24
Kromosom 2	F89B

d) *Permutation Encoding*

Tipe pengkodean ini biasanya digunakan untuk permasalahan urutan seperti *travelling salesman problem* (TSP). Setiap nilai gen merupakan urutan yang akan ditempuh, seperti Tabel 2.5 berikut :

Tabel 2. 5 *Permutation Encoding*

Kromosom 1	123456789
Kromosom 2	123459876

e) *Value Encoding*

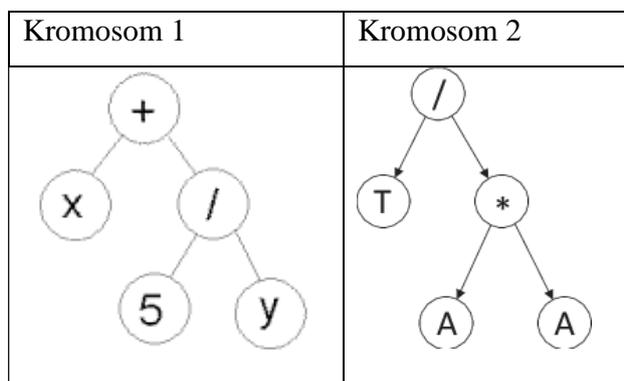
Pada tipe pengkodean kromosom ini, setiap kromosom dapat diinpresentasikan sebagai *string* dari beberapa nilai. Adapun nilai dapat berupa bilangan integer, bilangan real, karakter dan lainnya, seperti Tabel 2.6 berikut :

Tabel 2. 6 *Value Encoding*

Kromosom 1	1.24, 3.18, 2.64, 0.2
Kromosom 2	ABHGFBJGNDHS

f) *Tree Encoding*

Pada tipe pengkodean kromosom ini digunakan untuk pengembangan/pembuatan program untuk *genetic programming*. Pada *tree encoding* setiap kromosom adalah sebuah pohon untuk beberapa tujuan seperti perintah untuk bahasa pemrograman, seperti pada Tabel 2.7 berikut :

Tabel 2. 7 *Tree Encoding*

B. Prosedur Inisialisasi

AG merupakan metode pencarian heuristik yang bekerja pada kumpulan kromosom (populasi). Maka tahap awal dari AG adalah menentukan populasi awal sebanyak dari ukuran populasi. Dalam menentukan ukuran populasi tergantung pada masalah dan operator genetika yang akan digunakan. Dengan inisialisasi kromosom tidak ada

aturan yang pasti, namun harus tetap memperhatikan domain solusi dan permasalahan yang ada.

C. Fungsi Evaluasi

Fungsi evaluasi dalam melakukan evaluasi kromosom adalah dengan membuat suatu fungsi *fitness* yang sesuai dengan fungsi objektif (fungsi tujuan) dengan nilai *fitness* tidak boleh bernilai negatif. Untuk permasalahan pencarian maksimasi, maka fungsi tujuan dapat langsung digunakan, sedangkan untuk permasalahan pencarian minimasi fungsi tujuan harus di inverskan terlebih dahulu atau dengan cara menggunakan bilangan besar sebagai bilangan yang akan dikurangkan. Di setiap generasi yang dihasilkan, kromosom dengan nilai *fitness* yang paling tinggi akan dipertahankan dan kromosom dengan nilai *fitness* yang bernilai rendah akan dimusnahkan.

D. Seleksi

Merupakan metode untuk mendapatkan calon anak yang baik dan memberikan kesempatan reproduksi lebih besar bagi kromosom dengan nilai yang paling fit di setiap generasi. Adapun metode seleksi yaitu *Rank-based Fitness Assignment*, *Roulette Wheel Selection*, *Stochastic Universal Sampling*, *Local Selection*, *Truncation Selection*, dan *Tournament Selection*.

E. Operator Genetika

Terdapat 2 operator genetika yakni Rekombinasi dan Mutasi. Rekombinasi terbagi menjadi 3 yakni untuk bilangan real, biner dan *crossover* dengan permutasi :

- Rekombinasi bernilai real : diskret, intermediate, garis, garis yang diperluas
- Rekombinasi bernilai biner (*crossover*) : *crossover* satu titik, banyak titik dan seragam, dan lainnya
- *Crossover* dengan permutasi

Sedangkan untuk mutasi terbagi menjadi dua yakni, mutasi bernilai real dan mutasi bernilai biner.

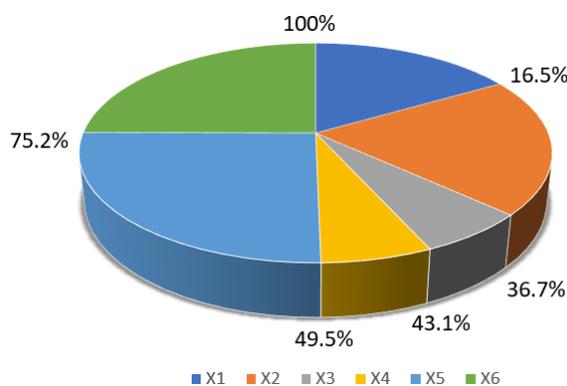
F. Penentuan Parameter

Dalam penggunaan AG terlebih dahulu menentukan parameter yang berguna untuk mengontrol algoritma untuk memecahkan permasalahan yang akan dipecahkan. Adapun yang harus ditentukan sebelum melakukan pencarian solusi adalah ukuran populasi (*popsiz*e), probabilitas *crossover* (p_c) dan probabilitas mutasi (p_m).

2.2.3.3. Seleksi Road Roulette

Salah satu teknik seleksi kromosom yang paling sering digunakan adalah seleksi roda roulette (Goldberg, 1989). Pada Gambar 2.3 merupakan ilustrasi dari roda roulette, di mana setiap kromosom memiliki nilai sendiri dalam setiap potongan roda, di mana nilai X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , X_5 , X_6 memiliki nilai probabilitas sebesar 16.5%, 20.2%, 6.4%, 6.4%, 25.3%, dan 24.8% yang didapat dari nilai *fitness* dari setiap individunya. Dari data tersebut nilai X_5 dan X_6 merupakan nilai terbesar sedangkan nilai X_3 dan X_4 merupakan nilai terkecil.

Untuk memilih kromosom yang akan dipasangkan, suatu nilai acak dibangkitkan dengan interval 0-100, dan individu yang berada dalam kawasan bilangan acak tersebut akan terseleksi (Negnevitsky, 2005). Proses ini akan diulang hingga jumlah individu sesuai dengan yang diharapkan, sebagai contoh disini karena memiliki populasi sebanyak 6 kromosom, maka dilakukan 6 kali proses putaran (*Spin*) pada roulette. Satu pasang kromosom induk yang terpilih, operator genetika seperti *crossover* langsung dapat diaplikasikan.



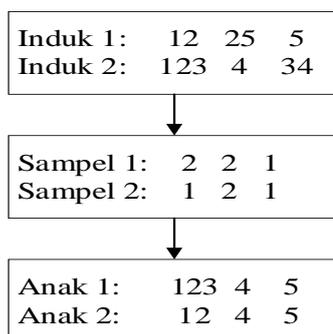
Gambar 2. 3 Seleksi Roda Roulette

2.2.3.4. Rekombinasi

Rekombinasi merupakan proses untuk menciptakan keragaman genetik terhadap gen pada satu kromosom dengan kromosom lainnya, dengan tujuan untuk memberikan perbedaan karakteristik pada setiap organisme. Adapun caranya dengan mengambil dua induk yang dijadikan solusi lalu memproduksi anak dari keduanya. Pada AG rekombinasi terbagi menjadi beberapa cara tergantung dari permasalahan dan nilai yang digunakan baik itu bilangan biner atau real. Adapun macam-macam rekombinasi menurut (Kusumadewi 2003; Taha 2010; Sivanandam & Deepa 2008; Umbarkar & Sheth 2015):

A. Rekombinasi Diskret

Tipe rekombinasi ini adalah dengan menyumbangkan nilai kromosom induk (gen) sesuai dengan hasil probabilitas yang dibangkitkan secara acak dengan nilai probabilitas yang sama kepada calon kromosom anak.



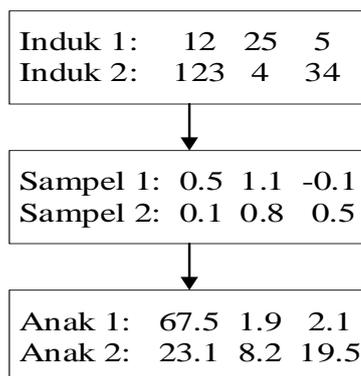
Gambar 2. 4 Contoh Rekombinasi Diskret

B. Rekombinasi Menengah

Tipe rekomendasi ini hanya berlaku untuk nilai yang bertipe bilangan real, dengan rumus untuk menghasilkan anak sebagai berikut :

$$\text{Anak} = \text{induk 1} + \alpha (\text{induk 2} - \text{induk 1}) \quad (2.1)$$

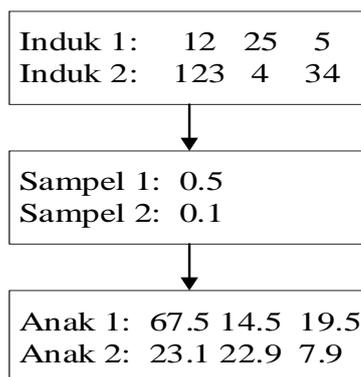
Nilai alpha ditentukan secara acak pada interval $[-d, 1+d]$, biasanya $d = 0.25$. Setiap allules kromosom anak merupakan hasil kombinasi variabel-variabel menurut rumus diatas, dengan nilai alpha dipilih ulang untuk setiap nilai gen pada kromosom anak.



Gambar 2. 5 Contoh Rekombinasi Menengah

C. Rekombinasi Garis

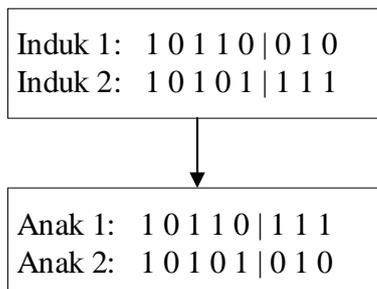
Tipe rekomendasi ini pada dasarnya sama dengan rekombinasi menengah, hanya saja nilai alpha ditentukan cukup satu kali untuk satu kromosom, seperti Gambar 2.6 berikut:



Gambar 2. 6 Contoh Rekombinasi Garis

D. Penyilangan Satu Titik (*Single-point crossover*)

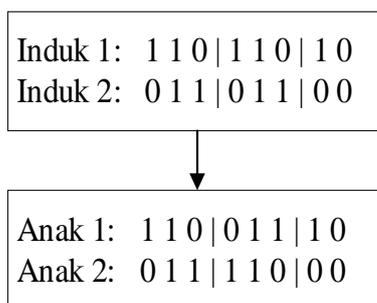
Pada tipe rekombinasi ini, gen-gen kromosom induk I1 dan I2 dipisahkan secara acak pada titik yang sama, lalu ditukarkan. Sebagai contoh, I1=(I11,I12) dan I2 = (I21, **I22**) menghasilkan kromosom anak A1 = (I1, **I22**) dan A2 = (I21, I12), seperti Gambar 2.7 berikut :



Gambar 2. 7 Contoh Penyilangan Satu Titik

E. Penyilangan Banyak Titik (*Multi-point Crossover*)

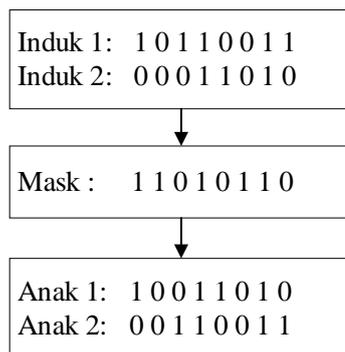
Pada tipe rekombinasi ini merupakan perkembangan dari penyilangan satu titik pada titik yang beragam. Sebagai contoh, $I_1 = (I_{11}, \underline{I_{12}}, I_{13})$ dan $I_2 = (I_{21}, \underline{I_{22}}, I_{23})$ menghasilkan anak $A_1 = (I_{11}, \underline{I_{22}}, I_{13})$ dan $A_2 = (I_{21}, \underline{I_{12}}, I_{23})$, seperti Gambar 2.8 berikut :



Gambar 2. 8 Contoh Penyilangan Banyak Titik

F. Penyilangan Seragam (*Uniform Crossover*)

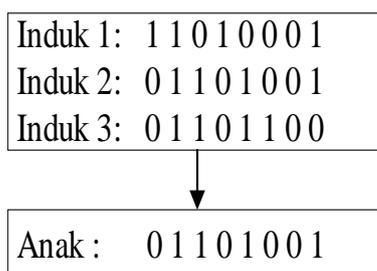
Pada tipe rekombinasi ini, setiap induk yang dipilih akan menyumbangkan nilai gen nya kepada kromosom anak yang akan dibuat dengan bantuan *mask* yang panjangnya sama dengan kromosom dan berisikan bit-bit secara acak (0 atau 1). Ketika ada angka 1 pada *mask*, maka nilai gen kromosom anak pertama berasal dari kromosom induk pertama dan apabila angka 0, maka nilai gen berasal dari kromosom induk kedua. Sedangkan untuk kromosom anak kedua untuk angka 1 pada *mask*, maka nilai gen kromosom anak berasal dari kromosom induk kedua dan angka 0 berasal dari kromosom induk pertama. Lebih jelasnya seperti Gambar 2.9 berikut :



Gambar 2. 9 Contoh Penyilangan Seragam

G. Penyilangan dengan Tiga Induk (*Three Parent Crossover*)

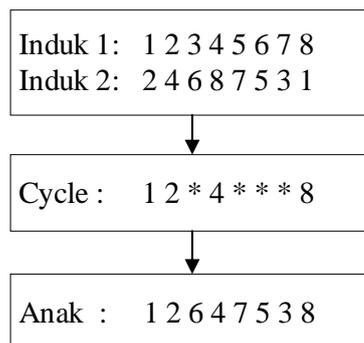
Pada tipe rekombinasi ini, setiap bit pada kromosom induk pertama akan dibandingkan dengan kromosom induk kedua. Apabila nilai bit keduanya sama, maka nilai nya akan diambil untuk kromosom anak, sedangkan apabila berbeda, maka menggunakan bit kromosom induk ketiga, seperti Gambar 2.10 berikut :



Gambar 2. 10 Contoh Penyilangan Tiga Induk

H. Penyilangan Siklus (*Cycle Crossover*)

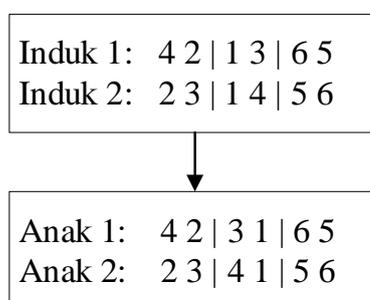
Pada tipe penyilangan ini, pembuatan kromosom anak dari induk berdasarkan adanya hubungan nilai gen dari setiap posisi yang ditempati dari kedua kromosom. Hal pertama yang dilakukan adalah memilih elemen pertama dari kromosom induk pertama atau kromosom induk kedua, apabila yang dipilih kromosom induk pertama, lalu lihat nilai elemen dibawahnya pada kromosom induk kedua. Cari nilai yang sama dengan elemen pertama kromosom induk kedua di kromosom induk pertama, lalu lihat nilai dibawahnya dan ulangi langkah tersebut sehingga seperti membentuk suatu *cycle*. Apabila *cycle* telah terbentuk dan terdapat *locus* yang masih kosong, maka isi locus tersebut dengan nilai gen yang ada di kromosom induk kedua. Lebih jelasnya seperti ada Gambar 2.11 berikut :



Gambar 2. 11 Contoh Penyilangan Siklus

I. Penyilangan Urutan (*Ordered Crossover*)

Pada tipe rekombinasi ini, penyilangan dua titik (*two-point crossover*) digunakan untuk menyelesaikan permasalahan urutan, sebagai contoh pada *U-shaped line balancing*. Apabila terdapat satu pasang kromosom induk, titik dua penyilangan yang secara acak akan membagi mereka menjadi porsi bagian kiri, tengah dan kanan. Untuk anak pertama mewarisi porsi kiri dan kanan dari induk pertama, dan porsi bagian tengah adalah dengan memindahkan posisi gen yang ada pada bagian tengah kromosom induk pertama. Proses yang sama berlaku pada pembuatan kromosom anak kedua, seperti Gambar 2.12 berikut :



Gambar 2. 12 Contoh Penyilangan Urutan

2.2.3.5. Mutasi

Mutasi merupakan proses setelah dilakukannya rekombinasi terhadap kromosom. Tujuan dilakukannya mutasi adalah menjaga algoritma genetika dalam menyelesaikan permasalahan agar tidak terjebak dalam situasi *local minimum* dan menjaga perbedaan dalam populasi. Perbedaan mutasi dengan rekombinasi adalah rekombinasi mencoba memanfaatkan solusi yang ada untuk mencari yang lebih baik dari solusi yang ada,

sedangkan mutasi membantu dalam hal eksplorasi keseluruhan ruang pencarian (Sivanandam & Deepa, 2008).

Mutasi bekerja dengan menggunakan nilai acak yang sangat kecil, dengan probabilitas yang sangat rendah. Probabilitas mutasi (p_m) adalah parameter penting yang digunakan dalam mutasi, dikarenakan dapat menentukan seberapa banyak bagian kromosom yang akan dimutasi. Apabila probabilitas mutasi terlalu kecil, kemungkinan banyak gen yang berguna tidak pernah dievaluasi, sebaliknya jika terlalu besar, kemungkinan kromosom anak akan kehilangan kemiripan dengan kromosom induknya. Adapun macam-macam cara mutasi sebagai berikut :

A. Mutasi Bilangan Real / Integer

Mutasi bilangan real berbeda dengan mutasi untuk bilangan biner. Adapun mutasi ini dinamakan mutasi delta. Gen yang dimutasi akan dirubah nilainya keatas atau kebawah secara acak. Adapun mekanisme rumus mutasi ini sebagai berikut :

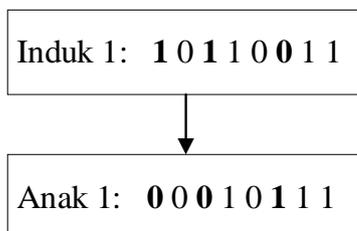
- $L' = L + (-)$ delta
- Delta = (0; nilai terbesar - L) atau (0; L - nilai terkecil) dipilih salah satu secara acak

Dimana : L' = nilai lokus baru

L = nilai lokus lama

B. *Flipping*

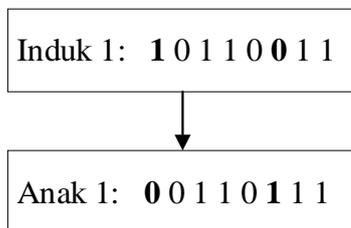
Tipe mutasi ini khusus untuk bilangan biner dengan merubah nilai 0 menjadi 1 atau 1 menjadi 0 pada gen yang akan dimutasi. Gen yang dimutasi berdasarkan nilai probabilitas yang dibangkitkan secara acak, dengan $r < p_m$ yang akan dimutasi, seperti pada Gambar 2.13 berikut :



Gambar 2. 13 Contoh Mutasi *Flipping*

C. *Interchanging*

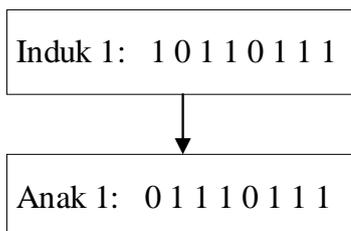
Tipe mutasi ini adalah dengan menukarkan posisi dua gen secara acak sesuai dengan nilai pada keduanya, seperti pada Gambar 2.14 berikut :



Gambar 2. 14 Contoh Mutasi *Interchanging*

D. *Reversing (Swap Mutation)*

Tipe mutasi ini adalah dengan menukarkan posisi salah satu gen secara acak dengan nilai disampingnya, seperti pada Gambar 2.15 berikut :



Gambar 2. 15 Contoh Mutasi *Reversing*

2.2.3.6. Kelebihan dan Kekurangan Algoritma Genetika

Dalam AG terdapat kelebihan maupun kekurangan. Adapun kelebihan dari AG (Negnevitsky, 2005) :

1. Tidak banyak memerlukan persyaratan matematika dalam penyelesaian proses optimasi
2. Memiliki fleksibilitas untuk diimplementasikan secara efisien
3. Mudah dalam mencari nilai optimum secara global
4. Permasalahan dapat diselesaikan dengan banyak fungsi tujuan
5. Mudah memodifikasi untuk permasalahan yang berbeda
6. Tidak membutuhkan informasi atau pengetahuan tambahan tentang respon luar

AG memang banyak memberikan kemudahan para peneliti dalam menyelesaikan suatu permasalahan optimasi, namun disamping itu AG juga terdapat kekurangan yang harus dipahami penggunaanya, sebagai berikut :

1. Harus membuat fungsi *fitness* terlebih dahulu
2. Mendefinisikan permasalahan kedalam solusi
3. Harus memilih banyak macam parameter seperti ukuran populasi, probabilitas mutasi, probabilitas rekombinasi dan metode yang sesuai
4. Membutuhkan respon dengan jumlah besar untuk mengevaluasi fungsi
5. Tidak mudah untuk memasukkan informasi permasalahan secara spesifik.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai metodologi penelitian atau juga bisa disebut dengan desain penelitian. Desain penelitian adalah rencana struktur dari struktur penelitian yang mengarahkan proses dan hasil penelitian sedapat mungkin menjadi valid, obyektif, efisien, dan efektif (Jogiyanto, 2004). Adapun isi dari metodologi penelitian sebagai berikut :

3.1. Fokus Kajian dan Tempat

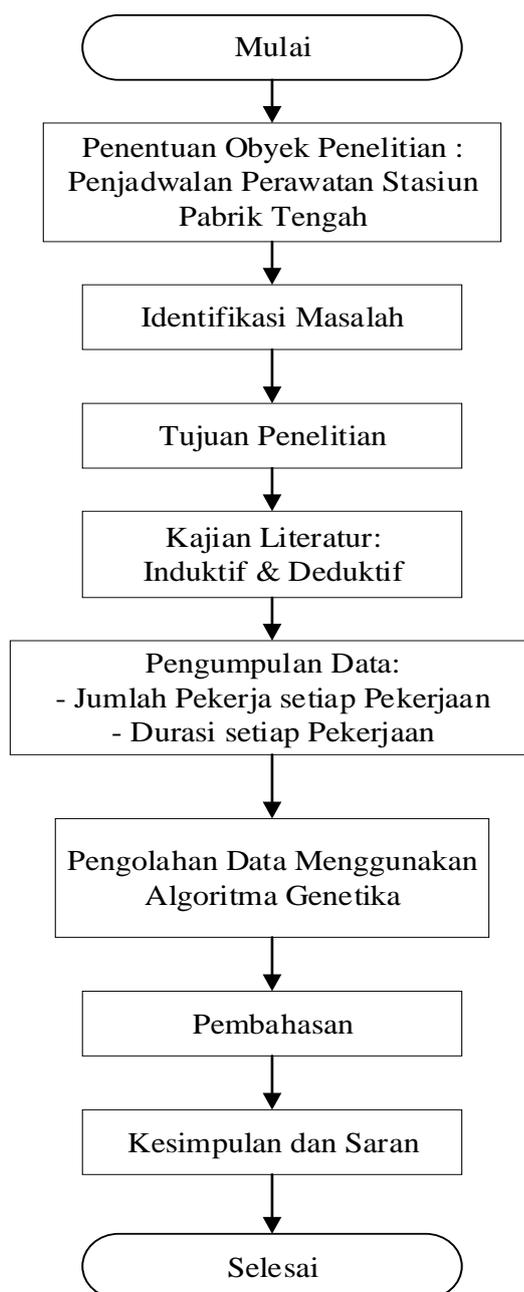
Fokus kajian dari penelitian ini adalah mengevaluasi penjadwalan perawatan pada stasiun pabrik tengah dengan menggunakan AG sebagai metode untuk membuat penjadwalan perawatan usulan. Penelitian ini dilakukan di PT. Madu Baru, Madukismo, Bantul, Yogyakarta.

3.2. Identifikasi Masalah

Masalah yang menjadi perhatian adalah belum pernah dilakukannya evaluasi mengenai penjadwalan yang dibuat di stasiun pabrik tengah sebelumnya. Fakta dilapangan bahwasanya penjadwalan yang digunakan saat ini melebihi kapasitas dari jumlah maksimum pekerja dalam satu hari. Hal ini menjadi dasar peneliti untuk membuat usulan penjadwalan yang sesuai dengan batasan pekerja dan waktu yang telah ditetapkan oleh perusahaan, dengan menentukan waktu mulai setiap aktivitas pekerjaan perawatan. Dengan tujuan penjadwalan usulan yang dibuat menjadi dasar kerangka kerja pada pekerjaan perawatan di stasiun pabrik tengah.

3.3. Diagram Alir

Diagram alir penelitian merupakan sebuah diagram dengan simbol-simbol grafis yang berfungsi sebagai pedoman dalam alur proses pada penelitian dari awal penelitian hingga penelitian selesai, sehingga mudah dipahami dan mudah dilihat urutan langkah dari suatu proses ke proses lainnya. Berikut ini diaagram alir penelitian yang akan dilakukan :



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.4. Kajian Literatur

Kajian literatur merupakan penjelasan teori akan suatu pengetahuan yang berguna membantu peneliti dalam memberikan solusi permasalahan yang sesuai dengan hasil dari identifikasi masalah yang ada. Dalam hal ini peneliti fokus untuk mempelajari teori sekaligus melakukan penerapan mengenai metode Algoritma Genetika sebagai teknik pencarian heuristik.

3.5. Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dibagi menjadi dua yakni data primer dan data sekunder. Data primer yakni dengan cara observasi atau pengamatan secara langsung ke tempat penelitian dan data sekunder adalah dengan cara mempelajari laporan atau penelitian terdahulu yang beririsan dengan penelitian yang akan dilakukan. Adapun pada penelitian data primer yang digunakan, yakni dokumen penjadwalan perawatan pada stasiun pabrik tengah. Sedangkan untuk data sekunder, yakni secara observasi dan wawancara.

3.6. Pengolahan Data

Untuk mendapatkan penjadwalan perawatan usulan yang optimal, data yang sudah didapatkan sebelumnya akan diolah menggunakan teknik pencarian heuristik yakni AG. Dalam penggunaan AG ada beberapa proses yang harus dijalankan dan disesuaikan dengan kasus yang akan diselesaikan, yang akan dijelaskan sebagai berikut :

a. Pengkodean

Teknik pengkodean dalam penelitian ini menggunakan *integer number* dari 1-119. Pengkodean ini dipilih dikarenakan kromosom yang akan dibuat merepresentasikan waktu dimulainya suatu pekerjaan perawatan. Terdapat 119 hari batasan waktu yang diberikan untuk menyelesaikan kegiatan perawatan, pada tabel dirumuskan t_n (hari ke-). Sebagai contoh t_1 merupakan hari pertama, t_2 merupakan hari kedua, dan seterusnya.

b. Fungsi *Fitness*

Nilai *fitness* yang digunakan sebagai acuan dalam menilai apakah suatu kromosom baik untuk dijadikan solusi untuk permasalahan pada penelitian ini, dalam hal ini solusi *fitness* dirumuskan dari keinginan untuk tidak adanya jumlah pekerja yang berlebihan dalam satu hari, adanya keseimbangan alokasi pekerja, dan waktu selesai melakukan perawatan sesuai batasan yang berlaku. Adapun fungsi *fitness* sebagai berikut :

$$Fitness = (\sum Penalti Manpower + Penalti \sigma Manpower + 0.01) \times Penalti Waktu \quad (3.1)$$

$$\text{Standar deviasi } (\sigma) = \sqrt{\frac{\sum(x-\hat{x})^2}{n-1}} \quad (3.2)$$

dengan :

χ = nilai setiap data

\hat{x} = nilai rata-rata dari semua data

n = jumlah data

Berdasarkan Persamaan 3.1 fungsi *fitness* dibuat berdasarkan pertimbangan batasan yang ada pada permasalahan pada penelitian ini. Yang pertama adalah terdapat batasan mengenai jumlah pekerja dalam satu hari sebanyak 46 pekerja, sehingga apabila melebihi jumlah pekerja yang sudah ditetapkan sebelumnya akan dikenakan penalti. Yang kedua adalah agar jumlah pekerja dapat seimbang dalam satu periode, maka perlu mengetahui standar deviasi dari jumlah pekerja yang dialokasikan dalam satu hari pada satu periodenya, sehingga akan ada nilai penalti apabila adanya ketimpangan. Yang ketiga adalah mengenai batasan waktu yang ditetapkan dalam setiap tahun nya untuk menyelesaikan pekerjaan perawatan, sehingga apabila ada pekerjaan yang melewati batasan (119 hari) maka akan dikenakan penalti sesuai jumlah harinya. Selain itu, apabila penalti *manpower* dan penalti σ *manpower* menghasilkan nilai terbaik yakni 0 dan waktu selesai melebihi batasan yang ditetapkan, maka perlu adanya penggunaan bilangan kecil (0.01) pada penjumlahannya seperti pada Persamaan 3.1 diatas, agar nilai *fitness* tetap sesuai keadaan nyata.

Dalam membuat fungsi evaluasi yang menggunakan penalti. Koefisien pembobotan dipilih sedemikian rupa, bahwa pelanggaran yang memiliki batasan yang sangat tinggi diberikan suatu nilai penalti yang besar daripada batasan yang lemah (Dahal & McDonald, 1997). Berdasarkan hal tersebut pada penelitian ini memberikan pembobotan penalti sebagai pada Tabel 3.1 berikut :

Tabel 3. 1 Pembobotan Penalty

Jenis Penalty	Rumus
Penalti <i>Manpower</i> (jumlah pekerja)	IF (Total pekerjaan pada $t_n > 46$) then (Total pekerjaan pada $t_n - 46$) * 1, IF False (0)
Penalti σ <i>Manpower</i> (standar deviasi)	Standar deviasi <i>Manpower</i> * 5
Penalti Waktu (jumlah waktu)	IF (Waktu selesai > 119) then ((waktu selesai – 119) * 2), IF False (1)

Dari Tabel 3.1 bahwasanya penalti untuk standar deviasi jumlah pekerja lebih besar daripada bobot penalti pekerja, dikarenakan pada penelitian ini lebih fokus pada penyeimbangan jumlah pekerja. Hal ini bertujuan untuk para pekerja yang telah dikontrak dalam satu periode perawatan dapat bekerja tanpa menganggur. Adapun jumlah pekerja yang dialokasikan dapat bertambah seiring dengan alokasi yang telah disesuaikan dengan batasan waktu yang ada, sehingga batasan ini tidak menjadi prioritas dalam penelitian ini. Sedangkan penalti waktu diberi bobot 2, dan di dalam Persamaan 3.1 penalti waktu berfungsi sebagai pengali, yang berefek pada apabila ada pekerjaan yang melebihi batasan waktu maka hasil dari nilai *fitness* akan semakin besar. Namun pada penalti waktu, nilai terkecil adalah 1 untuk menjaga nilai *fitness* tidak ada yang bernilai 0.

c. Operator Genetika

Operator genetika yang digunakan dalam penelitian ini adalah *crossover* dan mutasi. Adapun operator genetika yang dipilih sesuai dengan permasalahan dan jenis pengkodean yang digunakan. Untuk *crossover* menggunakan *2-cut point*, sedangkan mutasi menggunakan *delta mutation*.

d. Penentuan Parameter

Penentuan parameter berfungsi untuk alat kontrol AG, yakni : ukuran populasi (*popsize*), probabilitas *crossover* (p_c) dan probabilitas mutasi (p_m). Dalam menentukan parameter tidak ada angka yang pasti. Hanya saja Kusumadewi (2003) merekomendasikan apabila *fitness* dari individu terbaik dipantau pada setiap generasi, maka parameternya ($popsize; p_c; p_m$) = (80; 0.45; 0.01). Namun untuk mempersingkat proses komputasi yang memakan waktu cukup lama, maka ($popsize; p_c; p_m$) = (30; 0.45; 0.01). Namun perlu diketahui, untuk penentuan ($popsize; p_c; p_m$) tidak ada cara yang pasti dalam setiap permasalahan, dikarenakan angka yang muncul dalam generasi berupa bilangan random, sehingga berapapun probabilitas yang ditentukan tetap akan mendapatkan solusi yang diinginkan.

3.7. Pembahasan

Dari hasil perhitungan dan pengolahan data yang telah dilakukan, selanjutnya pembahasan mengenai proses pembentukan penjadwalan perawatan yang didapat. Untuk selanjutnya akan dibandingkan dengan penjadwalan sebelumnya yang ada pada perusahaan.

3.8. Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan pembahasan terhadap kasus yang dipecahkan, pada tahap akhir perlu untuk menarik kesimpulan dari kasus yang diselesaikan yang dilakukan. Hal ini bertujuan untuk menjawab tujuan penelitian yang sudah ditetapkan. Setelah kesimpulan diberikan, saran dan pendapat yang membangun untuk penelitian selanjutnya mengenai penjadwalan perawatan dapat diperbaharui, sehingga hasil mengenai penelitian ini dapat lebih baik lagi.

BAB IV

PENGOLAHAN DATA

Dalam bab ini akan dibahas mengenai hasil dari pengumpulan data dan pengolahan data yang akan dilakukan sesuai dengan teori yang dibahas pada bab-bab sebelumnya. Dalam bab ini akan banyak grafis dan tabel yang dipaparkan untuk mempermudah dalam setiap proses yang akan dipaparkan.

4.1. Pengumpulan Data

4.1.1. Profil Perusahaan

PG-PS Maduksimo yang pada awalnya bernama Pabrik Gula Padokan pada jaman Belanda ini didirikan pada tanggal 14 Juni 1955 oleh Sri Sultan Hamengkubuwono IX. Tujuan didirikannya pabrik ini adalah untuk membantu rakyat memperoleh pekerjaan, dikarenakan banyak dari karyawan pabrik yang menganggur akibat dari dihancurkannya pabrik oleh Belanda. Pabrik ini terletak di Desa Padokan Kelurahan Tortomolo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, dan diresmikan Presiden Soekarno pada tanggal 29 Mei 1958. Pabrik ini memproduksi dua macam jenis olahan, yakni gula yang dimulai pada tahun 1958 dan spiritus pada tahun 1959. Perusahaan ini beberapa kali mengalami pergantian status kepemilikan, yakni Perusahaan Negara (PN) pada tahun 1962 dan menjadi perusahaan swasta pada tahun 1966. Pada tanggal 14 Maret 1984 kepemilikan PT. Madubaru dimiliki oleh pihak kraton sebesar 65% dan PT. Rajawali Nusantara Indonesia (PT. RNI) sebesar 35%. Pada saat produksi PT. Madubaru mempekerjakan ±1386 pekerja yang terdiri dari karyawan tetap dan karyawan tidak tetap (kontrak).

Proses produksi (proses giling) pada PT. Madubaru (PG PS Maduksimo) biasanya hanya berjalan selama kurun waktu enam bulan, yakni dimulai dari bulan Mei hingga Oktober dengan pekerjaan dilakukan dengan 3 shift selama 24 jam. Untuk bulan sisanya, yakni bulan Nopember hingga Maret dilakukan proses perawatan rutin pada mesin mesin produksi, sekaligus dilakukannya proses penanaman tebu kembali sebagai bahan baku utama. Proses produksi gula kristal dibagi menjadi beberapa tahap, yakni proses penggilingan, pemurnian, penguapan, masakan, putaran dan penyelesaian.

4.1.2. Jumlah Pekerja dan Durasi Pekerjaan

Pada data jumlah pekerja dan durasi pekerjaan perusahaan dikelompokkan menjadi beberapa bagian sub-aktivitas, dengan jumlah maksimal pekerja dalam 1 harinya perusahaan mempekerjakan sebanyak 46 orang. Sedangkan waktu yang diberikan untuk menyelesaikan semua pekerjaan perawatan adalah 119 hari aktif (5 bulan). Pembagian kelompok berdasarkan pada letak fasilitas dan fungsi peralatannya, hal ini bertujuan untuk memudahkan dalam pengawasan perawatan. Adapun jumlah pekerja dan durasi pekerjaan pada setiap kelompoknya terdapat dalam Lampiran A pada akhir laporan ini.

4.1.3. Penjadwalan Perawatan Awal

Pada data penjadwalan perawatan awal perusahaan dikelompokkan menjadi beberapa bagian sub-aktivitas, dengan antara pekerjaan satu dengan lainnya tidak mempunyai hubungan pekerjaan yang harus didahulukan. Pembagian kelompok berdasarkan pada letak fasilitas dan fungsi peralatannya, hal ini bertujuan untuk memudahkan dalam pengawasan perawatan. Adapun penjadwalan perawatan awal, terdapat pada Lampiran B di akhir laporan ini.

4.1.4. Jumlah Alokasi Pekerja pada Penjadwalan Awal

Berdasarkan data waktu mulai suatu pekerjaan pada sub bab 4.1.3, dapat diketahui berapa alokasi pekerja dalam satu satu harinya sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Alokasi Pekerja pada Penjadwalan Awal

Hari (ke-)	Jumlah Pekerja (org)	Hari (ke-)	Jumlah Pekerja (org)	Hari (ke-)	Jumlah Pekerja (org)
1	0	33	71	65	77
2	0	34	66	66	80
3	11	35	56	67	78
4	17	36	55	68	73
5	17	37	64	69	74
6	17	38	64	70	72
7	65	39	64	71	61
8	65	40	60	72	66
9	59	41	61	73	54
10	60	42	63	74	54
11	64	43	58	75	49
12	59	44	58	76	43
13	58	45	53	77	43
14	58	46	49	78	51
15	58	47	48	79	56
16	50	48	53	80	51
17	50	49	39	81	50
18	50	50	44	82	42
19	52	51	43	83	48
20	49	52	43	84	38
21	50	53	43	85	37
22	55	54	38	86	32
23	58	55	53	87	30
24	53	56	48	88	27
25	69	57	43	89	25
26	73	58	43	90	25
27	72	59	48	91	25
28	72	60	50	92	25
29	64	61	54	93	24
30	53	62	54	94	24
31	64	63	62	95	24
32	64	64	75	96	24

Hari (ke-)	Jumlah Pekerja (org)	Hari (ke-)	Jumlah Pekerja (org)	Hari (ke-)	Jumlah Pekerja (org)
97	21	105	18	113	16
98	21	106	18	114	13
99	21	107	18	115	7
100	21	108	18	116	7
101	18	109	16	117	7
102	18	110	16	118	7
103	16	111	16	119	2
104	16	112	16		

Dari Tabel 4.1 didapatkan bahwa alokasi pekerja pada kegiatan perawatan belum terencana dengan baik. Hal ini disebabkan karena alokasi pekerja per harinya dalam 5 bulan proses pekerjaan yang belum merata, dapat dihitung dengan rumus standar deviasi menghasilkan angka sebesar 20,88 dan alokasi pekerja dalam satu hari mencapai 80 orang, yang faktanya perusahaan hanya mempunyai pekerja sebanyak 46 orang dalam perharinya.

4.1.5. Biaya Pekerja

Biaya pekerja pada perusahaan PT. Madu Baru dibagi menjadi dua bagian, yakni pekerja tetap dan pekerja kontrak. Pekerja tetap adalah pekerja yang bekerja dibidang perawatan selama satu tahun penuh baik pada musim giling maupun tidak. Sedangkan pekerja kontrak adalah pekerja yang hanya ditugaskan untuk mengerjakan kegiatan perawatan selama musim perawatan sebelum musim giling selama 5 bulan. Adapun biaya pekerja berdasarkan Raben (2018) seperti Tabel 4.2 berikut :

Tabel 4. 2 Biaya Pekerja

Karyawan	Biaya
Tetap	Rp 1,900,000
Kontrak	Rp 1,300,000

Dari Tabel 4.2 bahwa karyawan tetap memiliki gaji lebih banyak daripada gaji pegawai kontrak, dikarenakan beban waktu kerja dan tugas yang berbeda. Untuk karyawan tetap berlaku selama masa ada aktivitas perusahaan, baik itu masa perawatan maupun masa produksi. Sedangkan karyawan kontrak hanya dipekerjakan dalam kurun waktu pekerjaan perawatan itu saja.

4.2. Pengolahan Data

4.2.1. Algoritma Genetika

Dalam AG tahapan pengerjaannya sama seperti yang dijelaskan pada bab sebelumnya. Adapun pengerjaan disetiap generasinya menggunakan aplikasi GA Generator yang merupakan *add-ins* dari Microsoft Excel yang memudahkan peneliti mencari hasil fungsi *fitness* yang optimal. Namun aplikasi tersebut hanya dapat membaca fungsi maksimasi, sedangkan fungsi *fitness* pada permasalahan sekarang adalah minimasi, sehingga perlu adanya penyesuaian *fitness* dengan cara menambahkan konstanta dengan yang nilai yang besar seperti pada Persamaan 4.1 berikut :

$$Fitness_{(maksimasi)} = 300000 - fitness_{(minimasi)} \quad (4.1)$$

Angka 300000 didapatkan dari nilai batas atas dari rata-rata nilai *fitness* minimasi pada populasi, sehingga ketika dikalkulasikan pada Persamaan 4.1 akan meminimalkan hasil rata-rata disetiap generasi menjadi negatif. Adapun spesifikasi komputer yang digunakan dalam penelitian ini seperti pada Tabel 4.3 berikut :

Tabel 4. 3 Spesifikasi Komputasi yang digunakan

Windows Edition	Windows 10 Education
Processor	Intel Core i5-7200U CPU @2.50GHz
System Type	64-bit
RAM	4 Gigabyte

Sebelum melakukan pengolahan data, hal pertama yang dilakukan adalah inisialisasi kromosom. Dengan menggunakan GA Generator, inisialisasi kromosom cukup hanya satu saja, dan yang lainnya merupakan hasil dari pembangkitan dari aplikasi secara acak.

Adapun inisialisasi kromosom pada percobaan kali ini adalah menggunakan data awal perawatan dengan beberapa asumsi pekerjaan yang ditempatkan pada akhir masa perawatan seperti pada Tabel 4.4, dan hasil inisialisasi kromosom seperti pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 4 Asumsi Penempatan Pekerjaan Akhir

Pekerjaan	Waktu Mulai Pekerjaan (Hari ke-)
Pembenahan isolasi dan pengecatan	112
Tes padat badan evaporator	100
Tes vacum badan evaporator	110

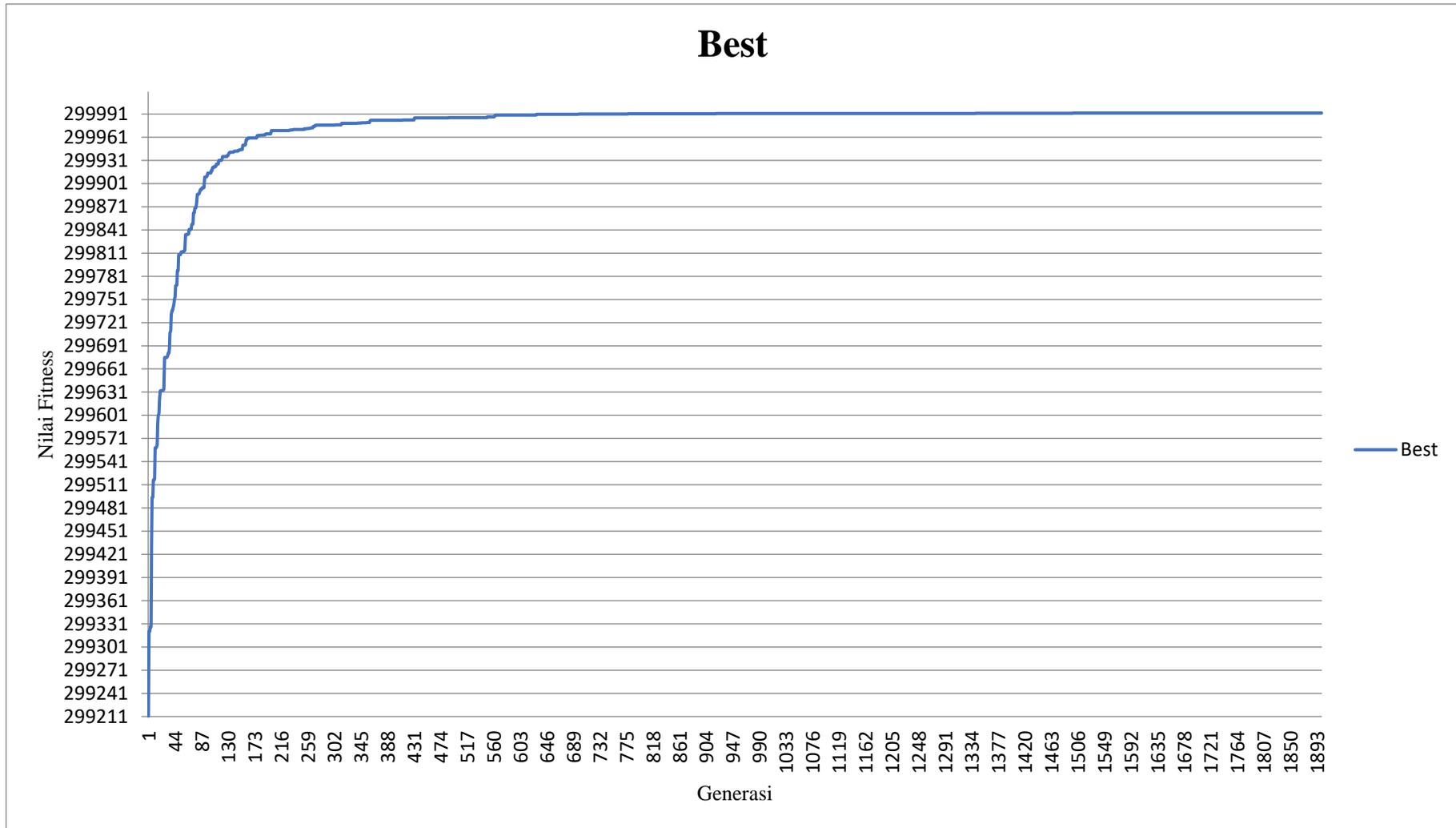
Dari Tabel 4.4 bahwa terdapat tiga pekerjaan yang dilakukan pada tahap akhir pekerjaan perawatan, dikarenakan jenis pekerjaan yang berupa evaluasi atau sentuhan akhir dari keseluruhan pekerjaan. Adapun pekerjaan tersebut adalah pembenahan isolasi dan pengecatan, tes padat badan evaporator dan tes vacum badan evaporator.

Tabel 4. 5 Inisialisasi Kromosom

No.	Kromosom	No.	Kromosom	No.	Kromosom
1	7	24	69	47	19
2	39	25	3	48	21
3	19	26	70	49	7
4	22	27	75	50	41
5	50	28	11	51	84
6	13	29	23	52	7
7	33	30	37	53	25
8	48	31	42	54	55
9	7	32	25	55	71
10	55	33	49	56	77
11	61	34	55	57	25
12	66	35	85	58	19
13	19	36	67	59	7
14	25	37	79	60	31
15	37	38	63	61	79
16	78	39	55	62	31
17	78	40	79	63	37
18	55	41	65	64	7
19	64	42	105	65	4
20	59	43	61	66	7
21	67	44	70	67	10
22	72	45	31	68	31
23	77	46	43	69	43

No.	Kromosom	No.	Kromosom	No.	Kromosom
70	61	85	25	100	19
71	63	86	26	101	25
72	83	87	7	102	43
73	25	88	19	103	75
74	31	89	7	104	81
75	37	90	60	105	31
76	3	91	43	106	33
77	7	92	73	107	16
78	13	93	7	108	34
79	19	94	25	109	55
80	37	95	27	110	112
81	43	96	11	111	100
82	61	97	37	112	110
83	49	98	63		
84	64	99	73		

Panjang kromosom pada Tabel 4.5 sebanyak 112 yang difungsikan untuk perhitungan *fitness* saja, namun ketika dilakukan generasi hanya berlaku mulai dari nomor 1 – 109, sehingga panjang kromosom ketika dilakukan input kedalam GA Generator hanya 109 gen. Hal ini bertujuan untuk tidak merubah nilai gen pada asumsi yang dibuat pada Tabel 4.4. Dari hasil simulasi menggunakan GA Generator sebanyak 1900 generasi didapatkan grafik untuk hasil nilai terbaik dan rata-rata populasi seperti pada Gambar 4.1 sebagai berikut :



Gambar 4. 1 Grafik Hasil Pengolahan Algoritma Genetika

Dari hasil Gambar 4.1 kenaikan nilai *fitness* terjadi sangat signifikan dari generasi 1 sampai generasi 600-an. Dari awalnya pada generasi 1 bernilai 299211,53 menjadi 299990,56 pada generasi 649, disini terdapat kenaikan nilai sebanyak 779,03. Sedangkan dari generasi 649 hingga generasi 1900 mencapai nilai *fitness* sebesar 299992,34, pada kenaikan nilai *fitness* dalam rentang generasi ini sangat kecil, yakni hanya sebesar 1,7 sehingga nampak pada gambar cenderung datar kekanan. Dari hasil tersebut juga menunjukkan bahwa AG dapat menemukan solusi dari permasalahan tanpa terjadinya *local optimum* pada kromosom disetiap generasi yang dihasilkan.

4.2.2. Hasil Penjadwalan Usulan

Hasil penjadwalan usulan dari pengolahan data menggunakan AG yang memuat waktu mulai dan waktu berakhir untuk setiap pekerjaan perawatan dalam jangka waktu 119 hari seperti pada Tabel 4.6, sedangkan hasil jadi menggunakan bentuk *Gantt Chart* terdapat pada Lampiran D pada akhir laporan.

Tabel 4. 6 Penjadwalan Perawatan Usulan

No	Aktivitas Perawatan	Mulai (hari ke-)	Berakhir (hari ke-)
<u>Reaktor Pemurnian</u>			
1	Rev Bulogne, Jalurpipa dan Tap-tapan Nira	76	78
2	Rev kalkdoser dan preflashtank	66	69
3	Rev peti deffektor propeller dan deff II	1	5
4	Rev dapur belerang rws sel, ganti pipa	84	91
5	pemipaan SO ₂ , sublimator rws	93	96
6	Rev dapur belerang DKS	99	104
7	Pemipaan SO ₂ , sublimator DKS	88	93
8	Rev bejana sulvitasi DKS	2	9
9	Tes Kebocoran jalur pipa SO ₂	70	74
10	Center tube, scraper dan pintu gejalik	103	117
11	Rev blower saringan bagassilo	104	113
12	Rev bejana sulvitasi rws	75	84
13	Gear bok pengaduk dan propeller	49	58
14	Pembersihan kerak pipa deksap	53	62
15	Rev sulfur tower	78	85
16	Rotari sulfur barner	57	64
17	Blower	73	82
18	Pemipaan	97	102

No	Aktivitas Perawatan	Mulai (hari ke-)	Berakhir (hari ke-)
19	Sublimator	58	63
	<u>Pengendapan</u>		
20	Rev tank expander, snow balling, flocculant	57	65
21	Rev telescope overflow dorr clarif	13	18
22	Rev unit DSM Screen	101	110
23	Saringan bol - bolan jernih	32	38
24	Rev unit diafragma	95	98
25	Rev unit drum RFV	1	16
26	Rev mixer nikot bagasilo	115	119
27	Rev tenki air panas, air injeksi nikot buff	106	111
28	Rev pompa filtrat	17	25
29	Rev pompa vacum nash	72	77
30	Rev pompa air afsool	116	119
31	Rev pompa injeksi	116	119
32	Rev pompa nira kotor	73	76
33	Rev unit nozzle spraywater RVF	42	53
34	Rev belt, conveyor, silo blotong	50	55
35	Afsluiter f 2" contoh nira jernih	63	70
36	Afsluiter f 3" kran contoh nira dan air	39	46
37	Rev afsluiter f 2" spray water RVF	39	41
38	Rev afsluiter f 3" jalur susu kapur	65	78
39	Rev afsluiter f 4" pompa nira dan air	55	78
40	Rev afsluiter f 5" bol -bolan nira jernih	85	108
41	Rev afsluiter f 6" bol-bolan nira jernih	65	81
42	Rev afsluiter f 12" nira jernih dorr clarif	91	94
	<u>Tobong Gamping</u>		
43	Rev cintang kapur tohor	61	70
44	Tromol molen pemadam kapur, pipa spey	106	115
45	Bak pengendap kapur	12	14
46	Bak susu klapur pengaduk	40	42
47	Pompa sirkulasi susu kapur	6	11
48	Rev afsluiter f 4" jalur pompa air	27	32
	<u>Jogonalam</u>		
49	Rev pompa jogonalan	44	93
50	Rev saringan pompa jogonalan	29	88
51	Rev afsluiter pompa jogonalan	84	113
	<u>Penguapan</u>		
52	Rev sapvanger dan pembersih	1	30
53	Pembersihan pipa uap nira evaporator	24	28
54	Afsluiter f 3" krengsengan uap badan eva	55	78
55	Afsluiter f 4" amoniak eva	26	30

No	Aktivitas Perawatan	Mulai (hari ke-)	Berakhir (hari ke-)
56	Afsluiter f 6" gembosan uap nira / flashing	41	43
57	Afsluiter f 12" uap bekas VW	28	51
58	Afsluiter f 500mm uap nira inlet tromol VD	19	42
59	Knievalve f 800 mm uap nira VD	1	24
60	Knievalve f 1200 mm uap nira VD	31	54
61	Pembenahan isolasi dan pengecatan	112	119
62	Packing karet pemanas nira	80	119
63	Rev dan press body pemanas	31	60
64	Afsluiter f 800 mm uap nira VD	79	118
65	Rev afsluiter ganda f 10" pemanas nira	1	30
66	Tes padat badan evaporator	100	109
67	Tes vacuum badan evaporator	110	119
	<u>Pompa</u>		
68	Pompa RWS tertimbang	111	119
69	Pompa RWS Ges	15	23
70	Pompa dun sap	10	18
71	Pompa sigma	30	47
72	Pompa leburan (diksap)	43	48
73	Pompa kompresor rotary	48	57
74	Pompa kompresor TORAK	63	72
75	Pompa vacuum washring	83	114
76	Pompa kondensat VD I	25	30
77	Pompa kondensat VD II	31	36
78	Pompa kondensat VD III	37	42
79	Pompa kondensat VD IV	1	6
80	Pompa kondensat VD V	7	12
81	Pompa kondensat PP I	94	99
82	Pompa kondensat PP II	19	24
83	Pompa kondensat bergula	114	119
84	Pompa pendingin dabel	43	48
85	Pompa limbah (equalizer)	1	6
86	Pompa rogocolo & pompa spraypond	49	96
87	Perbaikan kanal penyangga dan spuyer spray	64	83
	<u>Afsluiter</u>		
88	Afsluiter Schuff f 1" tap -tapan nira WR	56	56
89	Afsluiter Schuff f 2" gembosan uap dabel	25	29
90	Afsluiter schuff f 3" kondensat VD	7	18
91	Afsluiter schuff f 4" tap kondensat VD	20	40
92	Afsluiter schuff f 5" kondensat VD 4 / 5	1	54
93	Afsluiter schuff f 6" pomp nira tertimbang	60	119
94	Afsluiter schuff f 8" bypass antar pompa	59	102

No	Aktivitas Perawatan	Mulai (hari ke-)	Berakhir (hari ke-)
95	Afsluiter schuff f 10" gembosan de superhtr	17	19
96	Afsluiter schuff f 12" uap bekas VW	7	15
97	Afsluiter schuff f 1" pendinginan pomp vacuum	55	56
98	Afsluiter schuff f 1,5" tap-tapan nira VW	25	27
99	Afsluiter schuff f 2" tap-tapan nira VW	5	29
100	Afsluiter schuff f 3" jalur UBA ke VD / VW	86	99
101	Afsluiter schuff f 4" tap kondensat VW	86	95
102	Afsluiter schuff f 5" jalur nira kenthel	49	52
103	Afsluiter schuff f 6" pompa kond VD 1 - 3	74	79
104	Afsluiter schuff f 8" nira jalur VD	12	75
105	Knie valve f 3" klengsengan uap baru	6	9
106	Klep balik f 5" sprayer untuk VW	116	119
107	Klep balik f 8" pengaman tanki kondensat	49	52
108	Klep balik f 12" gembosan uap bekas	54	56
109	Kondenspot / steamtrap f 1" desurperheater	119	119
110	Kondenspot / steamtrap f 2" dapur belakang	71	79
111	Kondenspot / steamtrap f 3" VW	105	105
112	Kondenspot / steamtrap f 4" VW	118	119

Tabel 4.6 merupakan data waktu mulai dan waktu selesai dari 112 pekerjaan perawatan yang dilakukan selama 119 hari setelah menggunakan AG sebagai solusi pemecahan masalah. Adapun sebagai contoh, yakni hasil dari Rev Bulogne, Jalurpipa dan Tap-tapan Nira yang awalnya waktu mulai dan waktu selesai pada hari ke-7 dan hari ke-9, berubah menjadi hari ke-76 dan hari ke-78, begitu juga untuk pekerjaan perawatan lainnya.

4.2.3. Hasil Alokasi Pekerja pada Penjadwalan Usulan

Dari hasil pengolahan data menggunakan Algoritma Genetika pada Tabel 4.6, didapatkan data mengenai waktu mulai dan selesai setiap pekerjaan. Setelah itu dapat diketahui pula jumlah pekerja yang dialokasikan dalam 1 harinya dalam jangka waktu 119 hari. Adapun hasilnya terlihat pada Tabel 4. 7 berikut :

Tabel 4. 7 Jumlah Alokasi Pekerja pada Penjadwalan Usulan

Hari (ke-)	Jumlah Pekerja (org)	Hari (ke-)	Jumlah Pekerja (org)	Hari (ke-)	Jumlah Pekerja (org)
1	39	41	42	81	44
2	44	42	44	82	42
3	44	43	43	83	45
4	44	44	44	84	45
5	45	45	44	85	44
6	43	46	44	86	41
7	43	47	43	87	41
8	43	48	43	88	46
9	43	49	40	89	43
10	43	50	43	90	43
11	43	51	43	91	45
12	45	52	41	92	40
13	42	53	46	93	45
14	42	54	46	94	43
15	46	55	42	95	46
16	42	56	40	96	45
17	42	57	45	97	42
18	42	58	44	98	42
19	42	59	43	99	42
20	44	60	45	100	40
21	44	61	43	101	45
22	44	62	43	102	45
23	44	63	42	103	41
24	43	64	45	104	44
25	44	65	43	105	41
26	42	66	43	106	45
27	43	67	43	107	45
28	44	68	43	108	45
29	42	69	43	109	43
30	42	70	43	110	43
31	41	71	41	111	44
32	46	72	44	112	45
33	45	73	43	113	45
34	45	74	44	114	45
35	45	75	42	115	42
36	45	76	45	116	44
37	45	77	43	117	44
38	45	78	45	118	43
39	42	79	42	119	40
40	44	80	44		

Dari Tabel 4.7 didapatkan hasil mengenai alokasi pekerja usulan dalam satu harinya. Dari hasil diatas pekerjaan mulai menunjukkan adanya alokasi pekerja yang seimbang, dari 119 hari terdapat alokasi pekerja dalam satu harinya yang paling kecil adalah 39 orang dan yang paling besar sebanyak 45 orang.

4.2.4. Penentuan Biaya Pekerja

Perhitungan biaya pekerja diasumsikan dibagi menjadi dua cara, yakni pekerja kontrak dikontrak selama masa 1 bulan dan dikontrak selama masa 5 bulan. Jumlah pekerja tetap ditetapkan sebanyak 15 sesuai dengan peraturan perusahaan, dan jumlah pekerja kontrak menyesuaikan hasil dari maksimum jumlah pekerja pada penjadwalan awalan maupun usulan yang dibutuhkan dalam 1 bulannya. Sebagai contoh apabila terdapat jumlah pekerja sebanyak 50, maka pekerja kontrak dapat dihitung dari $50-15 = 35$ orang. Hasil perhitungan akan dijelaskan pada Tabel 4. 8 untuk cara kontrak perbulan dan Tabel 4.9 untuk cara kontrak 5 bulan penuh seperti berikut :

Tabel 4. 8 Penentuan Biaya Pekerja dengan Kontrak perbulan

Bulan (ke-)	Maksimum Jumlah Orang dalam Satu Hari		Biaya Pekerja	
	Penjadwalan Awal	Penjadwalan Usulan	Penjadwalan Awal	Penjadwalan Usulan
1	73	46	Rp 103,900,000	Rp 68,800,000
2	72	46	Rp 102,600,000	Rp 68,800,000
3	80	46	Rp 113,000,000	Rp 68,800,000
4	66	46	Rp 94,800,000	Rp 68,800,000
5	24	46	Rp 40,200,000	Rp 68,800,000
Total Biaya			Rp 454,500,000	Rp 344,000,000

Tabel 4. 9 Penentuan Biaya Pekerja dengan Kontrak 5 Bulan

	Maksimum Jumlah Orang dalam Satu Hari	Biaya Pekerja	Waktu (bulan)	Total Biaya
Penjadwalan Awal	80	Rp 113,000,000	5	Rp 565,000,000
Penjadwalan Usulan	46	Rp 68,800,000	5	Rp 344,000,000

Dari hasil Tabel 4.8 untuk pekerja kontrak pada penjadwalan awal yang dikontrak dalam jangka waktu 1 bulan didapatkan total biaya Rp. 454,500,000 dan hasil Tabel 4.9 dari biaya pekerja yang dikontrak dalam jangka waktu 5 bulan sekaligus didapatkan total biaya Rp.565,000. Sedangkan pada penjadwalan usulan yang dikontrak dalam jangka waktu 1 bulan maupun selama 5 bulan sekaligus didapatkan total biaya pekerja sebesar Rp.344,000,000.

BAB V

PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dibahas mengenai hasil pengolahan data yang telah dilakukan sebelumnya, dengan harapan dapat menjelaskan secara dalam informasi yang bertujuan untuk membantu membuktikan solusi atas permasalahan yang dihadapi.

5.1. Penentuan Jumlah Generasi

Berdasarkan tahapan pengolahan data menggunakan AG, hasil solusi yang diperoleh sangat tergantung dengan jumlah generasi yang dilakukan. Meskipun parameter kontrol yang digunakan (*popsiz*; p_m ; p_c) juga berpengaruh untuk seberapa lama generasi akan terus dilakukan, namun hingga sampai sekarang tidak ada cara pasti bagaimana solusi terbaik dapat ditemukan dengan cepat, mengingat teknik pencarian AG berdasarkan probabilitas dan bilangan acak. Walau demikian, menurut Purnomo (2016) parameter untuk menghentikan generasi adalah ketika tidak ada lagi peningkatan *fitness* dalam jumlah minimum setengah dari total generasi yang dilakukan.

Adapun jumlah generasi yang dilakukan pada penelitian ini hanya sebanyak 1900 generasi. Hal ini didasari peningkatan yang terjadi tidak signifikan dari generasi 649-1900, hanya sekitar 0.01 – 0.1 dalam kurun 70 – 100 generasi, walaupun kemungkinan adanya peningkatan nilai *fitness* masih bisa dilakukan dilihat dari tren grafik pada Gambar 4.1. Disamping itu waktu komputasi yang dilakukan untuk 1900 generasi ditempuh selama hampir ± 24 jam, dalam hal ini untuk mengurangi resiko terjadi masalah pada komputer dan mengefisienkan waktu pengerjaan, maka AG dihentikan setelah 1900 generasi.

5.2. Hasil Penjadwalan Usulan dengan Algoritma Genetika

Berdasarkan hasil pengolahan data penjadwalan perawatan menggunakan AG didapatkan hasil grafik pada Gambar 4.1. Dari grafik tersebut, garis selalu mengikuti tren kenaikan dikarenakan sistem AG pada GA Generator menyimpan hasil nilai *fitness* terbaik sebelumnya dan mempertahankannya dari nilai *fitness offspring* yang lebih jelek dan akan digantikan dengan nilai *fitness* kromosom *offspring* yang lebih baik. Untuk nilai *fitness* inisialisasi kromosom yang merupakan penjadwalan perawatan awal ditambah dengan asumsi waktu mulai beberapa pekerjaan seperti pada Tabel 4.4 menghasilkan nilai *fitness* sebesar 299131.7 dan apabila dikonversikan menjadi nilai *fitness* minimasi menjadi sebesar 868.3. Adapun bobot nilai penalti pada inisialisasi kromosom sebagai berikut :

Tabel 5. 1 Nilai Penalti dari Inisialisasi Kromosom

Penalti	Nilai
Penalti Manpower	776
Penalti Waktu	1
Penalti Standar Deviasi	92.29

Dari Tabel 5.1 didapatkan informasi bahwa terdapat total 776 orang dalam waktu 119 hari pekerjaan yang melebihi jumlah 46 pekerja per hari yang dikontrak oleh perusahaan. Dari penalti waktu dapat diketahui bahwa tidak ada pekerjaan penjadwalan yang melebihi dari waktu yang telah ditetapkan (119 hari). Sedangkan untuk pemerataan alokasi pekerja pada satu harinya dihasilkan nilai standar deviasi sebesar $92.29/5 = 18.458$.

Untuk diketahui berdasarkan solusi *fitness* yang telah dibuat, nilai terbaik untuk penjadwalan usulan dapat mencapai nilai maksimum *fitness* minimasi sebesar 0.01 apabila semua variabel pada perhitungan *fitness* tidak ada yang melebihi ketetapan. Hasil dari pengolahan data penjadwalan perawatan dengan Algoritma Genetika sejumlah ke-1900 generasi berhasil mendapatkan nilai *fitness* maksimasi sebesar 299992.3310 atau *fitness* minimasi sebesar 7.669, dengan rincian bobot nilai penalti pada hasil kromosom pada generasi 1900 seperti pada Tabel 5.2 berikut :

Tabel 5. 2 Nilai Penalti dari Kromosom dengan AG

Penalti	Nilai
Penalti Manpower	0
Penalti Waktu	1
Penalti Standar Deviasi	7.65

Dari Tabel 5.2 didapatkan informasi bahwa tidak terdapat pekerja yang melebihi jumlah dari 46 pekerja per hari yang dikontrak oleh perusahaan dibuktikan dengan nilai 0. Dari penalti waktu dapat diketahui bahwa tidak ada pekerjaan penjadwalan yang melebihi dari waktu yang telah ditetapkan (119 hari) dibuktikan dengan nilai 1. Sedangkan untuk pemerataan alokasi pekerja pada satu harinya dihasilkan nilai standar deviasi sebesar $7.65/5 = 1.53$.

5.3. Perbandingan Hasil Penjadwalan Awal dan Usulan

Berdasarkan hasil penjadwalan usulan yang telah didapat, penting kiranya untuk membandingkan hasil yang telah didapat dengan kondisi awal/aktual dari perusahaan. Berdasarkan hasil keduanya akan ditampilkan dalam Tabel 5.3 berikut :

Tabel 5. 3 Perbandingan Hasil Penjadwalan Awal dan Usulan

	Awal	Usulan
Penalti Man	889	0
Penalti Waktu	1	1
Penalti Standar Deviasi	104.44	7.65
Nilai <i>Fitness</i> minimasi	993.45	7.66

Dari Tabel 5.3 didapatkan informasi adanya peningkatan nilai *fitness* dari 993.45 menjadi 7.66. Dengan rincian bobot pada nilai penalti yang telah dibuat pada pembuatan *fitness* dengan hasil, dari hasil penjadwalan usulan tidak ada pekerja yang melebihi alokasi pekerja dalam satu harinya dibandingkan dengan penjadwalan perawatan awal yang sebanyak 889 orang. Dari hal ini mengakibatkan adanya keseimbangan alokasi pekerja dengan adanya pengurangan ketimpangan alokasi pekerja dalam satu harinya,

dari awalnya nilai standar deviasi sebesar $104.44/5 = 20.88$ menjadi $7.66/5 = 1.532$. Sehingga, dapat dikatakan hasil dari penjadwalan usulan sudah sesuai dengan kondisi yang baik, yakni pertama beban kerja yang ada di perusahaan saat kegiatan perawatan masih sesuai dengan batasan jumlah pekerja yang ada di perusahaan. Kedua, beban kerja perawatan keseluruhan pada stasiun pabrik tengah telah dijadwalkan sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan, yakni 119 hari terhitung dari tanggal 1 Nopember 2017– 31 Maret 2018. Ketiga, performansi pekerja yang ada di perusahaan sudah diatur sedemikian rupa, dengan mengurangi jumlah pekerja yang menganggur dalam satu harinya, dengan cara memperbaiki alokasi pekerja dalam setiap harinya.

5.4. Pembuktian Penerapan Perawatan yang Baik dari Biaya Pekerja

Perusahaan PT. Madu Baru membagi karyawan menjadi 2 bagian, yakni pekerja tetap dan pekerja kontrak dalam hal ini pekerja perawatan. Pekerja tetap merupakan pekerja yang ditugaskan dalam perawatan selama 1 tahun penuh baik pada masa perawatan sebelum musim giling dan pada masa giling, sedangkan pekerja kontrak merupakan pekerja yang hanya dipekerjakan selama pada musim perawatan sebelum musim giling saja. Biaya pekerja ditentukan dengan dua cara yakni, pekerja kontrak dipekerjakan selama satu bulan dan selama lima bulan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah ada perbedaan biaya pekerja pada penjadwalan awal dan biaya pekerja pada penjadwalan usulan, karena kita ketahui dari penjadwalan sebelumnya terdapat ketidakseimbangan alokasi pekerja pada satu harinya, tentu penting untuk mengetahui adakah perbaikan yang ditimbulkan dari segi biaya pekerja.

Perusahaan menetapkan untuk pekerja tetap sebanyak 15 orang dan sisanya merupakan pekerja kontrak. Untuk menentukan jumlah pekerja yang dikontrak dalam satu bulan adalah berdasarkan jumlah pekerja terbanyak pada satu harinya, begitu juga untuk kontrak dalam 5 bulan. Hal itu bertujuan agar tidak adanya kekurangan pekerja saat pekerjaan berlangsung dalam satu bulannya, ketika terdapat hari yang memiliki pekerja yang membutuhkan pekerja paling banyak, walaupun akan terdapat sejumlah pekerja menganggur dilain harinya. Adapun hasil perbandingan penjadwalan awalan dan usulan sebagai Tabel 5.4 berikut :

Tabel 5. 4 Perbandingan Biaya Pekerja Penjadwalan Awal dan Usulan

	Penjadwalan Awal	Penjadwalan Usulan
Kontrak per bulan	Rp 454,500,000	Rp 344,000,000
Kontrak 5 bulan penuh	Rp 565,000,000	Rp 344,000,000

Dari hasil Tabel 5.4 didapatkan bahwa hasil dari penjadwalan usulan untuk kontrak perbulan sebesar Rp. 344,000,000 lebih baik daripada penjadwalan awal sebesar Rp. 454,000,000 maupun kontrak 5 bulan penuh sebesar Rp. 565,000,000. Dari hasil tersebut memberikan jawaban usulan yang diberikan lebih baik atau dapat meningkatkan efisiensi biaya, baik dari sisi secara kontrak perbulan maupun secara 5 bulan penuh. Hal itu didasari penjadwalan awal masih belum bisa mengalokasikan pekerja secara seimbang dalam perharinya, berbeda halnya dengan penjadwalan usulan menggunakan Algoritma Genetika yang memperkecil angka ketidakseimbangan alokasi pekerja selama 5 bulan. Dari hasil ini pula didapatkan bahwasanya penting untuk setiap perusahaan untuk bisa mengalokasikan pekerja sesuai dengan batasan dan alokasi sumber daya yang seimbang, sehingga produktivitas pekerja bisa ditingkatkan dan kerugian terhadap biaya pekerja bisa dimimalisir sekecil mungkin.

5.5. Permasalahan Urutan Pekerjaan

Pencarian informasi mengenai urutan pekerjaan yang ada di stasiun pabrik tengah sangatlah sulit. Walaupun mereka memiliki penjadwalan yang berasal dari *gantt chart* yang ada, namun hasil wawancara sebelumnya, mereka tidak memiliki aturan baku mengenai urutan pekerjaan, yang artinya *gantt chart* yang ada tidak merepresentasikan adanya urutan pekerjaan dan setiap pekerjaan. Ini menjadi menarik, dikarenakan ketika dilakukan observasi lapangan, dari sudut pandang peneliti ada pekerjaan yang dikerjakan ketika pekerjaan pendukung sebelumnya telah selesai. Dikarenakan kesulitan peneliti adalah mengenai waktu pengamatan yang sangat tidak memungkinkan dilakukan selama 5 bulan dan tidak ada pencatatan dari segi waktu mulainya maupun tanggal penggunaan material dari pekerjaan tertentu, hal mengenai urutan pekerjaan sangat sulit untuk dipertimbangkan dalam perhitungan.

Namun, hal itu bisa sedikit diatasi dalam kasus stasiun pabrik tengah dari hasil pengamatan dan analisa peneliti dilapangan. Pekerjaan pengetesan merupakan pekerjaan evaluasi terhadap pekerjaan kegiatan revisi peralatan maupun mesin yang ada pada bagian fasilitas tertentu. Berdasarkan hal itu, pemberian asumsi dilakukan seperti Tabel 4.4, yang menempatkan hasil asumsi pada waktu terakhir dari inisialisasi komosom. Walaupun demikian, dari penjelasan untuk urutan pekerjaan bukanlah menjadi pertimbangan utama dalam penjadwalan perawatan ini, sehingga tidak membuat hasil laporan akhir ini menjadi minim data atau tidak layak diolah. Hanya saja peneliti berharap ketika ada kerangka pekerjaan yang detail dan sesuai kondisi lapangan, membuat hasil perencanaan penjadwalan perawatan menjadi lebih baik untuk diimplementasikan nantinya.

BAB VI

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan yang telah dijelaskan sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan untuk menjawab dari tujuan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan Algoritma Genetika untuk pembuatan penjadwalan usulan, didapatkan hasil yang lebih baik daripada penjadwalan awal, yakni pertama tidak adanya lokasi pekerja dalam satu hari yang melebihi kuota jumlah pekerja yang ada yakni 46 orang. Kedua, waktu penyelesaian semua pekerjaan perawatan sesuai dengan tenggat waktu yang diberikan yakni 5 bulan. Ketiga, alokasi sumber daya pekerja dilakukan secara merata dalam satu harinya, agar dapat mengurangi pekerja yang mengangur dan meningkatkan produktivitas pekerja itu sendiri dengan nilai deviasi selama 5 bulan hanya di angka 1.532 saja. Dari hasil tersebut membuktikan Algoritma Genetika terbukti dapat membantu perencanaan penjadwalan perawatan.
2. Untuk membuktikan bahwasanya penjadwalan usulan lebih baik daripada penjadwalan awal, maka biaya pekerja yang ditimbulkan perlu dikalkulasikan untuk selanjutnya dibandingkan. Untuk penjadwalan awalan dengan sistem kontrak per bulan didapatkan biaya sebesar Rp. 454,000,000 dan secara kontrak 5 bulan sekaligus didapatkan biaya sebesar Rp. 565,000,000. Sedangkan untuk penjadwalan usulan untuk kedua cara kontrak didapatkan hasil Rp. 344,000,000. Dapat disimpulkan penjadwalan usulan lebih baik daripada penjadwalan awal dari segi biaya pekerja yang dialokasikan.

6.2. Saran

Saran yang diberikan oleh peneliti bagi yang ingin menyempurnakan penelitian mengenai penjadwalan perawatan dalam kasus seperti sebagai berikut :

1. Menambah jumlah generasi pada GA Generator agar hasil solusi yang didapat lebih optimal.
2. Diharapkan dapat membuat suatu peta aliran yang lebih kompleks mengenai urutan pekerjaan yang harus dilakukan sebelum melakukan pekerjaan lainnya agar perencanaan pekerjaan yang dibuat lebih matang dan sesuai dengan keadaan aktual.

DAFTAR PUSTAKA

- Alharkan, I. M. 2005. *Algorithms for Sequencing and Scheduling*. Riyadh: Industrial Engineering Department, College of Engineering, King Saud University.
- Asjad, M., & Khan, S. 2017. Analysis of maintenance cost for an asset using the genetic algorithm. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 445-457.
- Assauri, S. 2004. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: LP FE UI.
- Baker, K. R. 1974. *Introduction to Sequencing and Scheduling*. John Wiley & Sons, Inc.
- Balaji, G., Balamurugan, R., & Lakshminarasimman, L. 2016. Mathematical approach assisted differential evolution for generator maintenance scheduling. *Electrical Power and Energy Systems*, 508-518.
- Bhasin, H., & Gupta, N. 2017. Critical Path Problem for Scheduling Using Genetic Algorithm. *Soft Computing: Theories and Applications* , 15-24.
- Corder, A. 1988. *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Jakarta: Erlangga.
- Dahal, K. P., & McDonald, J. R. 1997. Generator maintenance scheduling of electric power systems using genetic algorithms with integer representations. *Second International Conference On Genetic Algorithms in Engineering Systems: Innovations and Applications* (pp. 456-461). New York: IEEE.
- Fadlisyah, Arnawan, & Faisal. 2009. *Algoritma Genetik*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Go, H., Kim, J., & Lee, D. 2013. Operation and preventive maintenance scheduling for containerships: Mathematical model and solution algorithm. *European Journal of Operational Research*, 626-636.
- Goldberg, D. 1989. *Genetic Algorithms in Search, Optimisation and Machine Learning*. Reading: Addison-Wesley.
- Gulati, R. 2009. *Maintenance and Reliability Best Practices*. New York: Industrial Press, Inc.
- Gupta, K., & Chatterjee, N. 2018. Forecasting Through Motifs Discovered by Genetic Algorithms. *IETE Technical Review*.
- Hadian, M. F. 2017. *Analisis dan Mitigasi Risiko Rantai Pasok PT. Madu Baru dengan Pendekatan House of Risk (HoR)*. Yogyakarta: FTI UII.
- Hou, Y., Wu, N., Zhou, M., & Li, Z. 2015. Pareto-Optimization for Scheduling of Crude Oil Operations in Refinery via Genetic Algorithm. *IEEE Transactions On System, Manufacturing and Cybernetics System*.
- Irawan, C. A., Ouelhadj, D., Jones, D., Stålhane, M., & Sperstad, I. B. 2017. Optimisation of maintenance routing and scheduling for offshore wind farms. *European Journal of Operational Research*, 76-89.
- Kumar, A. 2013. Encoding Schemes in Genetic Algorithm. *International Journal of Advanced Research in IT and Engineering*, 1-6.
- Kusumadewi, S. 2003. *Artificial Intelligence: Teknik dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Lakshminarayanan, S., & Kaur, D. 2018. Optimal Maintenance Scheduling of Generator Units using Discrete Integer Cuckoo Search Optimization Algorithm. *Swarm and Evolutionary Computation*, 89-98.
- Mitchell, M. 1996. *An Introduction to Genetic Algorithms*. Cambridge: MIT Press.

- Mitchell, T. M. 1997. *Machine Learning*. Singapore: McGraw-Hill.
- Mobley, R. K. 2004. *Maintenance Fundamentals*. Burlington: Butterworth-Heinemann Publications.
- Negnevitsky, M. 2005. *Artificial intelligence: A Guide to Intelligence System*. Essex: Addison-Wesley.
- Pintelon, L., & Parodi-Herz, A. 2008. Maintenance: An Evolutionary Perspective. In *Springer Series in Reliability Engineering* (pp. 21-48). Springer.
- Pinto, A. R., Crepaldi, A. F., & Nagano, M. S. 2015. A Genetic Algorithm applied to pick sequencing for billing. *Journal Intelligence Manufacturing*.
- Purnomo, M. R. 2016. The use of knowledge-based Genetic Algorithm for starting time optimisation in a lot-bucket MRP. *Materials Science and Engineering*. IOP Publishing.
- Raben, R. S. 2018. *Analisis Kebijakan untuk Menyediakan Cadangan Part pada mesin Kritis Menggunakan Life Cycle Costing (Studi Kasus: PT. Madubaru PG Madukismo)*. Teknik Industri. Yogyakarta: UII.
- Senoussi, A., Dauzere-Peres, S., Brahimi, N., Penz, B., & Mouss, N. K. 2018. Heuristics Based on Genetic Algorithms for the Capacitated Multi Vehicle Production Distribution Problem. *Computers and Operations Research*.
- Sivanandam, S., & Deepa, S. 2008. *Introduction to Genetic Algorithms*. Berlin: Springer.
- Sudradjat, A. 2011. *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri*. Bandung: PT. Refika Aditama.
- Umabarkar, A., & Sheth, P. 2015. Crossover Operators in Genetic Algorithms: A Review. *ICTACT Journal on Computing*, 1083-1092.
- Yuliasuti, G. E., Mahmudy, W. F., & Rizki, A. M. 2017. Implementation of genetic Algorithm to Solve Travelling Salesman Problem with Time Window (TSP-TW) for Scheduling Tourist Destinatin in Malang City. *Journal of Information Technology and Computer Science*, 1-10.
- Zhao, J., Chan, A. H., & Burrow, M. P. 2009. A Genetic Algorithm Based Approach for Scheduling The Renewal of Railway Track Components. *Proceeding Intelligent Mechanical Engineering*, 533-541.

LAMPIRAN

A. Jumlah Pekerja dan Durasi Pekerjaan

No	Aktivitas Perawatan	Pekerja (org)	Durasi (hari)
<u>Reaktor Pemurnian</u>			
1	Rev Bulogne, Jalurpipa dan Tap-tapan Nira	5	3
2	Rev kalkdoser dan preflashtank	5	4
3	Rev peti deffektor propeller dan deff II	5	5
4	Rev dapur belerang rws sel, ganti pipa	5	8
5	pemipaan SO ₂ , sublimator rws	5	4
6	Rev dapur belerang DKS	5	6
7	Pemipaan SO ₂ , sublimator DKS	5	6
8	Rev bejana sulvitasi DKS	5	8
9	Tes Kebocoran jalur pipa SO ₂	5	5
10	Center tube, scraper dan pintu gejalik	3	15
11	Rev blower saringan bagassilo	3	10
12	Rev bejana sulvitasi rws	3	10
13	Gear bok pengaduk dan propeller	3	10
14	Pembersihan kerak pipa deksap	8	10
15	Rev sulfur tower	5	8
16	Rotari sulfur barner	5	8
17	Blower	3	10
18	Pemipaan	5	6
19	Sublimator	5	6
<u>Pengendapan</u>			
20	Rev tank expander, snow balling, flocculan	5	9
21	Rev telescope overflow dorrlf	3	6
22	Rev unit DSM Screen	5	10
23	Saringan bol - bolan jernih	5	7
24	Rev unit diafragma	5	4
25	Rev unit drum RFV	5	16
26	Rev mixer nikot bagassilo	3	5
27	Rev tenki air panas, air injeksi nikot buff	3	6
28	Rev pompa filtrat	3	9
29	Rev pompa vacuum nash	3	6
30	Rev pompa air afsool	2	4
31	Rev pompa injeksi	2	4
32	Rev pompa nira kotor	2	4
33	Rev unit nozzle spraywater RVF	3	12
34	Rev belt, conveyor, silo blotong	3	6

No	Aktivitas Perawatan	Pekerja (org)	Durasi (hari)
35	Afsluiter f 2" contoh nira jernih	1	8
36	Afsluiter f 3" kran contoh nira dan air	1	8
37	Rev afsluiter f 2" spray water RVF	1	3
38	Rev afsluiter f 3" jalur susu kapur	1	14
39	Rev afsluiter f 4" pompa nira dan air	1	24
40	Rev afsluiter f 5" bol -bolan nira jernih	2	24
41	Rev afsluiter f 6" bol-bolan nira jernih	2	17
42	Rev afsluiter f 12" nira jernih dorr clarif	2	4
	<u>Tobong Gamping</u>		
43	Rev cintang kapur tohor	3	10
44	Tromol molen pemadam kapur, pipa spey	3	10
45	Bak pengendap kapur	2	3
46	Bak susu klapur pengaduk	2	3
47	Pompa sirkulasi susu kapur	2	6
48	Rev afsluiter f 4" jalur pompa air	1	6
	<u>Jogonalan</u>		
49	Rev pompa jogonalan	3	50
50	Rev saringan pompa jogonalan	3	60
51	Rev afsluiter pompa jogonalan	3	30
	<u>Penguapan</u>		
52	Rev sapvanger dan pembersih	5	30
53	Pembersihan pipa uap nira evaporator	5	5
54	Afsluiter f 3" krengsengan uap badan eva	1	24
55	Afsluiter f 4" amoniak eva	1	5
56	Afsluiter f 6" gembosan uap nira / flashing	2	3
57	Afsluiter f 12" uap bekas VW	2	24
58	Afsluiter f 500mm uap nira inlet tromol VD	5	24
59	Knievalve f 800 mm uap nira VD	5	24
60	Knievalve f 1200 mm uap nira VD	5	24
61	Pembenahan isolasi dan pengecatan	4	8
62	Packing karet pemanas nira	5	40
63	Rev dan press body pemanas	5	30
64	Afsluiter f 800 mm uap nira VD	5	40
65	Rev afsluiter ganda f 10" pemanas nira	5	30
66	Tes padat badan evaporator	5	10
67	Tes vacuum badan evaporator	5	10
	<u>Pompa</u>		
68	Pompa RWS tertimbang	5	30
69	Pompa RWS Ges	5	10
70	Pompa dun sap	5	10
71	Pompa sigma	6	9

No	Aktivitas Perawatan	Pekerja (org)	Durasi (hari)
72	Pompa leburan (diksap)	6	9
73	Pompa kompresor rotary	6	9
74	Pompa kompresor TORAK	6	18
75	Pompa vacuum washring	6	6
76	Pompa kondensat VD I	6	10
77	Pompa kondensat VD II	6	10
78	Pompa kondensat VD III	6	32
79	Pompa kondensat VD IV	6	6
80	Pompa kondensat VD V	6	6
81	Pompa kondensat PP I	6	6
82	Pompa kondensat PP II	6	6
83	Pompa kondensat bergula	6	6
84	Pompa pendingin dabel	6	6
85	Pompa limbah (equalizer)	6	6
86	Pompa rogocolo & pompa spraypond	6	6
87	Perbaikan kanal penyangga dan spuyer spray Afsluiter	6	6
88	Afsluiter Schuff f 1" tap -tapan nira WR	6	6
89	Afsluiter Schuff f 2" gembosan uap dabel	3	48
90	Afsluiter schuff f 3" kondensat VD	8	20
91	Afsluiter schuff f 4" tap kondensat VD	1	1
92	Afsluiter schuff f 5" kondensat VD 4 / 5	5	5
93	Afsluiter schuff f 6" pomp nira tertimbang	2	12
94	Afsluiter schuff f 8" bypass antar pompa	4	21
95	Afsluiter schuff f 10" gembosan de superhtr	2	54
96	Afsluiter schuff f 12" uap bekas VW	2	60
97	Afsluiter schuff f 1" pendinginan pomp vacum	2	44
98	Afsluiter schuff f 1,5" tap-tapan nira VW	2	3
99	Afsluiter schuff f 2" tap-tapan nira VW	4	9
100	Afsluiter schuff f 3" jalur UBA ke VD / VW	1	2
101	Afsluiter schuff f 4" tap kondensat VW	1	3
102	Afsluiter schuff f 5" jalur nira kenthel	1	25
103	Afsluiter schuff f 6" pompa kond VD 1 - 3	1	14
104	Afsluiter schuff f 8" nira jalur VD	1	10
105	Knie valve f 3" klengsengan uap baru	1	4
106	Klep balik f 5" sprayer untuk VW	1	6
107	Klep balik f 8" pengaman tanki kondensat	2	64
108	Klep balik f 12" gembosan uap bekas	1	4
109	Kondenspot / steamtrap f 1" desurperheater	1	4
110	Kondenspot / steamtrap f 2" dapur belakang	2	4
111	Kondenspot / steamtrap f 3" VW	3	3

No	Aktivitas Perawatan	Pekerja (org)	Durasi (hari)
112	Kondenspot / steamtrap f 4" VW	2	1

B. Penjadwalan Perawatan Awal

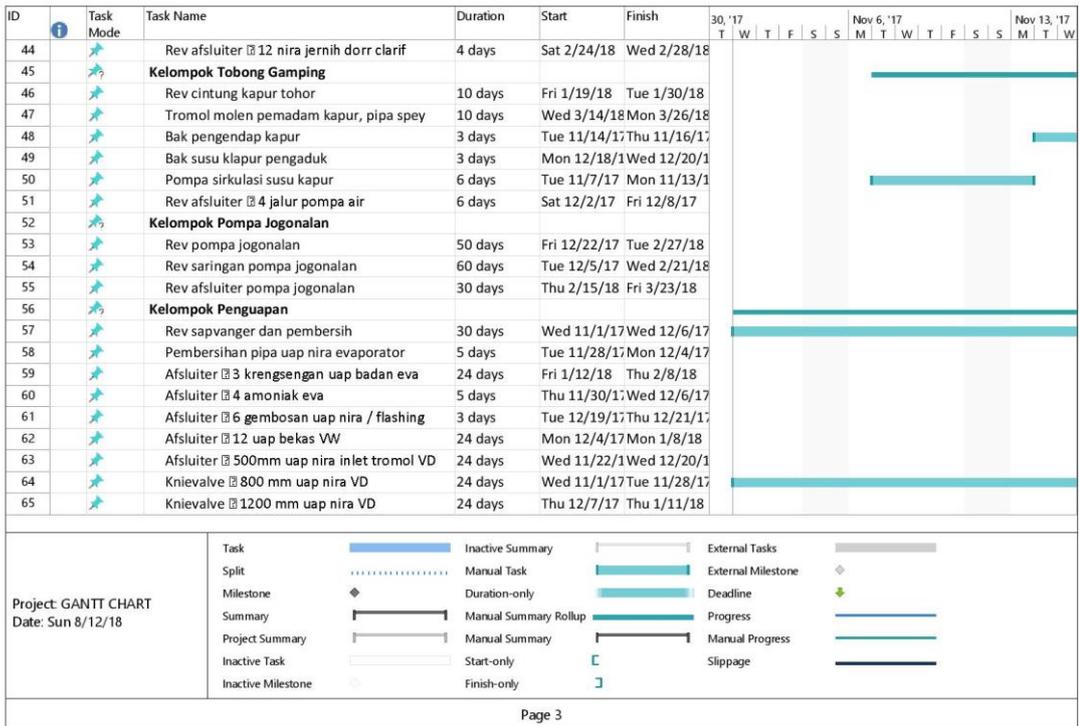
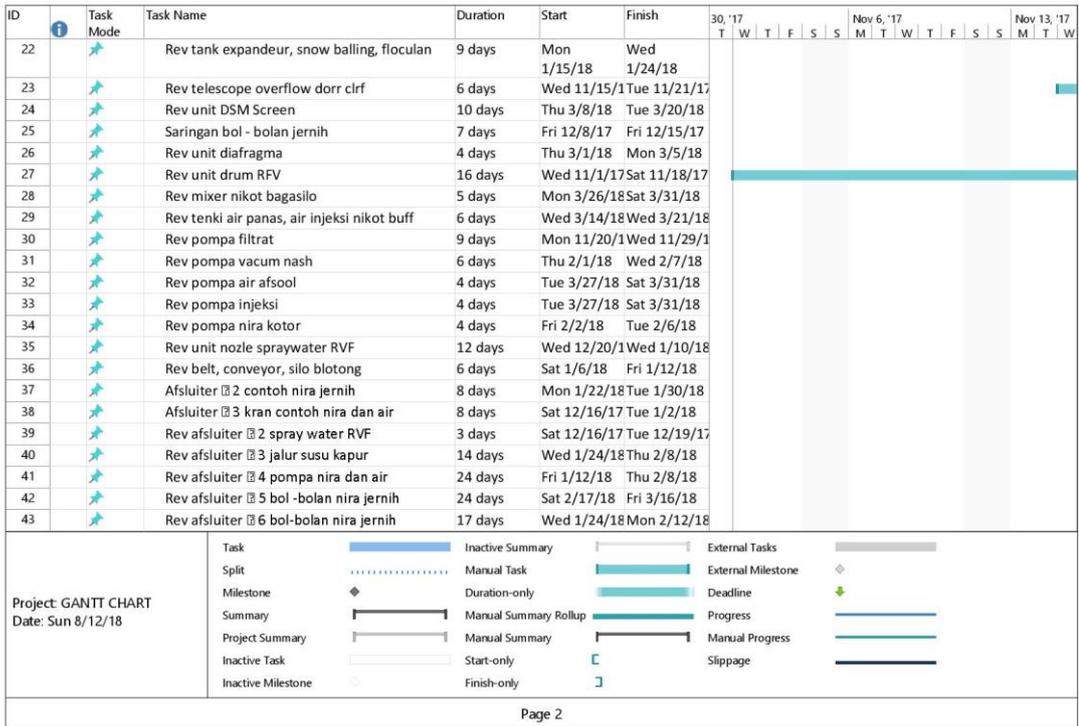
No	Aktivitas Perawatan	Mulai (hari ke-)	Berakhir (hari ke-)
<u>Reaktor Pemurnian</u>			
1	Rev Bulogne, Jalurpipa dan Tap-tapan Nira	7	9
2	Rev kalkdoser dan preflashtank	39	42
3	Rev peti deffektor propeller dan deff II	19	23
4	Rev dapur belerang rws sel, ganti pipa	22	29
5	pemipaan SO ₂ , sublimator rws	50	53
6	Rev dapur belerang DKS	13	18
7	Pemipaan SO ₂ , sublimator DKS	33	38
8	Rev bejana sulvitasi DKS	48	55
9	Tes Kebocoran jalur pipa SO ₂	7	11
10	Center tube, scraper dan pintu gejalik	55	69
11	Rev blower saringan bagassilo	61	70
12	Rev bejana sulvitasi rws	66	75
13	Gear bok pengaduk dan propeller	19	28
14	Pembersihan kerak pipa deksap	25	34
15	Rev sulfur tower	37	44
16	Rotari sulfur barner	78	85
17	Blower	78	87
18	Pemipaan	55	60
19	Sublimator	64	69
<u>Pengendapan</u>			
20	Rev tank expandeur, snow balling, flocculan	59	67
21	Rev telescope overflow dorr clrf	67	72
22	Rev unit DSM Screen	72	81
23	Saringan bol - bolan jernih	77	83
24	Rev unit diafragma	69	72
25	Rev unit drum RFV	3	18
26	Rev mixer nikot bagassilo	70	74
27	Rev tenki air panas, air injeksi nikot buff	75	80
28	Rev pompa filtrat	11	19
29	Rev pompa vacum nash	23	28
30	Rev pompa air afsool	37	40
31	Rev pompa injeksi	42	45
32	Rev pompa nira kotor	25	28

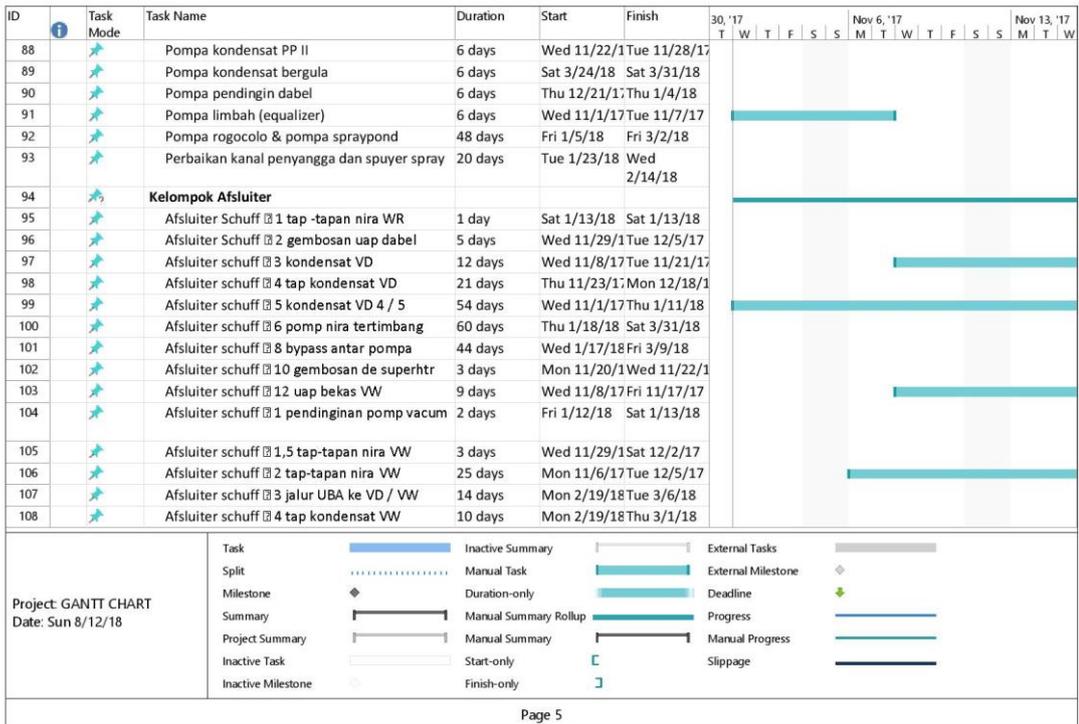
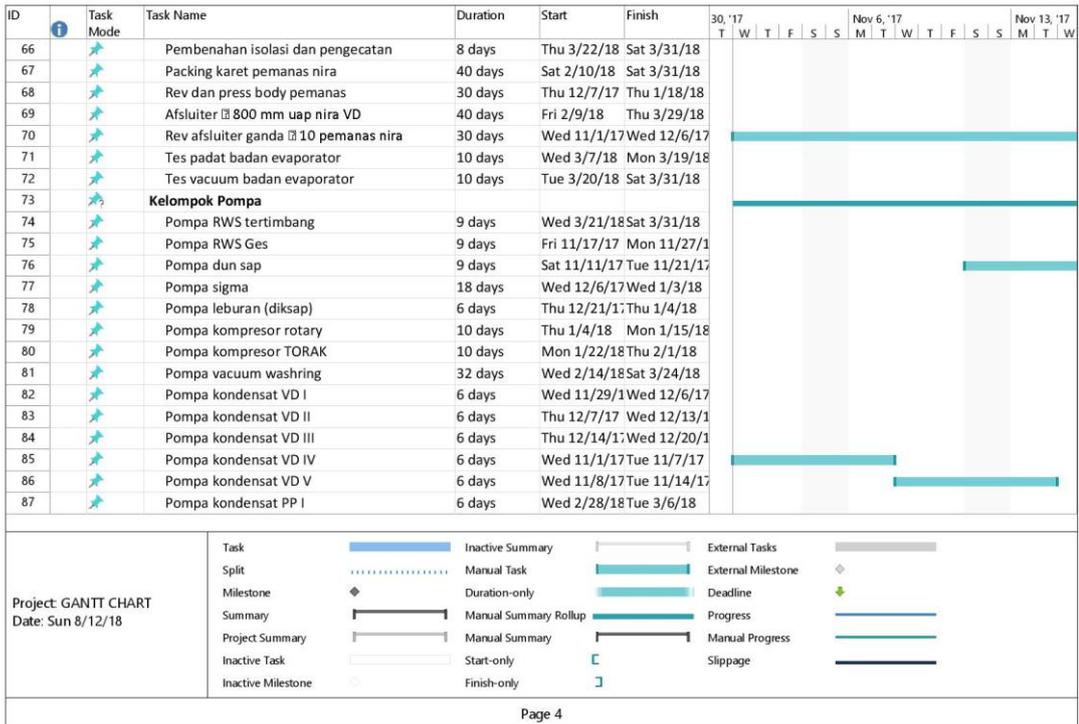
No	Aktivitas Perawatan	Mulai (hari ke-)	Berakhir (hari ke-)
33	Rev unit nozle spraywater RVF	49	60
34	Rev belt, conveyor, silo blotong	55	60
35	Afsluiter f 2" contoh nira jernih	85	92
36	Afsluiter f 3" kran contoh nira dan air	67	74
37	Rev afsluiter f 2" spray water RVF	79	81
38	Rev afsluiter f 3" jalur susu kapur	63	76
39	Rev afsluiter f 4" pompa nira dan air	55	78
40	Rev afsluiter f 5" bol -bolan nira jernih	79	102
41	Rev afsluiter f 6" bol-bolan nira jernih	65	81
42	Rev afsluiter f 12" nira jernih dorr clarif	105	108
<u>Tobong Gamping</u>			
43	Rev cintang kapur tohor	61	70
44	Tromol molen pemadam kapur, pipa spey	70	79
45	Bak pengendap kapur	31	33
46	Bak susu klapur pengaduk	43	45
47	Pompa sirkulasi susu kapur	19	24
48	Rev afsluiter f 4" jalur pompa air Jogonalam	21	26
49	Rev pompa jogonalan	7	56
50	Rev saringan pompa jogonalan	41	100
51	Rev afsluiter pompa jogonalan	84	113
<u>Penguapan</u>			
52	Rev sapvanger dan pembersih	7	36
53	Pembersihan pipa uap nira evaporator	25	29
54	Afsluiter f 3" krengsengan uap badan eva	55	78
55	Afsluiter f 4" amoniak eva	71	75
56	Afsluiter f 6" gembosan uap nira / flashing	77	79
57	Afsluiter f 12" uap bekas VW	25	48
58	Afsluiter f 500mm uap nira inlet tromol VD	19	42
59	Knievalve f 800 mm uap nira VD	7	30
60	Knievalve f 1200 mm uap nira VD	31	54
61	Pembenahan isolasi dan pengecatan	61	68
62	Packing karet pemanas nira	79	118
63	Rev dan press body pemanas	31	60
64	Afsluiter f 800 mm uap nira VD	37	76
65	Rev afsluiter ganda f 10" pemanas nira	7	36
66	Tes padat badan evaporator	55	64
67	Tes vacuum badan evaporator	65	74
<u>Pompa</u>			
68	Pompa RWS tertimbang	4	12
69	Pompa RWS Ges	7	15

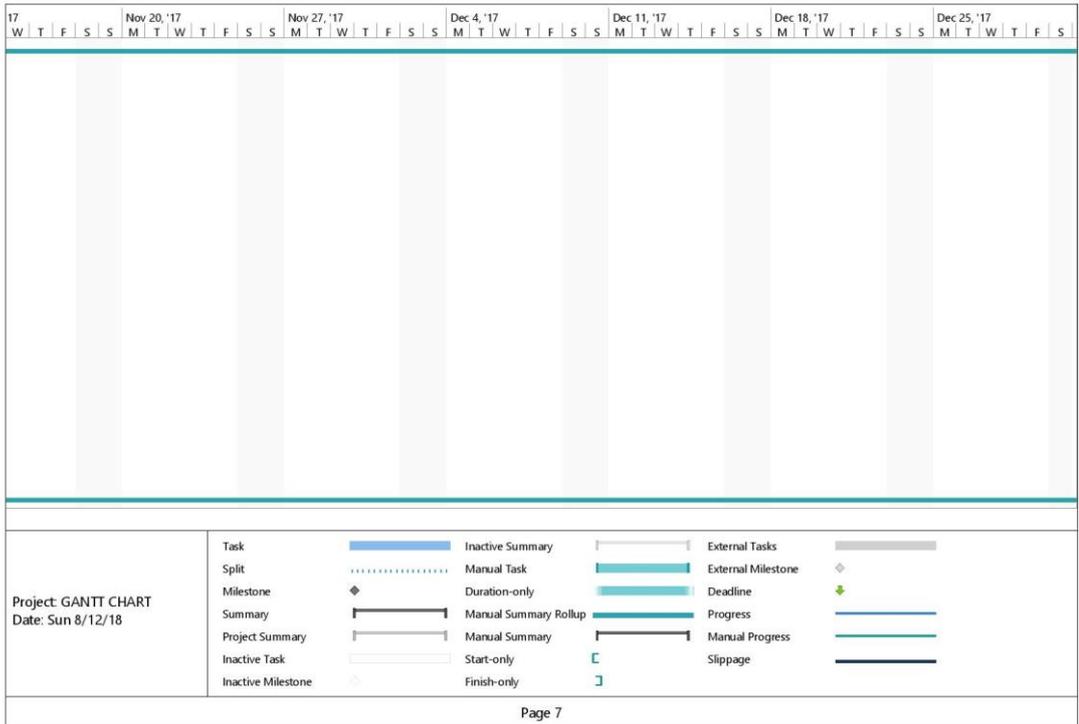
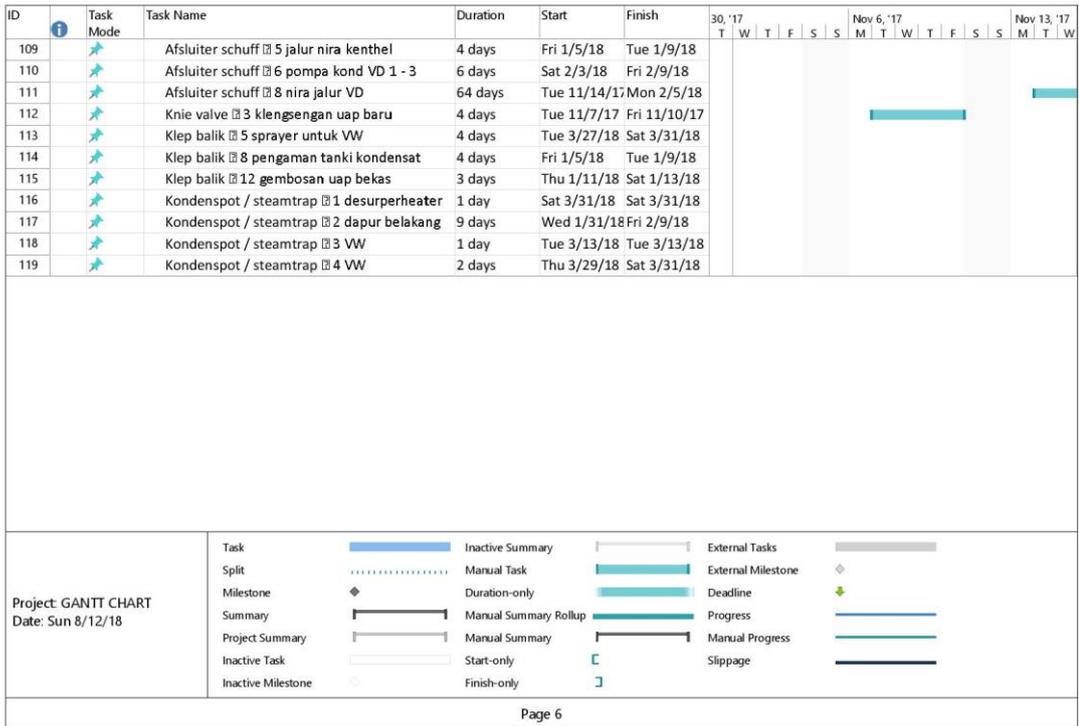
No	Aktivitas Perawatan	Mulai (hari ke-)	Berakhir (hari ke-)
70	Pompa dun sap	10	18
71	Pompa sigma	31	48
72	Pompa leburan (diksap)	43	48
73	Pompa kompresor rotary	61	70
74	Pompa kompresor TORAK	63	72
75	Pompa vacuum washring	83	114
76	Pompa kondensat VD I	25	30
77	Pompa kondensat VD II	31	36
78	Pompa kondensat VD III	37	42
79	Pompa kondensat VD IV	3	8
80	Pompa kondensat VD V	7	12
81	Pompa kondensat PP I	13	18
82	Pompa kondensat PP II	19	24
83	Pompa kondensat bergula	37	42
84	Pompa pendingin dabel	43	48
85	Pompa limbah (equalizer)	61	66
86	Pompa rogocono & pompa spraypond	49	96
87	Perbaikan kanal penyangga dan spuyer spray	64	83
<u>Afsluiter</u>			
88	Afsluiter Schuff f 1" tap -tapan nira WR	25	25
89	Afsluiter Schuff f 2" gembosan uap dabel	26	30
90	Afsluiter schuff f 3" kondensat VD	7	18
91	Afsluiter schuff f 4" tap kondensat VD	19	39
92	Afsluiter schuff f 5" kondensat VD 4 / 5	7	60
93	Afsluiter schuff f 6" pomp nira tertimbang	60	119
94	Afsluiter schuff f 8" bypass antar pompa	43	86
95	Afsluiter schuff f 10" gembosan de superhtr	73	75
96	Afsluiter schuff f 12" uap bekas VW	7	15
97	Afsluiter schuff f 1" pendinginan pomp vacum	25	26
98	Afsluiter schuff f 1,5" tap-tapan nira VW	27	29
99	Afsluiter schuff f 2" tap-tapan nira VW	11	35
100	Afsluiter schuff f 3" jalur UBA ke VD / VW	37	50
101	Afsluiter schuff f 4" tap kondensat VW	63	72
102	Afsluiter schuff f 5" jalur nira kenthel	73	76
103	Afsluiter schuff f 6" pompa kond VD 1 - 3	19	24
104	Afsluiter schuff f 8" nira jalur VD	25	88
105	Knie valve f 3" klengseengan uap baru	43	46
106	Klep balik f 5" sprayer untuk VW	75	78
107	Klep balik f 8" pengaman tanki kondensat	81	84
108	Klep balik f 12" gembosan uap bekas	31	33
109	Kondenspot / steamtrap f 1" desurperheater	33	33

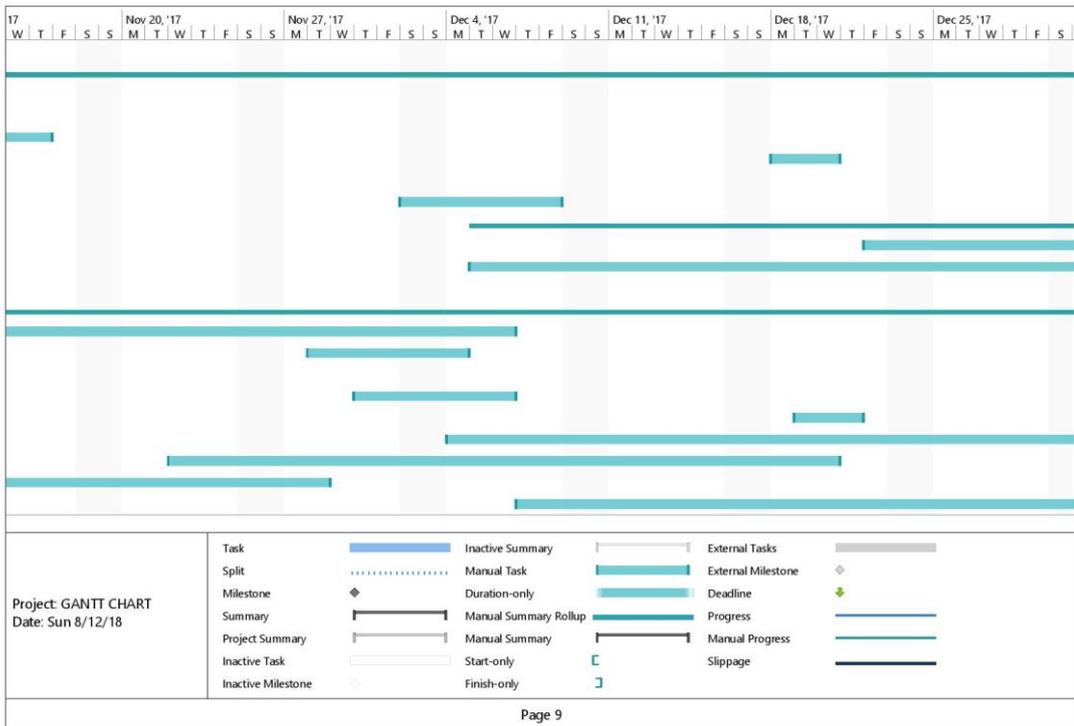
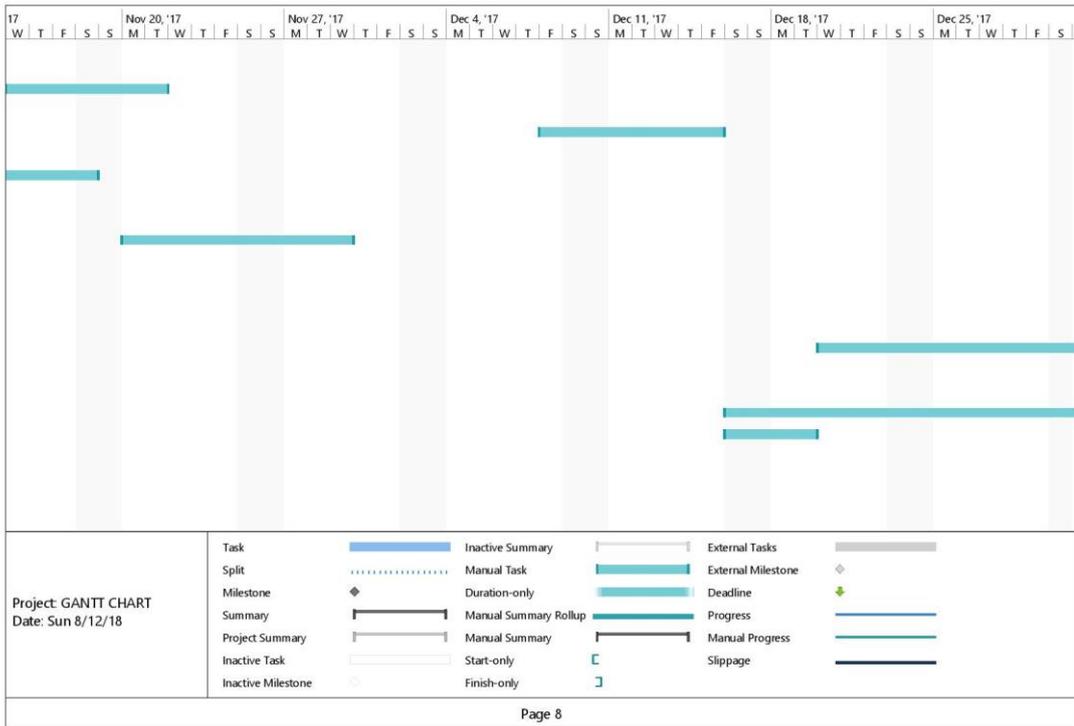
13	Revisi Pompa Injeksi	2	2	4	8	1,45%	
14	Revisi Pompa Nira Kotor	2	2	4	8	1,45%	
15	Revisi Unit Nozzle Spraywater RVF	2	3	12	36	6,53%	
16	Revisi Belt, Conveyor, silo blotong	2	3	6	18	3,27%	
17	Afsluiter φ5" Kran contoh nira jernih	16	1	8	8	1,45%	
18	Afsluiter φ1" kran contoh nira dan air	16	1	8	8	1,45%	
19	Revisi Afsluiter φ 2" Spray water RVF	6	1	3	3	0,54%	
20	Revisi Afsluiter φ 3" Jalur Susu Kapur	14	1	14	14	2,54%	
21	Revisi Afsluiter φ 4" Pompa Nira dan air	24	1	24	24	4,36%	
22	Revisi Afsluiter φ 5" Bol - bolan Nira Jernih	12	2	24	48	8,71%	
23	Revisi Afsluiter φ 6" Bol - bolan nira jernih	7	2	17	34	6,17%	
	Revisi Afsluiter φ 12" Nira Jernih Dorr Clarif	2	2	4	8	1,45%	
	Jumlah				551	100%	
KELOMPOK TOBONG GAMPING							
1	Revisi Tobong Gamping	1	0	6	0	0,00%	
2	Revisi Kompor Pembakaran	6	0	2	0	0,00%	
3	Revisi Derek Batu Gamping	1	0	3	0	0,00%	
4	Revisi Lori Lancip Batu Kapur	4	0	2	0	0,00%	
5	Revisi Cintang Kapur Tohor	1	3	10	30	33,33%	
6	Tromol molen pematam kapur, Pipa Spey	1	3	10	30	33,33%	
7	Mekanik Selakir Grits	0	3	8	0	0,00%	
8	Bak Pengendap Kapur	1	2	3	6	6,67%	
9	Bak Susu Klapur Pengaduk	1	2	3	6	6,67%	
10	Pompa Sirkulasi Susu Kapur	3	2	6	12	13,33%	
11	Revisi Afsluiter φ 1" Jalur Fo Tob Gamping	0	1	4	0	0,00%	
12	Revisi Afsluiter φ 4" Jalur Pompa Air	6	1	6	6	6,67%	
	Jumlah				90	100%	
KELOMPOK POMPA JOGONALAN							
1	Revisi Pompa Jogonalan	5	3	50	150	35,7%	
2	Revisi Saringan pompa jogonalan	20	3	60	180	42,9%	
3	Revisi Afsluiter pompa jogonalan	10	3	30	90	21,4%	
	Jumlah				420	100%	
KELOMPOK PENGUAPAN							
1	Revisi Sapvanger dan bersihin	5	5	30	150	10,34%	
2	Pembersihan pipa uap nira Evaporator	1	5	5	25	1,72%	
3	Revisi Separator / pembenahan skat nya	0	5	4	0	0,00%	
4	Afsluiter φ3" Krngsengan Uap Badan Eva	24	1	24	24	1,66%	
5	Afsluiter φ4" Amoniak Eva	5	1	5	5	0,34%	

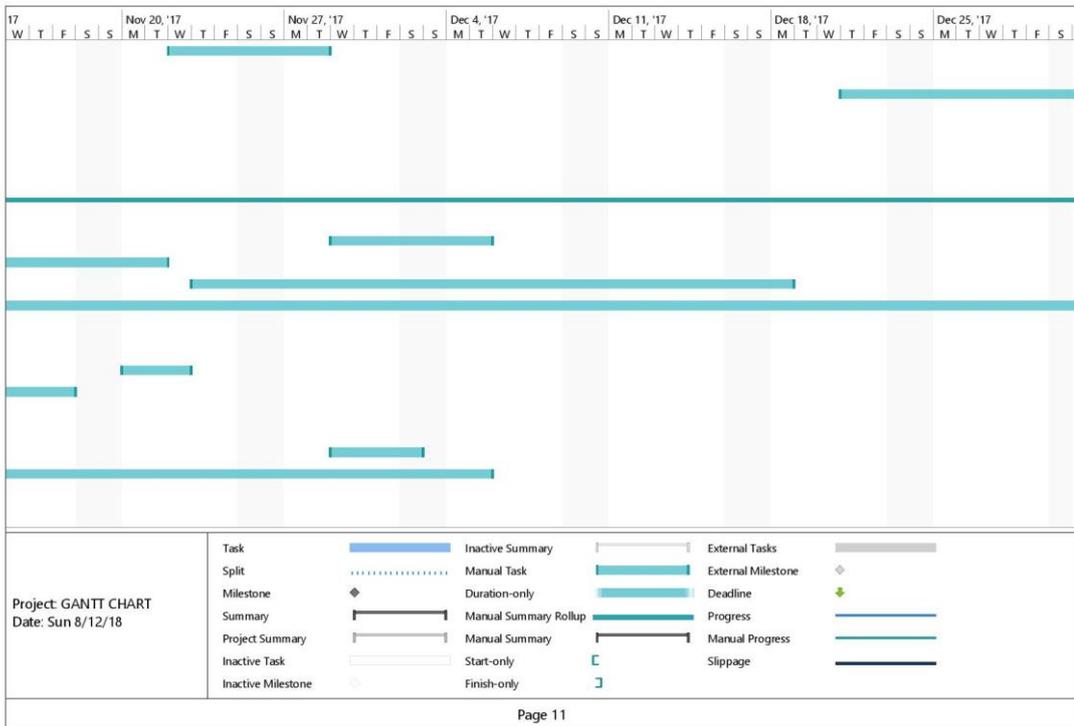
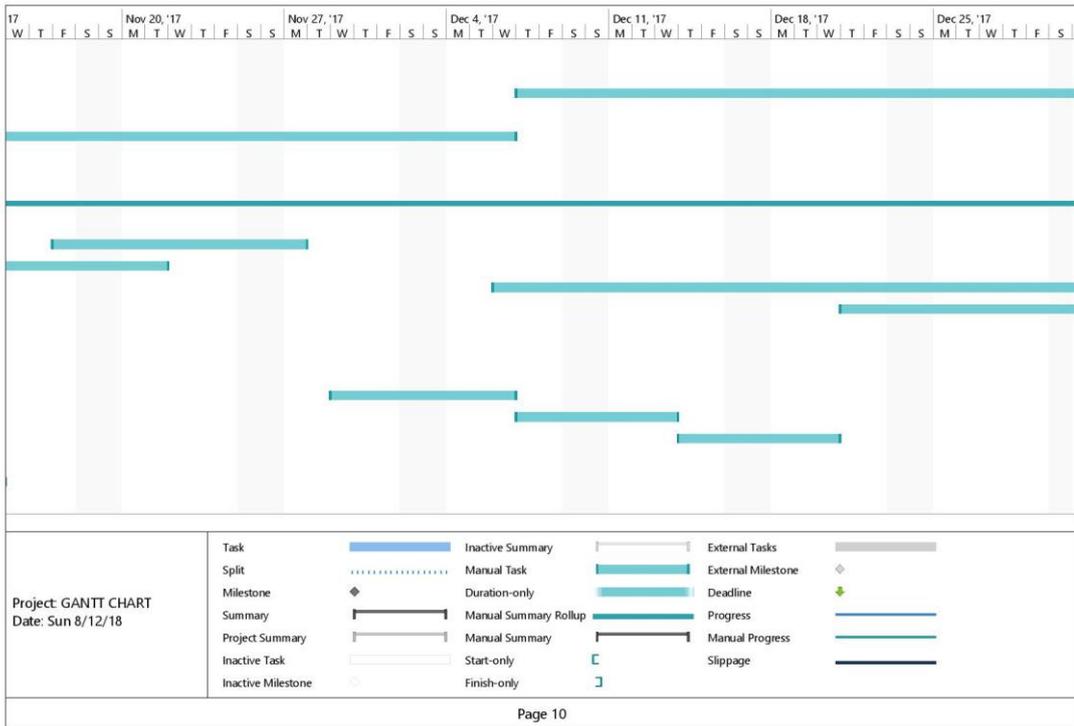
7	Afsluiter φ 6" Gernsuan Uap nira / Flashing	3	2	3	6	0,41%	
8	Afsluiter φ 500 mm Uap nira inlet tromol VD	12	2	24	48	3,31%	
9	Knievalve φ 800 mm Uap Nira VD	6	5	24	120	8,28%	
10	Knievalve φ 1200 mm Uap nira VD	3	5	24	120	8,28%	
11	Pembanahan isolasi dan pengecatan	5	5	24	120	8,28%	
12	Packing karet Pemanas nira	1	4	8	32	2,21%	
13	Revisi dan press body Pemanas nira	10	5	40	200	13,79%	
14	Isku Afsluiter 800 mm Cadangan	0	2	8	0	0,00%	
15	Afsluiter φ 800 mm Uap Nira VD	10	5	40	200	13,79%	
16	Revisi Afsluiter Garista φ 10" Pemanas nira	10	5	40	200	13,79%	
17	Tes Pailat Badan Evaporator	5	5	10	50	3,45%	
18	Tes Vacuum Badan Evaporator	5	5	10	50	3,45%	
19	Revisi Badan Evaporator + Assesorisnya	0	5	25	0	0,00%	
	Jumlah				1450	100,00%	
KELOMPOK POMPA							
1	Pompa RWS Tertimbang	3	6	9	54	4,21%	
2	Pompa RWS Gas	3	6	9	54	4,21%	
3	Pompa Dun sap	3	6	9	54	4,21%	
4	Pompa Sigma	3	6	18	108	8,42%	
5	Pompa Leburan (Dksap)	2	6	6	36	2,81%	
6	Pompa Kompresor JOY	0	6	16	0	0,00%	
7	Pompa Kompresor Rotary	1	6	10	60	4,68%	
8	Pompa Kompresor TORAK	1	6	10	60	4,68%	
9	Pompa Vacuum Washing	2	6	32	192	14,98%	
10	Pompa Kondensat VD I	2	6	6	36	2,81%	
11	Pompa Kondensat VD II	2	6	6	36	2,81%	
12	Pompa Kondensat VD III	2	6	6	36	2,81%	
13	Pompa Kondensat VD IV	2	6	6	36	2,81%	
14	Pompa Kondensat VD V	2	6	6	36	2,81%	
15	Pompa Kondensat PP I	2	6	6	36	2,81%	
16	Pompa Kondensat PP II	2	6	6	36	2,81%	
17	Pompa Kondensat Bergula	2	6	6	36	2,81%	
18	Pompa Pendingin Dabel	2	6	6	36	2,81%	
19	Pompa Limbah (Equalizer)	2	6	6	36	2,81%	
20	Pompa Ragooolo & pompa spraypond	2	3	48	144	11,23%	
21	Perbaikan Kanal Penyangga dan Spuyer Spray	140	8	20	160	11,48%	
	Jumlah				1282	100%	
KELOMPOK AFSLUITER							

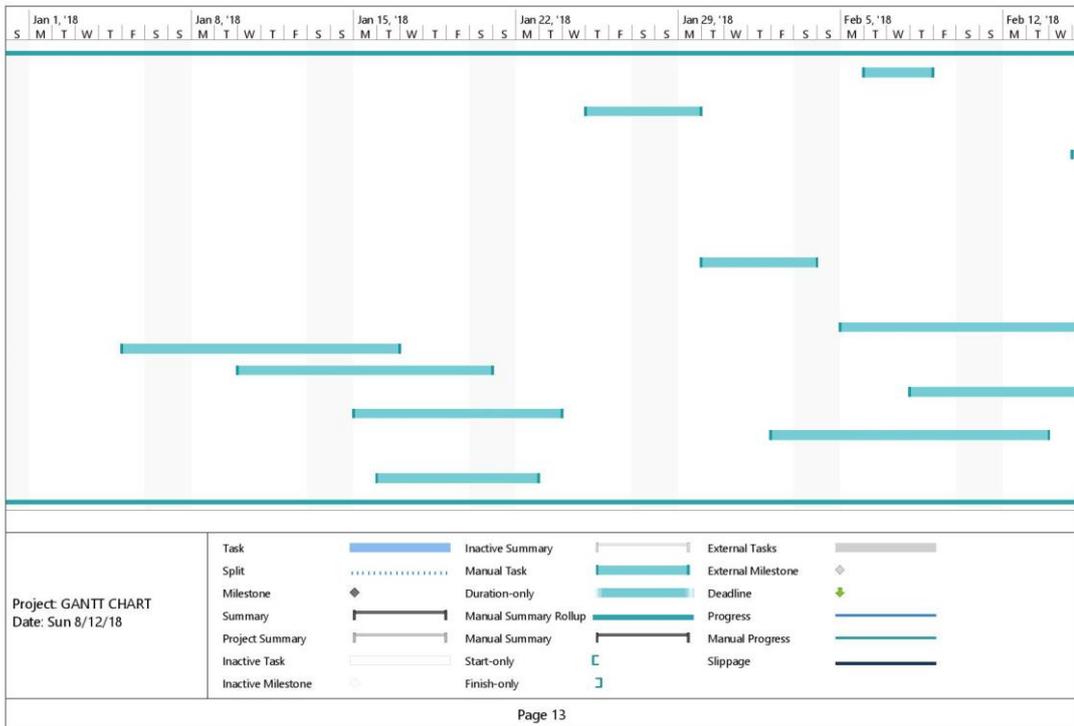
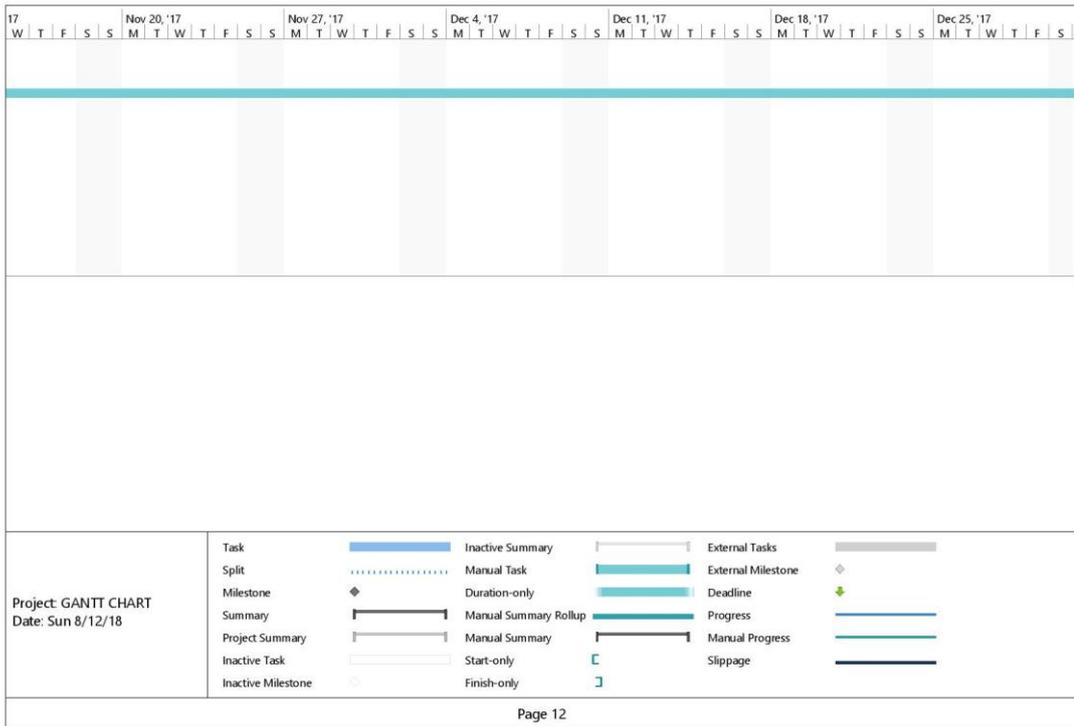


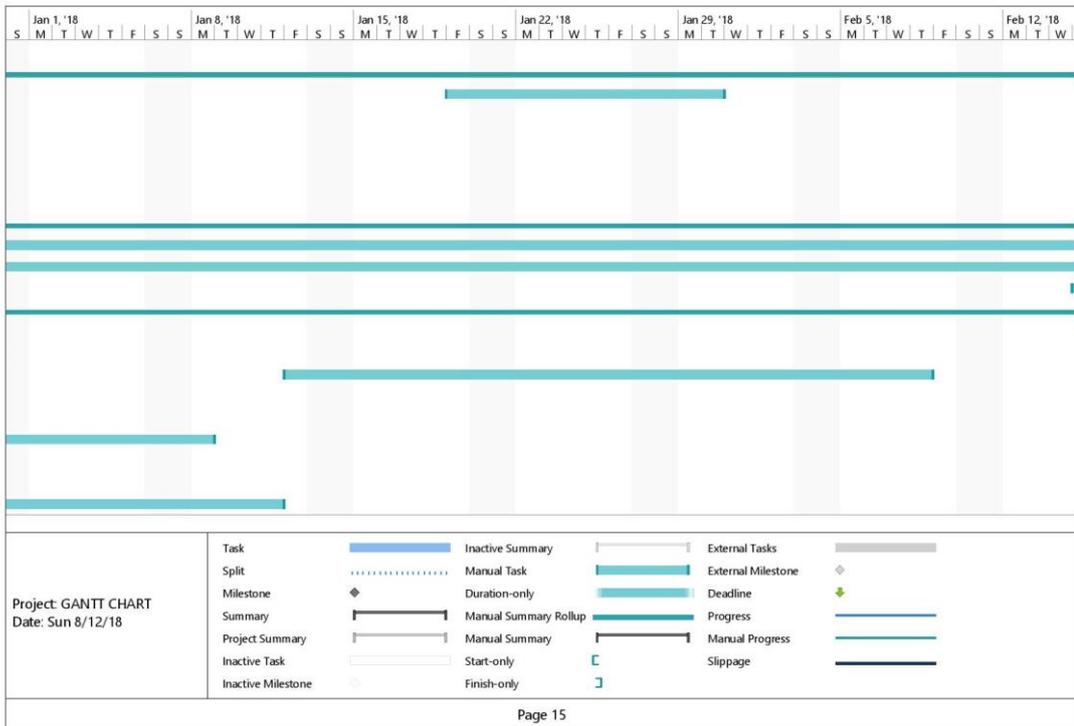
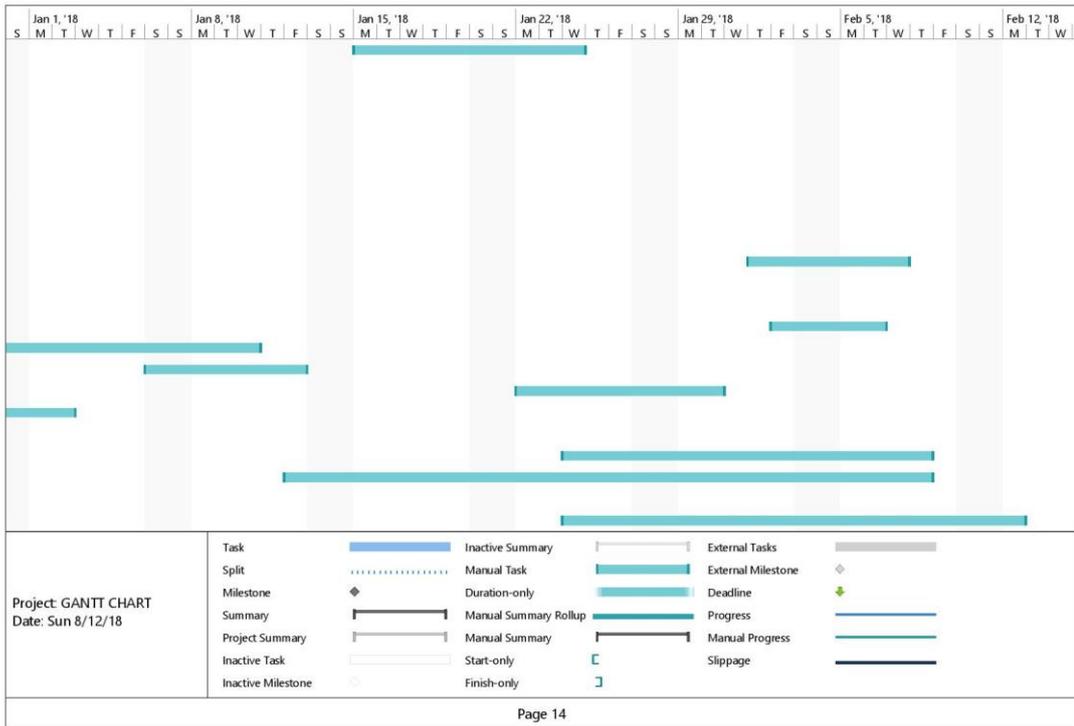


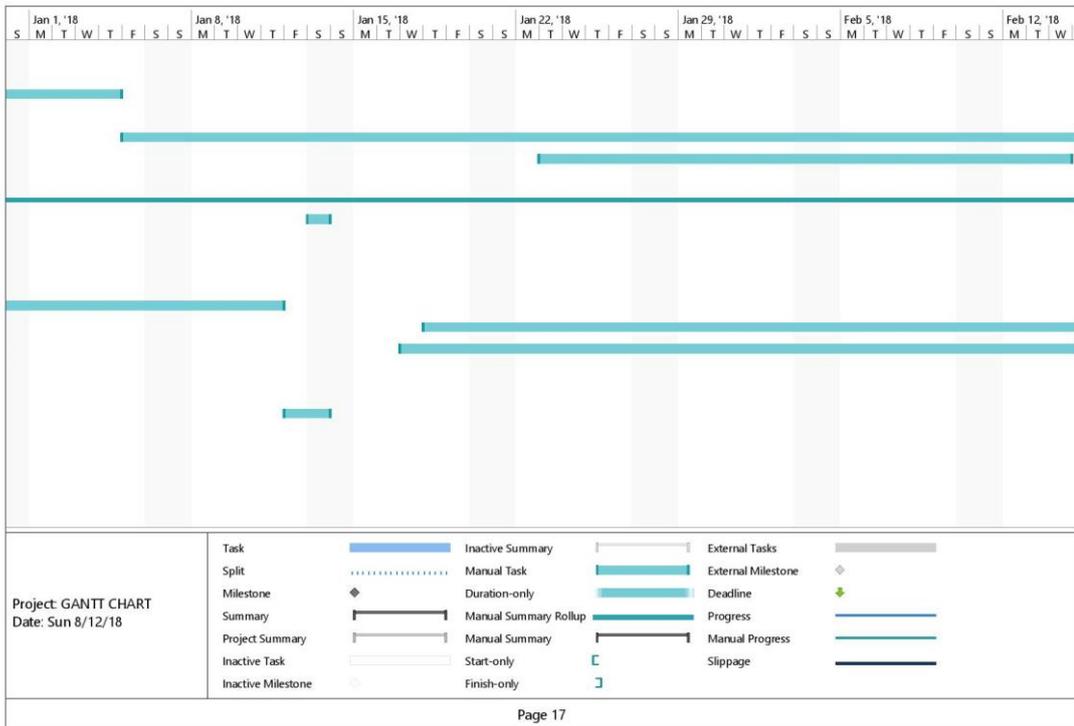
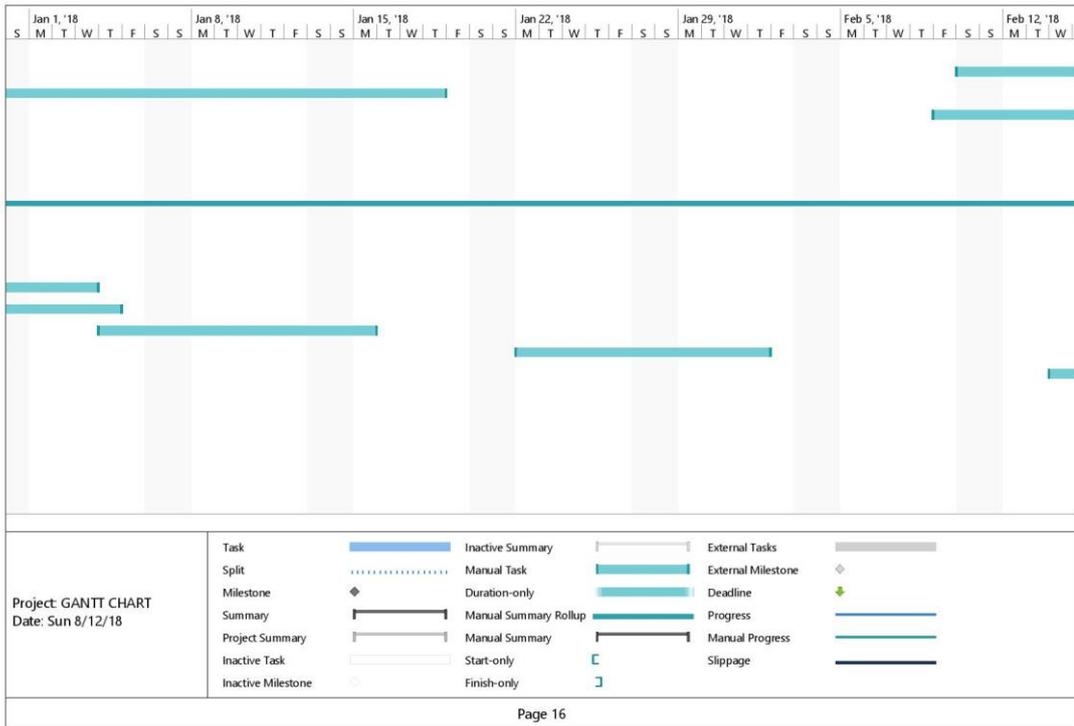


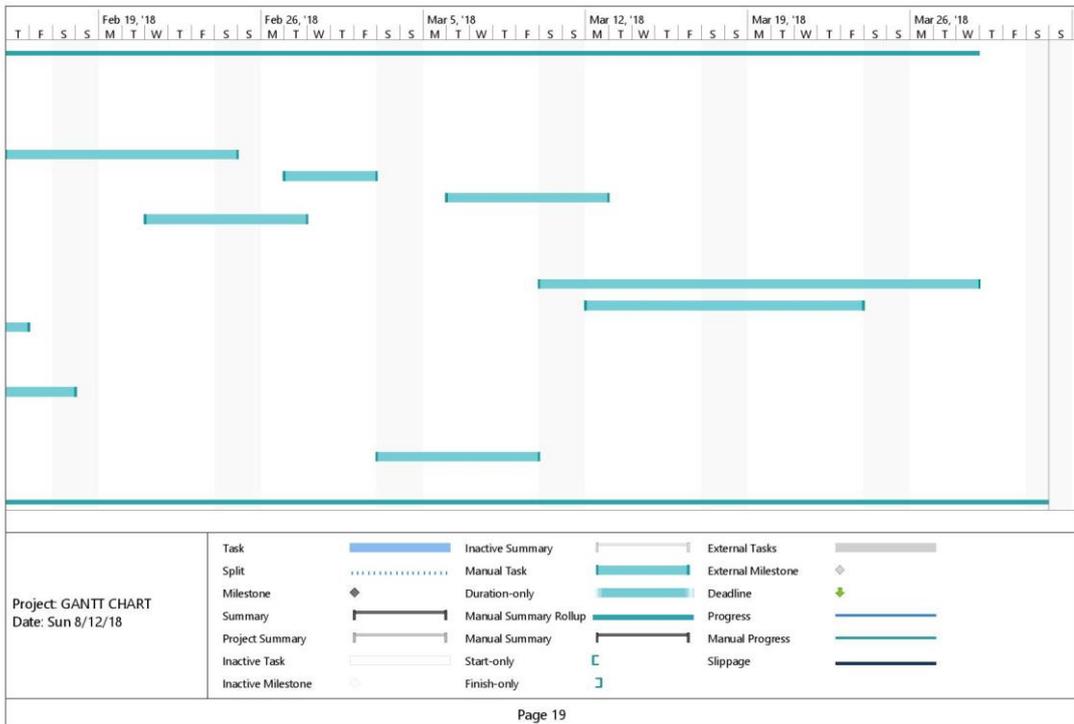
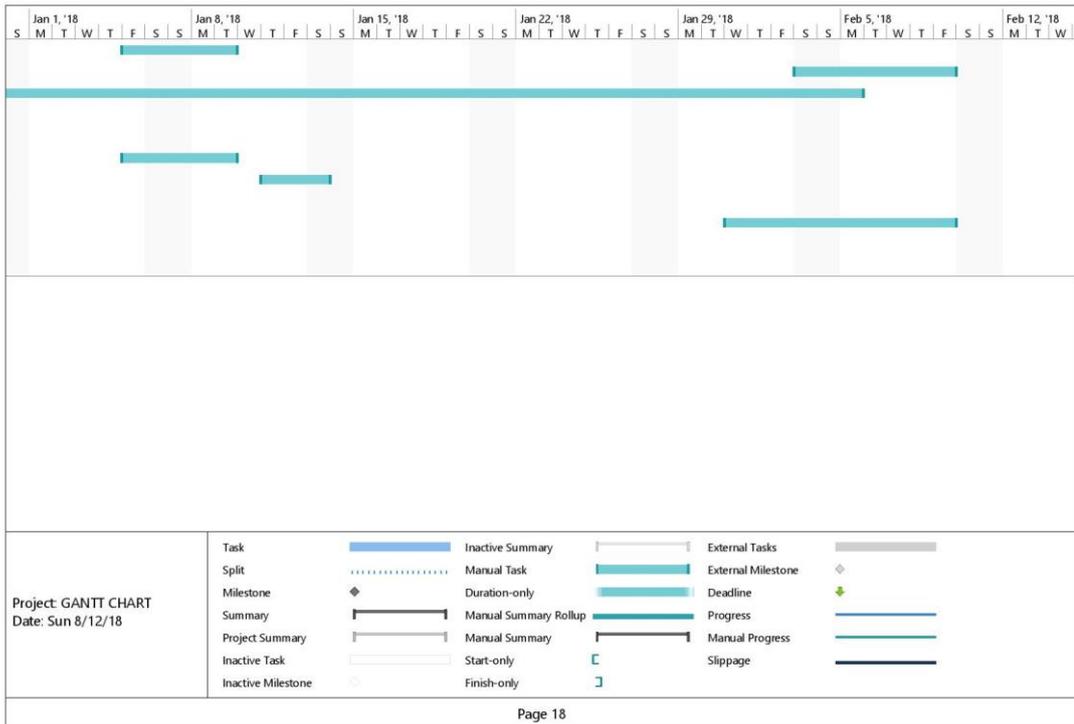


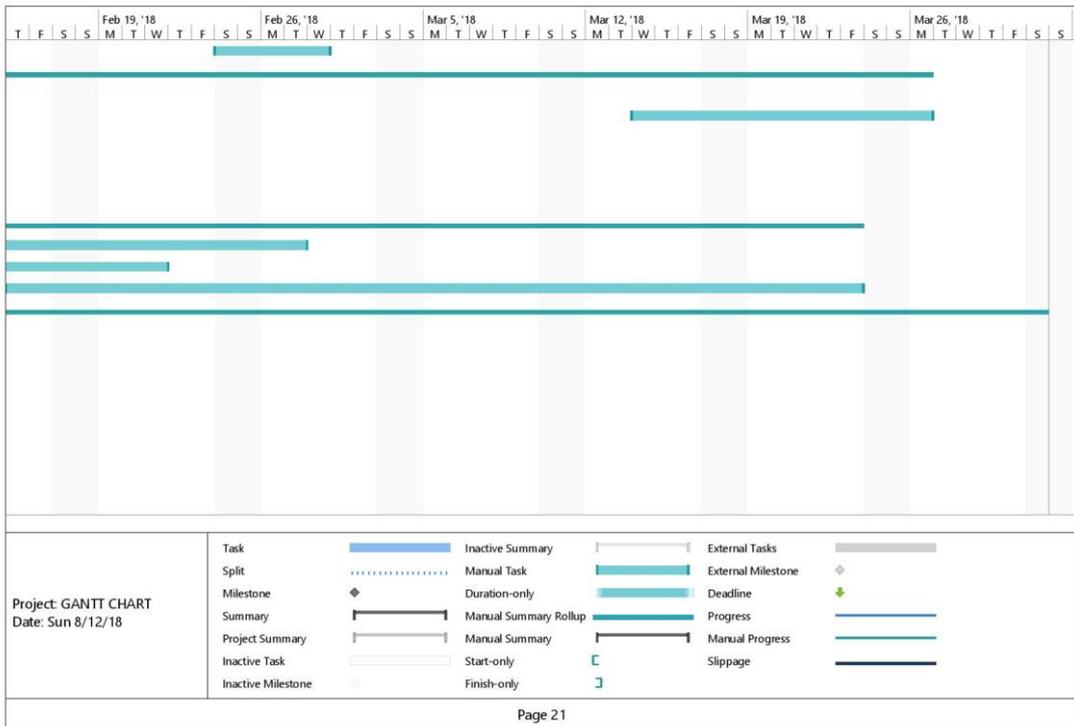
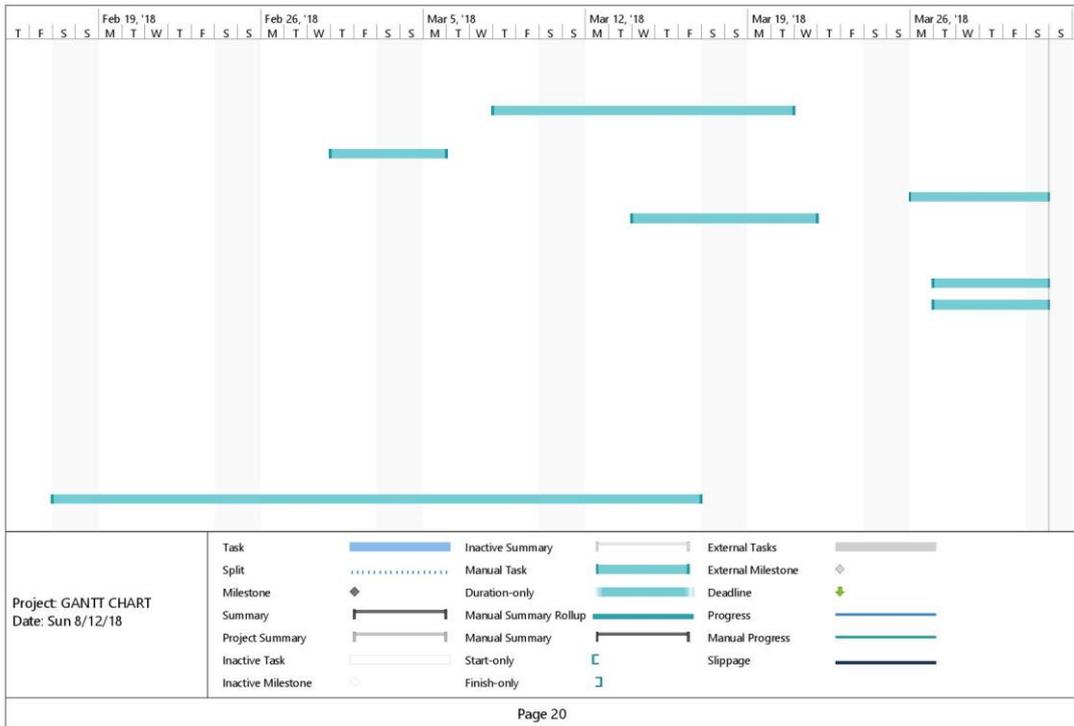


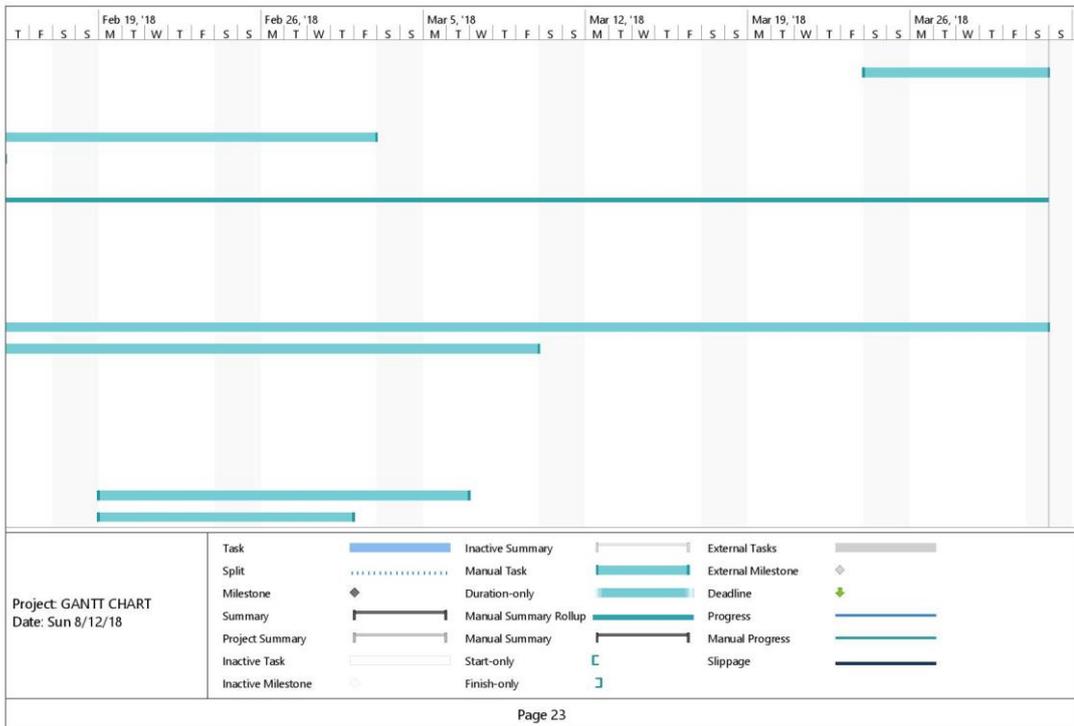
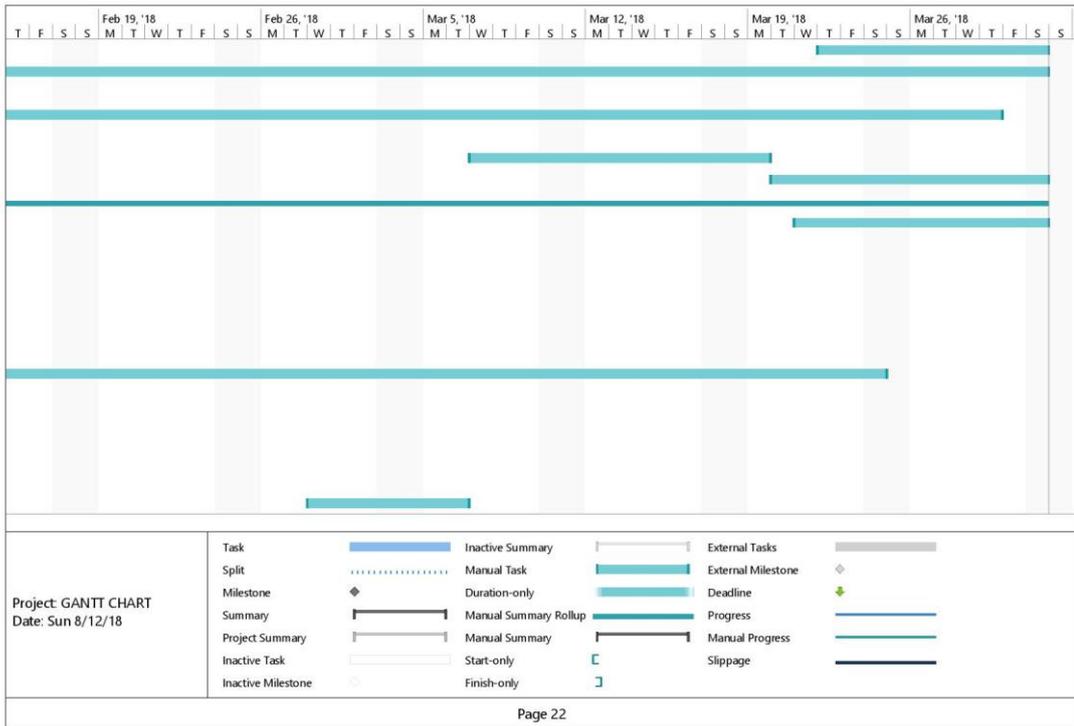


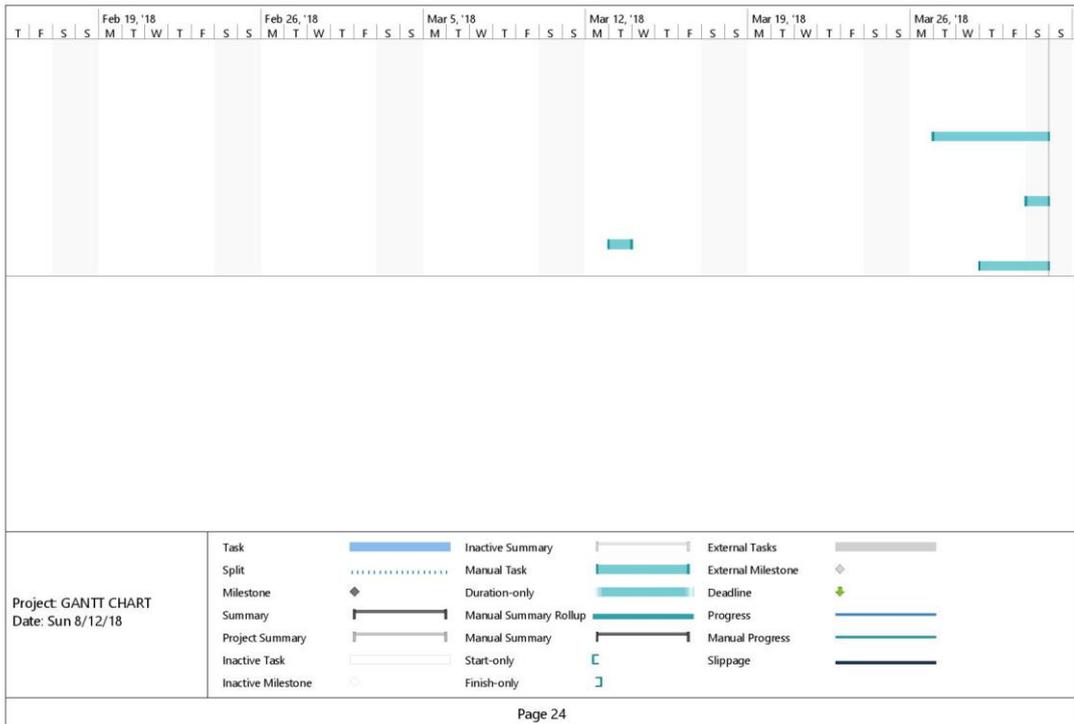












E. Template Perhitungan Excel

<https://drive.google.com/file/d/1ebCuG04kVzGIjOXsN20fjiaa0iqumncV/view?usp=sharing>