

Tugas Akhir

**PENJADWALAN PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE *HEURISTIC POUR*
DAN *BRANCH AND BOUND* UNTUK MEMINIMASI *MAKESPAN*
(Studi kasus : PT. Triteguh Manunggal Sejati)**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat ujian

Guna memperoleh gelar Sarjana Teknik

pada Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin



OLEH :

PRIATNO KEVIN TOPAYUNG

D221 16 503

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2020

Tugas Akhir

**PENJADWALAN PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE *HEURISTIC POUR*
DAN *BRANCH AND BOUND* UNTUK MEMINIMASI *MAKESPAN*
(Studi kasus : PT. Triteguh Manunggal Sejati)**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat ujian

Guna memperoleh gelar Sarjana Teknik

pada Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin



OLEH :

PRIATNO KEVIN TOPAYUNG

D221 16 503

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2020

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir

**PENJADWALAN PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE *HEURISTIC POUR*
DAN *BRANCH AND BOUND* UNTUK MEMINIMASI *MAKESPAN***

(Studi kasus : PT. Triteguh Manunggal Sejati)

Disusun oleh :

PRIATNO KEVIN TOPAYUNG

D22116503

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing I



Dr. Ir. Sapta Asmal, ST., MT.
NIP. 19681005 199603 1 001

Pembimbing II



A. Besse Rivani Indah, ST., MT.
NIP 19891201 201903 2 013

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Dr. Ir. Saiful, ST., MT.
NIP. 19810606 200604 1 004

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : PRIATNO KEVIN TOPAYUNG

NIM : D22116503

Judul Skripsi : “ PENJADWALAN PRODUKSI MENGGUNAKAN
METODE *HEURISTIC POUR* DAN *BRANCH AND
BOUND* UNTUK MEMNIMASI *MAKESPAN*
(Studi Kasus: PT Triteguh Manunggal Sejati)”

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Hasanuddin.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Makassar, 19 Januari 2021

Yang membuat pernyataan,



PRIATNO KEVIN TOPAYUNG

NIM. D22116503

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa atas berkat, kasih, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **Penjadwalan Produksi dengan menggunakan Metode *Heuristic Pour* dan *Branch and Bound* untuk Meminimasi *Makespan***. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, demi kesempurnaan skripsi ini, penulis membutuhkan masukan berupa pikiran dan kritik yang membangun. Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini, terutama kepada :

1. Tuhan Yesus Kristus atas Kasih dan Anugerah-Nya kepada saya yang tidak pernah berkesudahan.
2. Kedua Orang Tua yang telah memberikan doa dan segala bentuk dukungan selama proses penyusunan tugas akhir ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
4. Bapak Dr. Ir. Saiful, ST., ,MT., selaku ketua Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

5. Bapak Dr. Ir. Sapta Asmal, ST., MT selaku dosen pembimbing I yang senantiasa meluangkan waktu dan pemikirannya untuk memberikan bimbingan, arahan dengan baik, serta memotivasi penyelesaian tugas akhir ini.
6. Ibu A. Besse Riyani Indah, ST., MT, selaku dosen pembimbing II yang senantiasa meluangkan waktu dan pemikirannya untuk memberikan bimbingan, arahan dengan baik, serta memotivasi penyelesaian tugas akhir ini.
7. Seluruh staf dosen dan pegawai Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan banyak bantuan kepada penulis selama menempuh perkuliahan.
8. Kepada seluruh staff dan pegawai PT. Triteguh Manunggal Sejati atas kerja sama selama pelaksanaan penelitian ini.
9. Saudara seperjuangan saya, Z16MA yang selalu membantu dan memeberikan banyak semangat serta kebersamaannya.
10. Saudara seperjuangan saya, KMKO Mesin 2016 yang selalu memeberikan banyak bantuan dan semangat.
11. Saudara seperjuangan saya, KKN Desa Balangtaroang yang selalu memberikan banyak bantuan dan semangat.

12. Keluarga Besar HMTI FT-UH yang telah memberikan kesempatan kepada

saya untuk berproses dan menjadi wadah dalam pengembangan karakter saya.

13. Serta seluruh pihak yang telah membantu terselesainya tugas akhir ini yang

tidak dapat disebutkan satu persatu

Akhir kata penulis berharap, Tugas akhir ini dapat dimanfaatkan oleh semua

pembaca dalam mengembangkan wawasan dan dapat menjadi acuan untuk

digunakan dikemudian hari,

Makassar, 17 Oktober 2020

Penulis

ABSTRAK

Penjadwalan produksi adalah proses pemilihan dan penentuan waktu penggunaan sumber daya yang ada untuk menghasilkan suatu produk. Dalam memproduksi produk, sering terjadi ketidakefektifan dalam menentukan urutan *job* yang optimal untuk memproduksi produk. PT. Triteguh Manunggal Sejati adalah perusahaan yang memproduksi minuman kemasan okky jelly. Banyaknya jumlah permintaan dari masyarakat akan produk okky jelly, maka jumlah yang diproduksi oleh perusahaan per hari sangatlah besar. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk meminimasi *makespan* dan mencari urutan *job* yang optimal. Pada penelitian ini, penulis membandingkan dua metode yaitu Algoritma *Heuristic Pour* dan Algoritma *Branch and Bound*. Berdasarkan pengolahan data menggunakan Algoritma *Heuristic Pour* dengan urutan job J4-J1-J5-J3-J2 memiliki nilai *makespan* 1121, 57 menit dengan efisiensi *makespan* dibandingkan metode perusahaan sebesar 1,25 %. Algoritma *Branch and Bound* dengan urutan job J3-J2-J5-J1-J4 memiliki nilai *makespan* 1087, 41 menit dengan efisiensi *makespan* dibandingkan metode perusahaan sebesar 4,25 %. Dengan hasil dari kedua metode tersebut sama, maka Algoritma *Branch and Bound* merupakan metode yang optimal dalam meminimasi *makespan*.

Kata Kunci : Penjadwalan produksi, minuman kemasan, *makespan*, *Heuristic Pour*, *Branch and Bound*

ABSTRACT

Production scheduling is the process of selecting and determining the time to use existing resources to produce a product. In producing products, there is often an ineffectiveness in determining the optimal sequence for producing the product. PT. Triteguh Manunggal Sejati is a company that produces okky jelly packaged drinks. A lot of requests from the public for okky jelly products, the amount produced by the company per day is very large. Therefore, this study aims to minimize makespan and search for optimal job sequences. In this study, the authors compared 3 methods, Heuristic Pour Algorithm and Branch and Bound Algorithm. Based on data processing using Heuristic Pour Algoritma with the job order J4--J1-J5-J3-J2 has a makespan value of 1121, 57 minutes with makespan efficiency compared to the company method of 1.25%. The Branch and Bound algorithm with the job order J3-J2-J5-J1-J4 has a makespan value of 1087, 41 minutes with a makespan efficiency compared to the company's method of 4,25 %. With the results of the two methods being the same, the Branch and Bound Algorithm are the optimal methods to minimizing makespan.

Keywords: Production scheduling, bottle drink, makespan, Heuristic Pour, Branch and Bound

DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Asumsi Penelitian.....	5
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Penjadwalan Produksi	6
2.2 Tujuan Penjadwalan Produksi	7
2.3 Fungsi Penjadwalan Produksi	9
2.4 Jenis-jens Penjadwalan Produksi.....	9
2.5 Istilah-istilah Penjadwalan Produksi	11
2.6 Kriteria Penjadwalan Produksi.....	13
2.7 Input Dan Output Penjadwalan	13
2.8 Kendala Proses Dalam Penjadwalan Produksi.....	15
2.9 Pengurutan (<i>Squencing</i>)	16
2.10 Peta Penjadwalan.....	17
2.11 Pengukuran Waktu	19

2.12	Pengukuran Waktu Jam Henti	21
2.13	Algoritma Pour	25
2.14	Metode Branch & Bound	27
2.15	Kriteria Pemilihan Alternatif Penjadwalan	29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		30
3.1	Tempat Dan Waktu Penelitian	30
3.2	Sumber Data	30
3.3	Metode Pengumpulan Data	30
3.4	Diagram Alir Penelitian.....	31
3.5	Kerangka Berpikir	33
BAB IV PENGOLAHAN DATA.....		41
4.1	Proses Produksi	41
4.2	Pengolahan Data.....	40
BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN		91
5.1	Analisa Data	91
5.2	Perbandingan Hasil Dari Setiap Metode	92
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		96
6.1	Kesimpulan.....	96
6.2	Saran.....	97
DAFTAR PUSTAKA		98
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Data Waktu Proses kerja Yang Diteliti	39
Tabel 4. 2 Data Produk Yang Diteliti.....	40
Tabel 4. 3 Data Uji Kecukupan Data	41
Tabel 4. 4 <i>Rating</i> Factor.....	42
Tabel 4. 5 <i>Allowence</i> Pekerja.....	44
Tabel 4. 6 Perhitungan Waktu Normal	45
Tabel 4. 7 Perhitungan Waktu Baku	47
Tabel 4. 8 Data Waktu Baku.....	48
Tabel 4. 9 Tabel Data Produk Dan Demand	48
Tabel 4. 10 Data Waktu Setiap Proses Kerja	49
Tabel 4. 11 Hasil Perhitungan Metode Perusahaan	49
Tabel 4. 12 Data Waktu Job 1 Urutan pertama.....	50
Tabel 4. 13 Data Penambahan Waktu dari Terkecil Hingga Terbesar.....	51
Tabel 4. 14 Data Waktu Ci Untuk Setiap <i>Job</i>	51
Tabel 4. 15 Data Waktu Penjadwalan <i>Job</i> 1 Sebagai Urutan Pertama	51
Tabel 4. 16 Data Waktu <i>Job</i> 2 sebagai Urutan Pertama	52
Tabel 4. 17 Data Penambahan Waktu dari Terkecil Hingga Terbesar.....	52
Tabel 4. 18 Data Waktu Ci untuk Setiap <i>Job</i>	53
Tabel 4. 19 Data Waktu Penjadwalan <i>Job</i> 2 Sebagai Urutan Pertama	53
Tabel 4. 20 Data Waktu <i>Job</i> 3 Sebagai Urutan Pertama.....	53
Tabel 4. 21 Data Waktu Penambahan Waktu dari Terkecil Hingga Terbesar	54
Tabel 4. 22 Data Waktu Ci untuk Setiap <i>Job</i>	54
Tabel 4. 23 Data Waktu Penjadwalan <i>Job</i> 3 Sebagai Urutan Pertama	54
Tabel 4. 24 Data Waktu <i>Job</i> 4 Sebagai Urutan Pertama.....	55
Tabel 4. 25 Data Waktu Penambahan Waktu dari Terkecil Hingga Terbesar	55
Tabel 4. 26 Data Waktu Ci Untuk Setiap <i>Job</i>	56
Tabel 4. 27 Data Waktu Penjadwalan <i>Job</i> 4 Sebagai Urutan Pertama	56
Tabel 4. 28 Data Waktu <i>Job</i> 5 Sebagai Urutan Pertama.....	56
Tabel 4. 29 Data Waktu Penambahan Waktu dari Terkecil Hingga Terbesar	57
Tabel 4. 30 Data Waktu Ci untuk Setiap <i>Job</i>	57
Tabel 4. 31 Data Waktu Penjadwalan <i>Job</i> 5 Sebagai Urutan Pertama	57
Tabel 4. 32 Data Waktu <i>Job</i> 1 Sebagai Urutan Kedua	58
Tabel 4. 33 Data Waktu Penambahan Waktu dari Terkecil Hingga Terbesar	58
Tabel 4. 34 Data Waktu Ci Untuk Setiap <i>Job</i>	59

Tabel 4. 35 Data Waktu Penjadwalan <i>Job 1</i> Sebagai Urutan Kedua	59
Tabel 4. 36 Data Waktu <i>Job 2</i> Sebagai Urutan Kedua	60
Tabel 4. 37 Data Waktu Penambahan Waktu dari Terkecil Hingga Terbesar	60
Tabel 4. 38 Data Waktu Ci Untuk Setiap <i>Job</i>	60
Tabel 4. 39 Data Waktu Penjadwalan <i>Job 2</i> Sebagai Urutan Kedua	60
Tabel 4. 40 Data Waktu <i>Job 3</i> Sebagai Urutan Kedua	61
Tabel 4. 41 Data Waktu Penambahan Waktu dari Terkecil Hingga Terbesar	61
Tabel 4. 42 Data Waktu Ci Untuk Setiap <i>Job</i>	62
Tabel 4. 43 Data Waktu Penjadwalan <i>Job 3</i> Sebagai Urutan Kedua	62
Tabel 4. 44 Data Waktu <i>Job 5</i> Sebagai Urutan Kedua	62
Tabel 4. 45 Data Waktu Penambahan Waktu dari Terkecil Hingga Terbesar	63
Tabel 4. 46 Data Waktu Ci Untuk Setiap <i>Job</i>	63
Tabel 4. 47 Data Waktu Penjadwalan <i>Job 5</i> Sebagai Urutan Kedua	63
Tabel 4. 48 Data Waktu <i>Job 2</i> Sebagai Urutan Ketiga	64
Tabel 4. 49 Data Waktu Penambahan Waktu dari Terkecil Hingga Terbesar	64
Tabel 4. 50 Data Waktu Ci Untuk Setiap <i>Job</i>	64
Tabel 4. 51 Data Waktu Penjadwalan <i>Job 2</i> Sebagai Urutan Ketiga	65
Tabel 4. 52 Data Waktu <i>Job 3</i> Sebagai Urutan Ketiga	65
Tabel 4. 53 Data Waktu Penambahan Waktu dari Terkecil Hingga Terbesar	66
Tabel 4. 54 Data Waktu Ci Untuk Setiap <i>Job</i>	66
Tabel 4. 55 Data Waktu Penjadwalan <i>Job 3</i> Sebagai Urutan Ketiga	66
Tabel 4. 56 Data Waktu <i>Job 5</i> Sebagai Urutan Ketiga	67
Tabel 4. 57 Data Waktu Penambahan Waktu dari Terkecil Hingga Terbesar	67
Tabel 4. 58 Data Waktu Ci Untuk Setiap <i>Job</i>	67
Tabel 4. 59 Data Waktu Penjadwalan <i>Job 5</i> Sebagai Urutan Ketiga	67
Tabel 4. 60 Data Waktu <i>Job 2</i> Sebagai Urutan Keempat	68
Tabel 4. 61 Data Waktu Penambahan Waktu dari Terkecil Hingga Terbesar	68
Tabel 4. 62 Data Waktu Ci Untuk Setiap <i>Job</i>	68
Tabel 4. 63 Data Waktu Penjadwalan <i>Job 2</i> Sebagai Urutan Keempat	69
Tabel 4. 64 Data Waktu <i>Job 3</i> Sebagai Urutan Keempat	69
Tabel 4. 65 Data Waktu Penambahan Waktu dari Terkecil Hingga Terbesar	69
Tabel 4. 66 Data Waktu Ci Untuk Setiap <i>Job</i>	70
Tabel 4. 67 Data Waktu Penjadwalan <i>Job 3</i> Sebagai Urutan Keempat	70
Tabel 4. 468 Data Perbandingan waktu <i>makespan</i>	70
Tabel 4. 69 Waktu Proses terasi 1	72

Tabel 4. 70 Hasil Perhitungan <i>Partial Sequence</i> Iterasi 1	72
Tabel 4. 71 Hasil Penjumlahan Waktu Pada Setiap Job	75
Tabel 4. 72 Hasil Penjumlahan job 1,2,3,4,5	75
Tabel 4. 73 Hasil Perhitungan <i>Lower Bound</i> Untuk Setiap <i>Job</i>	75
Tabel 4. 74 <i>Lower Bound</i>	76
Tabel 4. 75 Waktu Proses terasi 2.....	76
Tabel 4. 76 Hasil Perhitungan <i>Partial Sequence</i> Iterasi 2	77
Tabel 4. 77 Hasil Penjumlahan Waktu Pada Setiap Job	79
Tabel 4. 78 Hasil Penjumlahan job 1,2,4,5	79
Tabel 4. 79 Hasil Perhitungan <i>Lower Bound</i> Untuk Setiap <i>Job</i>	80
Tabel 4. 80 <i>Lower Bound</i>	80
Tabel 4. 81 Waktu Proses terasi 3.....	81
Tabel 4. 82 Hasil Perhitungan <i>Partial Sequence</i> Iterasi 3	81
Tabel 4. 83 Hasil Penjumlahan Waktu Pada Setiap Job	83
Tabel 4. 84 Hasil Penjumlahan job 1,4,5	83
Tabel 4. 85 Hasil Perhitungan <i>Lower Bound</i> Untuk Setiap <i>Job</i>	84
Tabel 4. 86 <i>Lower Bound</i>	84
Tabel 4. 87 Waktu Proses terasi 4.....	84
Tabel 4. 88 Hasil Perhitungan <i>Partial Sequence</i> Iterasi 4	85
Tabel 4. 89 Hasil Penjumlahan Waktu Pada Setiap Job	86
Tabel 4. 90 Hasil Penjumlahan job 1,4	87
Tabel 4. 91 Hasil Perhitungan <i>Lower Bound</i> Untuk Setiap <i>Job</i>	87
Tabel 4. 92 <i>Lower Bound</i>	87
Tabel 4. 93 Hasil Nilai <i>Maksepan</i> Metode <i>Branch and Bound</i>	88
Tabel 4. 94 Perbandingan <i>Makespan</i> Untuk Setiap Metode	90
Tabel 5. 1 Data Perbandingan Waktu <i>Makespan</i> Dari Setiap Urutan.....	91
Tabel 5. 2 Hasil Perbandingan Efisiensi	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pola Aliran <i>Flowshop</i> Murni.....	10
Gambar 2. 2 Pola Aliran <i>Flowshop</i> Umum.....	11
Gambar 2. 3 Pola Aliran <i>Jobshop</i>	11
Gambar 2. 4 <i>Gantt Chart</i>	18
Gambar 2. 5 Langkah-Langkah Pengukuran Jam Henti	21
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian	32
Gambar 3. 2 Kerangka Berpikir	33
Gambar 4. 1 Alur Proses Produksi.....	34
Gambar 4. 2 Proses Formulasi	35
Gambar 4. 3 Proses <i>Cooking</i>	35
Gambar 4. 4 Proses <i> Holding & Filtrasi</i>	36
Gambar 4. 5 Proses Pasteurisasi	37
Gambar 4. 6 Proses <i>Filling</i>	37
Gambar 4. 7 Proses <i>Cooling</i>	38
Gambar 4. 8 Proses <i>Blower</i>	38
Gambar 4. 9 Proses <i>Packing</i>	39
Gambar 4. 10 <i>Gantt Chart</i> Metode Perusahaan	50
Gambar 4. 11 <i>Gantt Chart</i> Metode <i>Heuristic Pour</i>	71
Gambar 4. 12 <i>Gantt Chart</i> Metode <i>Branch and Bound</i>	88
Gambar 4. 13 Diagram Pohon <i>Branch and Bound</i>	89
Gambar 5. 1 Hasil Perbandingan <i>Makespan</i>	93

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

PT. Triteguh Manunggal Sejati adalah perusahaan manufaktur yang bergerak dalam pembuatan beberapa jenis minuman kemasan, salah satunya adalah okky. Okky adalah minuman dalam kemasan yang telah beredar luas di Indonesia dan dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Permasalahan yang dihadapi perusahaan adalah *demand* dari pelanggan yang tinggi sementara barang jadi dari produksi sebelumnya yang biasanya dipakai sebagai *buffer stock* untuk membantu memenuhi jumlah *demand* yang ada tidak bisa menjadi alternatif untuk mengatasinya. Dengan kondisi ini menyebabkan perusahaan memproduksi produk dengan waktu yang lebih lama sehingga terjadi keterlambatan penyelesaian proses produksi dari waktu yang telah ditetapkan. Belum lagi jika terjadi *bottleneck* berupa gangguan pada mesin produksi yang mengakibatkan terganggunya proses produksi.

Dari uraian permasalahan tersebut, diperlukan pengoptimalan dalam penjadwalan produksi dalam menentukan urutan job yang lebih efektif pelaksanaan aktivitas proses produksinya dan dapat meminimasi *makespan* sehingga waktu penyelesaian pekerjaan menjadi lebih singkat dan tidak terjadi keterlambatan dalam penyelesaian proses produksi. penjadwalan produksi berperan penting dalam memaksimalkan setiap sumber daya yang terlibat dalam proses produksi. yang haPenjadwalan

produksi berfokus pada perbaikan penjadwalan agar dapat meminimalkan waktu proses produksi dan urutan pekerjaan sehingga hasil produksi menjadi lebih optimal.

Studi penelitian Heri Wibowo, dkk (2013) tentang penjadwalan produksi pakan ternak untuk meminimasi *makespan* dengan menggunakan metode *Branch And Bound* dengan empat pekerjaan yang akan dikerjakan dengan masing-masing pekerjaan memasuki tiga mesin. Studi penelitian Nunung Indra Lesmana (2016) tentang penjadwalan dalam meminimalkan waktu produksi dengan menggunakan metode *Branch And Bound* dengan delapan pekerjaan yang akan dikerjakan dengan masing-masing pekerjaan memasuki tujuh mesin. Studi Rizal Rachamn (2018) tentang penjadwalan produksi garment menggunakan *Algoritma Heuristic* untuk lima pekerjaan yang akan dikerjakan dengan masing-masing pekerjaan memasuki tiga mesin. Sementara pada Penelitian Andri Sulaksmi, dkk (2014) tentang penjadwalan produksi dengan *Algoritma Heuristic Pour* untuk lima pekerjaan produk yang akan dikerjakan dengan memasuki produk yang akan dikerjakan dengan masing-masing pekerjaan memasuki enam mesin

Penelitian ini, digunakan beberapa perbandingan metode usulan yaitu *Heuristic Pour* dan *Branch And Bound*. Pengambilan metode *Heuristic Pour* sebagai metode usulan karena metode ini adalah metode terbaru dalam heuristic untuk penjadwalan produksi. Metode *Heuristic Pour* adalah algoritma heuristik baru di dalam menyelesaikan penjadwalan *flowshop* berdasarkan pendekatan kombinasi dengan cara mengganti setiap

job dengan *job* yang lainnya dalam urutan sampai ditemukan kombinasi urutan yang dapat memenuhi kriteria. Sementara Metode *Branch And Bound* dipilih sebagai metode usulan lainnya karena metode ini adalah metode *simple heuristic* yang digunakan dalam optimalisasi penjadwalan produksi. Metode *Branch And Bound* adalah metode pencarian solusi di dalam ruang solusi secara sistematis, yang diimplementasikan ke dalam suatu pohon ruang status dinamis. metode ini menjadi solusi untuk menentukan penjadwalan berdasarkan *makespan* yang setidaknya mempunyai tiga mesin dalam pemrosesannya dengan menggunakan pengurutan permutasi. Dengan menggunakan metode *Heuristic Pour* dan *Branch And Bound* diharapkan mampu menyelesaikan permasalahan penjadwalan *flowshop* sehingga waktu penyelesaian menjadi lebih singkat dan pengerjaan dapat selesai tepat waktu dibandingkan dengan metode yang diterapkan oleh perusahaan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat disusun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimana penerapan metode *Heuristic Pour* dan *Branch And Bound* pada permasalahan penjadwalan produksi di PT. Triteguh Manunggal Sejati ?
2. Bagaimana perbandingan hasil metode usulan dan metode perusahaan dalam penjadwalan produksi berdasarkan urutan *job* nilai *makespan* yang paling minimum ?

3. Bagaimana perbaikan penjadwalan produksi untuk meningkatkan produktivitas ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan nilai *makespan* dari penjadwalan produksi menggunakan metode *Heuristic Pour* dan *Branch And Bound* dalam pengoptimalan penjadwalan produksi.
2. Menentukan metode yang optimal berdasarkan hasil *makespan* yang paling minimum.
3. Memberikan usulan perbaikan penjadwalan produksi untuk meningkatkan produktivitas berdasarkan urutan job yang optimal dan nilai *makespan* yang paling minimum.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi penulis

Meningkatkan dan menerapkan ilmu pengetahuan didapatkan selama perkuliahan secara langsung serta meningkatkan penguasaan terhadap metode yang digunakan pada penelitian ini.

2. Bagi perusahaan

Sebagai masukan dan sumbangan pemikiran bagi pihak perusahaan agar dapat melakukan penjadwalan produksi secara optimal sehingga dapat meningkatkan produktivitas perusahaan.

1.5 Batasan Masalah

1. Aliran produksi yang digunakan adalah aliran produksi *flowshop*
2. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Algoritma Heuristic Pour* dan *Algoritma Branch And Bound*.
3. Kriteria penjadwalan yang dilakukan untuk meminimasi *makespan* dan urutan proses pengerjaan
4. Pada penelitian ini hanya *line* produksi 1 yang diteliti.

1.6 Asumsi Penelitian

1. Tersedianya bahan baku untuk memenuhi segala kebutuhan proses produksi
2. Waktu perpidahan atau waktu transportasi produk didalam penelitian ini tidak diperhitungkan.
3. *Job-job* yang ada pada *line* produksi 1 diproduksi di hari yang sama

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penjadwalan Produksi

Menurut Ginting (2009) Penjadwalan merupakan alat ukur yang baik bagi perencanaan agregat. Pesanan-pesanan aktual pada tahap ini akan ditugaskan pertama kalinya pada sumberdaya tertentu (fasilitas, pekerja, dan peralatan), kemudian dilakukan pengurutan kerja pada tiap-tiap pusat pemrosesan sehingga dicapai optimalitas utilisasi kapasitas yang ada.

Penjadwalan dapat diartikan sebagai pengalokasian sejumlah sumber daya (*resource*) untuk melakukan sejumlah tugas atau operasi dalam jangka waktu tertentu dan merupakan proses pengambilan keputusan yang peranannya sangat penting dalam industri manufaktur dan jasa yaitu mengalokasikan sumber-sumber daya yang ada agar tujuan dan sasaran perusahaan lebih optimal

Penjadwalan produksi atau *production scheduling* ini dapat didefinisikan sebagai proses mengatur, mengendalikan dan mengoptimalkan kerja dan beban kerja dalam proses produksi atau proses manufaktur. Dengan kata lain, Penjadwalan produksi adalah penentuan waktu dan tempat dimana suatu proses produksi harus dilakukan untuk mendapatkan dengan jumlah yang diinginkan. Dengan Penjadwalan Produksi ini, manajemen dapat mengidentifikasi sumber daya apa yang akan dikonsumsi pada tahap produksi tertentu berdasarkan perkiraan

jadwal yang dibuat agar perusahaan tidak kekurangan sumber daya pada saat produksi berlangsung (Ginting, 2009).

2.2 Tujuan Penjadwalan Produksi

Menurut Bedworth & Bailey (dalam ginting, 2009), mengidentifikasi beberapa tujuan dari aktivitas penjadwalan, adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan penggunaan sumber daya atau mengurangi waktu tunggunya, sehingga total waktu proses dapat berkurang dan produktivitas dapat meningkat.
2. Mengurangi persediaan barang setengah jadi atau mengurangi sejumlah pekerjaan menunggu dalam antrian ketika sumber daya yang ada masih mengerjakan tugas yang lain. Teori Baker mengatakan, jika aliran kerja suatu jadwal konstan, maka antrian yang mengurangi rata-rata waktu alir akan mengurangi rata-rata persediaan barang setengah jadi.
3. Mengurangi beberapa kelambatan pada pekerjaan yang mempunyai batas waktu penyelesaian sehingga akan meminimalisasi *penalty cost* (biaya kelambatan).
4. Membantu pengambilan keputusan mengenai perencanaan kapasitas pabrik dan jenis kapasitas yang dibutuhkan sehingga penambahan biaya yang mahal dapat dihindarkan.

Menurut Baker (dalam widodo, 2014) juga menjelaskan tentang beberapa tujuan penjadwalan, secara umum tujuan penjadwalan tersebut adalah

- a. meningkatkan produktivitas mesin, yaitu dengan mengurangi waktu menganggur
- b. mengurangi persediaan barang setengah jadi dengan cara mengurangi jumlah rata-rata pekerjaan yang menunggu dalam antrian suatu mesin karena mesin tersebut sibuk.
- c. mengurangi keterlambatan karena telah melampaui batas waktu dengan cara :
 1. mengurangi maksimum keterlambatan
 2. mengurangi jumlah pekerjaan yang terlambat

Menurut Baker (dalam widodo, 2014) menjelaskan jika *makespan* suatu penjadwalan adalah konstan, maka urutan kerjanya akan menurunkan *flowtime* rata-rata dan juga menurunkan WIP (*Work In Process*). Tujuan akhir dalam proses penjadwalan adalah pemenuhan *due date*, yaitu suatu produk telah selesai diproduksi dan sampai pada konsumen. Dalam kenyataan jika terjadi keterlambatan dalam pemenuhan *due date* yang telah ditetapkan dapat dikenakan suatu denda.

Untuk mengurangi suatu denda akibat keterlambatan digunakan sebuah aturan prioritas. Aturan prioritas memberikan penduan urutan pekerjaan yang harus dilaksanakan. Aturan prioritas mencoba untuk mengurangi waktu penyelesaian, jumlah pekerjaan dalam sistem, dan keterlambatan kerja sementara penggunaan fasilitas bisa maksimum.

2.3 Fungsi Penjadwalan Produksi

Sebuah penjadwalan yang terperinci tentang mesin yang digunakan, tahapan proses yang dilalui, jumlah barang yang diproduksi, dan waktu produksi akan membantu dalam proses pemenuhan pesanan dan menginformasikan kebutuhan sumber-sumber lainnya, misalnya kebutuhan material, kepada bagian yang terkait. Kemudian apabila terjadi perubahan terhadap penjadwalan yang telah dibuat, maka hal tersebut harus diinformasikan juga kepada bagian yang terkait (Menurut Heizer & Render dalam Kusmawati, 2016).

2.4 Jenis-Jenis Penjadwalan Produksi

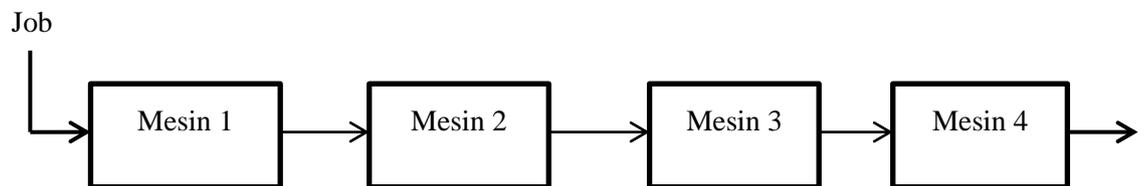
Berdasarkan aliran prosesnya, penjadwalan produksi dapat diklasifikasikan sebagai berikut. :

2.4.1 Penjadwalan *flowshop*

Menurut Baker (dalam ginting, 2009) penjadwalan *Flow Shop* merupakan suatu pergerakan unit-unit yang terus-menerus melalui suatu rangkaian stasiun-stasiun kerja yang disusun berdasarkan produk. Susunan suatu proses produksi jenis *flow shop* dapat diterapkan dengan tepat untuk produk-produk dengan desain yang stabil dan diproduksi secara banyak (volume produk), sehingga investasi dengan tujuan khusus (*special purpose*) yang dapat secepatnya kembali. Pada dasarnya ada beberapa macam pola *flow shop* yaitu:

a. *Flowshop* murni

“Kondisi dimana sebuah *job* diharuskan menjalani satu kali proses untuk tiap-tiap tahapan proses. Misalnya, masing-masing *job* melalui mesin 1, kemudian mesin 2, mesin 3 dan seterusnya sampai dengan mesin pada proses yang paling akhir” (Masruroh, 2007, hal. 162). Dibawah ini diberikan gambaran sistem produksi dengan *flow shop* murni :

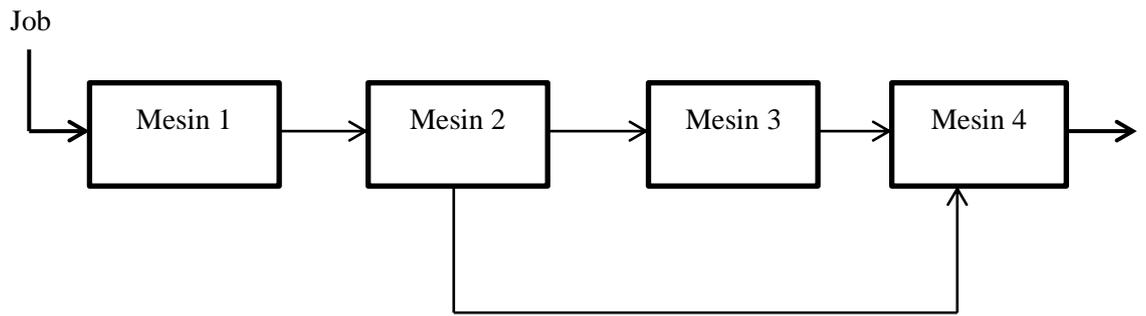


Gambar 2.1 Pola Aliran *Flowshop* Murni

Sumber : Masruroh (2007, hal. 162)

b. *Flowshop* umum

“Kondisi dimana sebuah *job* boleh melalui seluruh mesin produksi, dimana mulai awal sampai dengan yang terakhir. Dan selain itu sebuah *job* boleh melalui beberapa mesin tertentu, yang mana mesin tersebut masih berdekatan dengan mesin-mesin lainnya dan masih satu arah lintasannya” (Masruroh, 2007, hal. 162). Berikut ini contoh sistem produksi dengan pola *flow shop* umum :



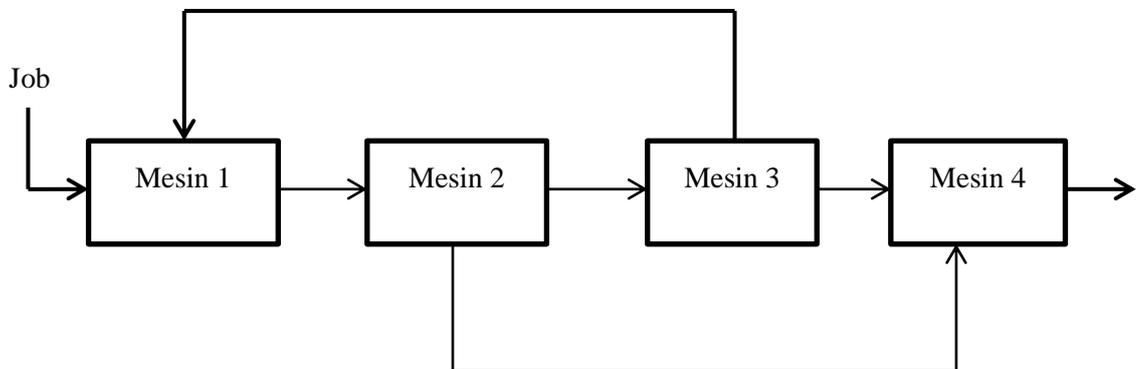
Gambar 2.2 Pola Aliran *Flowshop* Umum

Sumber : Masruroh (2007, hal. 162)

2.4.2 Penjadwalan *jobshop*

Penjadwalan *job shop* adalah pola alir dari N *job* melalui M mesin dengan pola alir sembarang. Selain itu penjadwalan *job shop* dapat berarti setiap *job* dapat dijadwalkan pada satu atau beberapa mesin yang mempunyai pemrosesan sama atau berbeda (Masruroh, 2007).

Aliran kerja *job shop* adalah sebagai berikut:



Gambar 2.3 Pola Aliran *Jobshop*

Sumber : Masruroh (2007, hal. 161)

2.5 Istilah-istilah Dalam Penjadwalan Produksi

Menurut Baker (dalam Widodo, 2014) Dalam penjadwalan juga dikenal beberapa istilah diantaranya :

- a. *Processing Time* adalah peramalan perkiraan lamanya waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan sebuah tugas. *Processing Time* untuk tugas i dinotasikan dengan t_i , dimana i menyatakan tugas ke i .
- b. *Due Date* adalah batas waktu penyerahan produk yang dijanjikan kepada pelanggan, dinotasikan dengan d_i .
- c. *Waiting Time*, yaitu waktu yang dilalui suatu pekerjaan sebelum mulai diproses.
- d. *Lateness* adalah penyimpangan *completion time* dan *due date* sebuah tugas, dinotasikan dengan L_i .

$L_j = C_j - d_j \leq 0$, artinya saat penyelesaian memenuhi batas akhir.

- e. *Completion time* adalah waktu yang dibutuhkan menyelesaikan suatu operasi dari pekerjaan j pada mesin I . dalam waktu proses ini sudah termasuk waktu yang dibutuhkan untuk persiapan dan pengaturan (*setup*).

$$C_j = F_j + r \dots \dots \dots (1)$$

- f. *Tardiness* adalah nilai keterlambatan sebuah tugas. Akan bernilai positif jika tugas terlambat dan jika bernilai negatif tugas dinyatakan *early*, dinotasikan dengan T_i .
- g. *Earliness* adalah suatu nilai keterlambatan yang menyatakan bahwa tugas diselesaikan sebelum *due date*-nya.
- h. *Slack* adalah sisa waktu antara *due date* dan *Processing Time* sebuah tugas.

- i. *Flow time* adalah rentang waktu antara titik dimana sebuah tugas siap dikerjakan dan titik saat selesainya. Merupakan hasil penjumlahan *processing time* dan waktu tunggu tugas sebelum dikerjakan, dinotasikan dengan F_j .

$$F_j = C_j - r_j \dots \dots \dots (2)$$

- j. *Makespan* adalah total waktu penyelesaian pekerjaan-pekerjaan mulai dari urutan pertama yang dikerjakan pada *work center* pertama sampai kepada urutan pekerjaan terakhir pada *work center* terakhir.

2.6 Kriteria Penjadwalan Produksi

Kriteria penjadwalan produksi yang baik adalah sebagai berikut (Ginting, 2009) :

1. Minimasi waktu penyelesaiannya, yang dapat dilihat dari *makespannya*.
2. Maksimasi utilitas dengan meminimasi *idle time*-nya.
3. Minimasi WIP (*work in process*) dengan minimasi *flow time* dan minimasi *earliness*.
4. Minimasi *customer waiting time* dengan *number of tardy jobs*, *mean lateness*, *maximum lateness* dan *mean queue time*.

2.7 Input Dan Output Penjadwalan

2.7.1 Input Penjadwalan

Menurut Ginting (2009) Pekerjaan-pekerjaan yang berupa alokasi kapasitas untuk *order-order*, penugasan prioritas *job*, dan pengendalian jadwal produksi membutuhkan informasi terperinci,

dalam informasi-informasi tersebut akan menyatakan input dari sistem penjadwalan. Pada bagian ini, kita harus menentukan kebutuhan-kebutuhan kapasitas dari *order-order* yang dijadwalkan dalam hal macam dan jumlah sumber daya yang digunakan. Untuk produk-produk tertentu, informasi ini diperoleh dari lembar kerja operasi (berisi ketrampilan dan peralatan yang dibutuhkan, waktu standar, dan lain-lain) dan *BOM* (berisi kebutuhan-kebutuhan akan komponen, sub komponen, dan bahan pendukung).

Kualitas dari keputusan-keputusan penjadwalan sangat dipengaruhi oleh ketepatan estimasi input-input diatas. Pemeliharaan catatan terbaru tentang status tenaga kerja dan peralatan yang tersedia dan perubahan kebutuhan kapasitas yang diakibatkan perubahan desain produk atau proses menjadi sangat penting (Ginting,2009).

2.7.2 Output Penjadwalan

Menurut Ginting (2009) Untuk memastikan bahwa suatu aliran kerja yang lancar melalui tahapan produksi, maka sistem penjadwalan harus membentuk aktivitas-aktivitas output. Aktivitas aktivitas output penjadwalan produksi antara lain (Ginting, 2009) :

1. Pembebanan (*loading*), Pembebanan melibatkan penyesuaian kebutuhan kapasitas untuk *order-order* yang diterima atau diperkirakan dengan kapasitas yang tersedia. Pembebanan

dilakukan dengan menugaskan *order-order* pada fasilitas-fasilitas, *operator-operator*, dan peralatan tertentu.

2. Pengurutan (*sequencing*) Pengurutan ini merupakan penugasan tentang order-order mana yang diprioritaskan untuk diproses dahulu bila suatu fasilitas harus memproses banyak *job*.
3. Prioritas *Job* (*dispatching*) Prioritas *job* merupakan prioritas kerja tentang *job-job* mana yang diseleksi dan diprioritaskan untuk diproses. Pengendalian kinerja penjadwaan, dilakukan dengan:
 - a. Meninjau kembali status order-order pada saat melalui sistem tertentu.
 - b. Mengatur kembali urutan-urutan.
 - c. *Up-dating* jadwal, dilakukan sebagai refleksi kondisi operasi yang terjadi dengan merevisi prioritas-prioritas.

2.8 Kendala Proses Dalam Penjadwalan Produksi

Menurut Bedworth (dalam Astian, 2008), terdapat beberapa hal yang menjadi kendala dalam proses penjadwalan produksi antara lain :

1. Kendala Precedence

Kendala ini terjadi ketika suatu *job* baru mulai diproses setelah satu atau sekumpulan *job* lainnya telah selesai diproses.

2. Kendala Biaya Dan Waktu *setup* yang bergantung pada urutan job (*sequence-dependent*)

3. *Preemption*

Preemption berarti jika proses produksi sedang berlangsung, maka dapat dihentikan dan digantikan dengan mengerjakan *job* yang baru datang. Keadaan ini biasanya dikarenakan *job* yang berprioritas rendah dapat di sela prosesnya oleh *job* yang berprioritas tinggi.

4. Kendala Mesin Dan Pekerja

Dalam lingkungan mesin paralel, karakteristik mesin yang digunakan harus sama. Jika tidak sama, akan mengganggu proses produksi. Selain itu, unsur mesin juga mempengaruhi kapasitas produksi yang dihasilkan. Sedangkan kendala pekerja berkaitan dengan penjadwalan jam kerja operator.

2.9 Pengurutan (*Squencing*)

Menurut Herjanto (dalam Nadia et al, 2010), pengurutan menentukan urutan pekerjaan yang harus dikerjakan pada suatu pusat kerja. Misalnya, terdapat lima jenis pekerjaan yang akan diproses. Pekerjaan mana yang harus dikerjakan lebih dulu, apakah yang lebih dulu datang atau yang paling cepat selesai. Metode pengurutan menentukan urutan pekerjaan yang dilakukan oleh suatu pusat kerja berdasarkan aturan prioritas yang telah ditentukan.

Beberapa pedoman atau metode yang dapat digunakan adalah sebagai berikut (Nasution, 2003) :

1. FCFS (*First Come First Served*)

Prioritas tertinggi diberikan untuk operasi yang masuk terlebih dahulu. Artinya pekerjaan yang pertama datang, maka akan diproses terlebih dahulu. Aturan ini cocok untuk tipe organisasi dimana konsumennya lebih mementingkan waktu pelayanan.

2. SPT (*Shortest Processing Time*)

Prioritas tertinggi diberikan untuk operasi dengan waktu proses terpendek. Aturan ini biasanya meminimasi *work in process*, rata-rata keterlambatan (*mean latenes*) dan waktu penyelesaian rata-rata (*mean flow time*) produk.

3. EDD (*Earliest Due Date*)

Prioritas tertinggi diberikan pada produk dengan *due date* (batas waktu penyelesaian) terpendek. Aturan ini berjalan dengan baik bila waktu proses relatif sama.

4. LPT (*Long Processing Time*)

Pekerjaan yang memiliki waktu pemrosesan paling lama akan dikerjakan terlebih dahulu, semakin lama, semakin besar pekerjaan, seringkali sangat penting dan kemudian dipilih lebih dahulu.

2.10 Peta Penjadwalan (*Gantt Chart*)

Menurut Heizer & Rende (2006), *Gantt Chart* merupakan diagram perencanaan yang digunakan untuk menjadwalkan sumber daya dan alokasi waktu. *Gantt Chart* telah banyak digunakan dan sangat populer di kalangan para manajer karena tampilannya yang sederhana dan mudah

dibaca serta dimengerti. *Gantt Chart* dapat membantu penggunaanya untuk memastikan bahwa (Heizer & Rende, 2006) :

1. Semua kegiatan telah direncanakan.
2. Urutan kriteria telah diperhitungkan.
3. Perkiraan waktu kegiatan telah tercatat.
4. Keseluruhan waktu proyek telah dibuat.

Menurut Heizer & Render dalam (dalam Ginting, 2009), *ganttt chart* sangat mudah dipahami dan dimengerti. *Gantt Chart* dapat digunakan untuk penjadwalan operasi yang berulang dan penjadwalan sederhana atau proyek-proyek yang kegiatannya tidak terlalu berkaitan atau proyek kecil,

Menurut Heizer & Render (2006) *Gantt chart* tidak bisa secara eksplisit menunjukkan keterkaitan antara aktivitas dan bagaimana satu aktivitas berakibat pada aktivitas lain bila waktunya terlambat atau dipercepat, sehingga perlu dilakukan modifikasi terhadap *Gantt chart*. Untuk mengatasi kekurangan-kekurangan yang ada pada *Gantt chart* maka dikembangkan sebuah teknik baru yaitu jaringan (*network*). Berikut merupakan contoh pengerjaan produk di suatu perusahaan manufaktur :



Gambar 2.4 *Gantt Chart*

Sumber : Ginting (2009, hal. 70)

2.11 Pengukuran Waktu

Pengukuran waktu kerja merupakan aktivitas yang dilakukan untuk mengamati pekerja dan mencatat waktu kerja termasuk waktu siklus dengan menggunakan alat ukur yang sesuai. Waktu yang diukur adalah waktu siklus pekerjaan, yakni waktu penyelesaian satu satuan pekerjaan mulai bahan diproses di unit pengolahan hingga keluar dari unit tersebut. (Ginting,2006)

Menurut Wignsoebroto (2008), teknik-teknik pengukuran waktu dibagi kedalam dua bagian yaitu:

1. Pengukuran waktu secara langsung

Pengukuran ini dilaksanakan secara langsung yaitu pada tempat pekerjaan yang bersangkutan dijalankan. Misalnya pengukuran kerja dengan jam henti (*stopwatch time study*) dan sampling kerja (*work sampling*).

a. Jam henti (*stopwatch time study*)

Pada pengukuran waktu henti dilakukan dengan tiga metode:

- 1) Metode Berulang (*Snap Back Method*), yaitu pengukuran waktu secara berulang, *stopwatch* dijalankan dan pada akhir elemen kerja *stopwatch* dibaca dan dicatat. Untuk mengukur elemen lainnya jarum *stopwatch* dikembalikan pada titik nol
- 2) Metode Kontinu (*Continous Method*), yaitu *stopwatch* dijalankan pada permulaan pengamatan hingga elemen kerja

terakhir selesai. Pembacaan dan pencatatan terhadap waktu kumulatif dilakukan setiap akhir dari masing-masing elemen pekerjaan.

3) Metode Akumulatif (*Accumulative Method*), yaitu pengukuran waktu yang dilakukan dengan menggunakan dua *stopwatch* yang digabungkan sedemikian rupa, sehingga jika *stopwatch* yang pertama dijalankan maka *stopwatch* yang kedua berhenti secara otomatis dan sebaliknya. Pengukuran waktu secara akumulatif memungkinkan pembacaan langsung dari masing-masing elemen kerja.

b. Sampling kerja (*work sampling*).

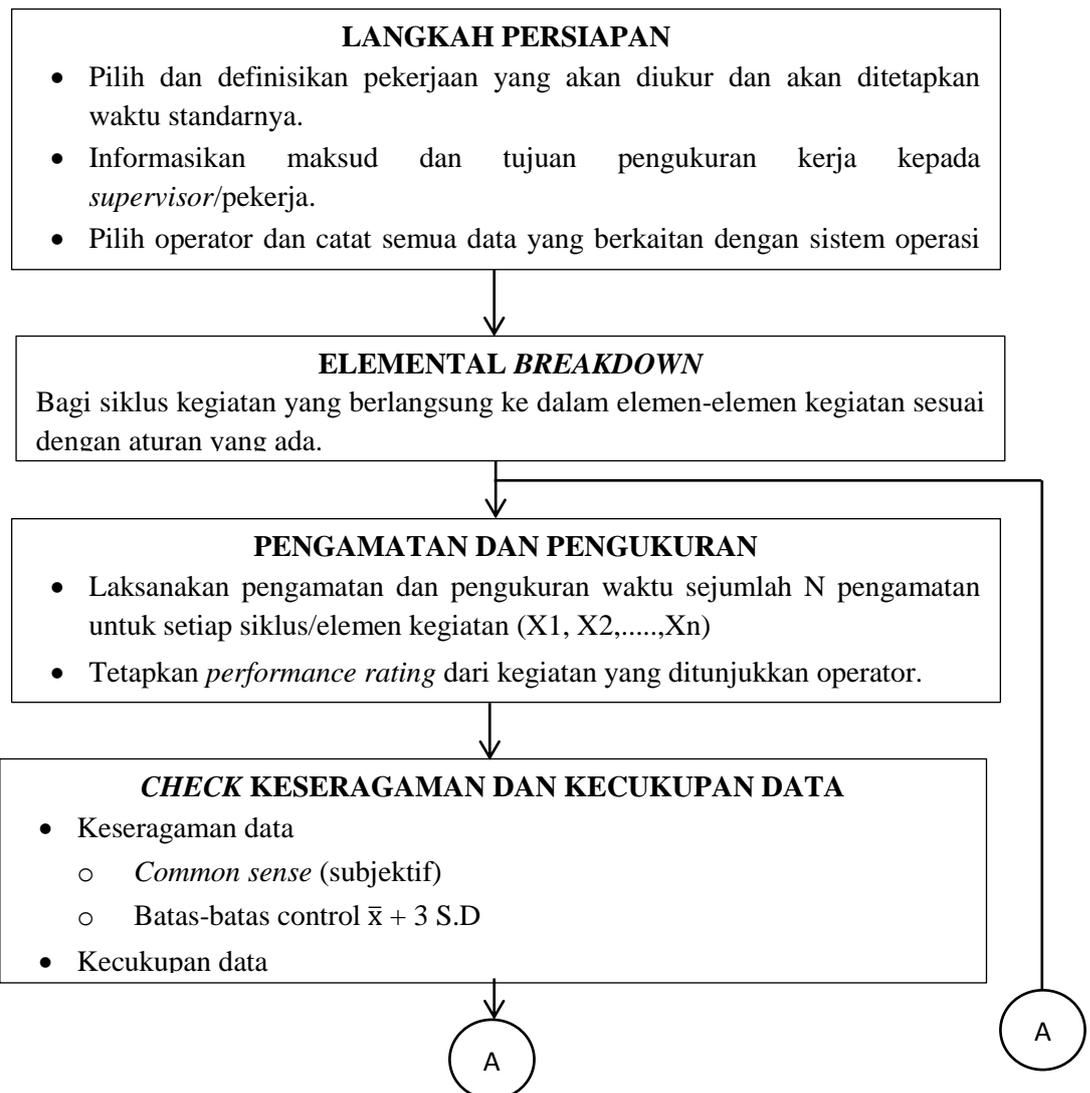
Pekerjaan Pengamat tidak harus menetap di tempat kerja, melainkan melakukan pengamatan secara sesaat pada waktu yang telah ditentukan secara acak/random. Untuk itu biasanya satu hari kerja dibagi ke dalam satuan-satuan waktu yang besarnya ditentukan oleh pengukur.

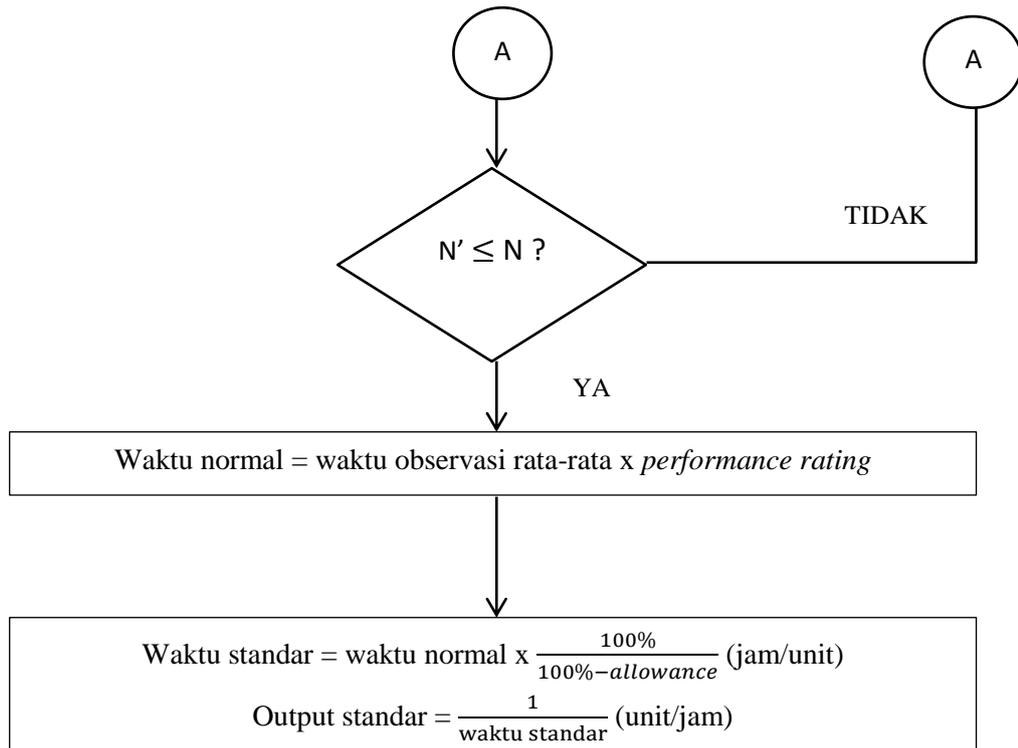
2. Pengukuran waktu secara tidak langsung

Pengukuran ini dilakukan dengan menghitung waktu kerja tanpa si pengamat harus ditempat kerja yang diukur. Pengukuran waktu dilakukan dengan membaca tabel-tabel yang tersedia asalkan mengetahui jalannya pekerjaan. Misalnya aktivitas data waktu baku (*standard data*), dan data waktu gerakan (*predetermined time system*).

2.12 Pengukuran Waktu Jam Henti

Menurut Wignsoebroto (dalam Philips, 2019) Pengukuran waktu kerja dengan jam henti (*stopwatch time study*) diperkenalkan pertama kali oleh Frederick W. Taylor sekitar abad 19 yang lalu. Metode ini terutama sekali baik diaplikasikan untuk pekerjaan yang berlangsung singkat dan berulang-ulang (*repetitive*). Dari hasil pengukuran maka akan diperoleh waktu baku untuk menyelesaikan suatu siklus pekerjaan, yang mana waktu ini akan dipergunakan sebagai standar penyelesaian pekerjaan bagi semua pekerja yang akan melaksanakan pekerjaan yang sama





Gambar 2.5 Langkah-langkah sistematis dalam kegiatan pengukuran kerja dalam jam henti
Sumber : Wignjosoebroto (2008)

Berdasarkan langkah-langkah terlihat bahwa pengukuran kerja dengan jam henti ini merupakan cara pengukuran yang objektif karena disini waktu ditetapkan berdasarkan fakta yang terjadi dan tidak cuma sekedar diestimasi secara subjektif.

Menurut Wignjosoebroto (2008), suatu pekerjaan akan dikatakan diselesaikan secara efisien apabila waktu penyelesaiannya berlangsung paling singkat. Secara garis besar, langkah-langkah untuk pelaksanaan pengukuran waktu kerja dengan jam henti ini dapat secara sistematis, seperti berikut ini

1. Pengukuran pendahuluan

Dalam kegiatan pengukuran yang pertama dilakukan adalah melakukan pengukuran pendahuluan dimana bertujuan untuk

mengetahui berapa kali pengukuran harus dilakukan untuk tingkat ketelitian dan keyakinan yang diinginkan.

2. Pengujian kecukupan data

Banyaknya pengamatan yang harus dilakukan dalam sampling kerja akan dipengaruhi oleh dua faktor utama yaitu tingkat ketelitian dari hasil pengamatan dan tingkat keyakinan dari hasil pengamatan. Dengan asumsi bahwa terjadinya kejadian seorang operator akan bekerja atau menganggur mengikuti pola distribusi normal, maka untuk mendapatkan jumlah pengamatan yang harus dilakukan dapat dicari dengan rumus :

$$N' = \left(\frac{k}{s\sqrt{N}} \frac{\sqrt{N(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2}}{\sum x_i} \right)^2 \dots\dots\dots(3)$$

Dimana : N' = Jumlah pengamatan yang harus dilakukan

S = Tingkat ketelitian yang dikehendaki (bentuk desimal)

- 1) S = 0,05 jika derajat ketelitian 5%
- 2) S = 0,1 jika derajat ketelitian 10%
- 3) S = 0,2 jika derajat ketelitian 20%

xi= Data waktu

k = Harga indeks yang besarnya bergantung pada tingkat kepercayaan yang diambil

- 1) Tingkat kepercayaan 68% mempunyai harga k = 1
- 2) Tingkat kepercayaan 95% mempunyai harga k = 2
- 3) Tingkat kepercayaan 99% mempunyai harga k = 3

3. Pengujian keseragaman data

Pengujian keseragaman data adalah suatu pengujian yang berguna untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan berasal dari suatu sistem yang sama. Melalui pengujian ini kita dapat mengetahui adanya perbedaan-perbedaan dan data-data yang diluar batas kendali yang dapat kita gambarkan pada peta control. Data-data yang demikian dibuang dan tidak dipergunakan dalam perhitungan selanjutnya. Pengujian keseragaman data dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Batas Kontrol Atas (BKA)} = \text{BKA} = \bar{x} + 3 \text{ SD} \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{Batas Kontrol Bawah (BKB)} = \text{BKB} = \bar{x} - 3 \text{ SD} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana : \bar{x} = Nilai rata-rata

SD = Standar Deviasi

4. Menyesuaikan waktu kerja dengan *Performance rating* yang ditujukan oleh operator.

Untuk menormalkan waktu kerja yang diperoleh dari hasil pengamatan, maka hal ini dilakukan dengan mengadakan penyesuaian yaitu dengan cara mengalikan waktu pengamatan rata-rata (bisa waktu siklus ataupun waktu untuk tiap-tiap elemen) dengan faktor penyesuaian

5. Penetapan kelonggaran (*Allowance*)

Waktu normal untuk suatu pekerjaan adalah untuk menunjukkan bahwa seorang operator yang berkualifikasi baik akan bekerja

menyelesaikan pekerjaan pada kecepatan tempo kerja normal. Walaupun demikian pada kenyataannya kita akan melihat bahwa tidaklah bisa diharapkan operator tersebut akan mampu bekerja secara terus-menerus sepanjang hari. Operator akan sering menghentikan kerja dan membutuhkan waktu khusus untuk keperluan seperti kebutuhan pribadi, istirahat untuk melepas lelah dan alasan-alasan lain di luar kontrolnya.

6. Tetapkan waktu kerja baku (standard time) yaitu jumlah total antara waktu normal dan waktu longgar.

Waktu baku merupakan waktu yang diperlukan pekerja yang memiliki tingkat kemampuan rata-rata untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dengan diberikan kelonggaran (*allowance*) untuk hal-hal yang diperlukan.

2.13 Algoritma Pour

David Pour dalam (Ginting, 2009) mengembangkan algoritma heuristik baru didalam menyelesaikan penjadwalan *flowshop* dengan tujuan meminalkan *makespan* yaitu berdasarkan pendekatan kombinasi. Hal ini dilakukan dengan cara mengganti setiap *job* dengan *job* yang lainnya dalam urutan sampai ditemukan kombinasi urutan yang dapat memenuhi kriteria tujuan. Dalam metode *Pour* diasumsikan bahwa semua *job* diproses secara terpisah dan *independent* untuk setiap mesinnya. Berikut adalah notasi yang digunakan (Ginting, 2009) :

P_{ij} = waktu proses dari *job* i pada mesin j.

C_{ij} = rentang waktu antara saat *job* i pada mesin j dimulai ($t=0$) sampai *job* itu selesai.

C_i = *sum of completion time* untuk *job* i pada semua mesin.

F_{max} = rentang waktu antara saat pekerjaan tersedia atau dapat dimulai sampai pekerjaan itu selesai (*makespan*).

Langkah-langkah pengerjaan Algoritma *Heuristik Pour*:

1. Memilih *job* secara acak sebagai urutan pertama sementara dalam urutan pengerjaan
2. Menempatkan *job-job* lain (selain *job* yang sudah dipilih sebagai urutan pertama) pada urutan berikutnya
3. Memilih waktu proses terkecil untuk masing-masing mesin
4. Melakukan penambahan waktu proses secara *increasing time* pada P_{ij} yang lain, selain P_{ij} paling minimal yang terpilih sebelumnya
5. Menghitung *sum of completion time* (C_i) untuk setiap *job* yang ada
6. Mengurutkan C_i dengan aturan *increasing order* untuk diletakkan pada urutan setelah *job* yang sudah dipilih untuk urutan pertama sementara
7. Setelah didapatkan urutan sementara, maka hitunglah F_{max} -nya
8. Melakukan ulang langkah 1-7 untuk setiap *job* yang ada sampai didapatkan F_{max} paling minimal, yang akan ditempatkan sebagai urutan pertama dari urutan *job*
9. Melakukan ulang langkah 1-8 sampai semua *job* berada pada urutan pengerjaan.

2.14 Metode *Branch & Bound*

Menurut Flannery (dalam Istiqia, 2019) Algoritma *Branch and Bound*, atau yang biasa disingkat dengan B&B merupakan metode pencarian solusi di dalam ruang solusi secara sistematis, yang diimplementasikan ke dalam suatu pohon ruang status dinamis. Pada algoritma ini, problem digambarkan dalam bentuk diagram pohon dimana masing-masing cabang menggambarkan urutan parsial.

Untuk menentukan bagian mana yang menjadi cabang, dihitung *make-span* terendah (*lower bound*) dari masing-masing cabang. Dalam masalah yang dibahas di sini, n buah pekerjaan diproses dengan menggunakan m buah mesin. Setelah sekumpulan pekerjaan diserahkan kepada mesin, pencarian urutan pekerjaan tidak diperlukan lagi dalam mesin tersebut, karena yang menjadi tujuan utama adalah untuk meminimisasi makespan dan tidak tergantung dengan waktu pengurutan. Oleh karena itu, algoritma *Branch and Bound* dikembangkan untuk menentukan penyerahan pekerjaan secara optimal kepada mesin. *Branch and Bound* adalah suatu prosedur yang paling umum untuk mencari solusi optimal pada masalah optimasi seperti masalah penjadwalan. Adapun langkah langkah penjadwalan produksi dengan metode *Branch and Bound* antara lain sebagai berikut (Wibowo et al, 2018):

1. Daftarkan semua pekerjaan yang akan dikerjakan dan waktu penyelesaian di tiap-tiap mesin.

2. Pada *partial sequence* ke i , hitung q_1 hingga q_{m+1} . Hitung besarnya l_m hingga l_{m+1} .
3. Bandingkan semua nilai l_m , pilih nilai l_m yang paling maksimum. Nilai l_m yang paling maksimum menjadi nilai L *partial sequence* tersebut.
4. Bandingkan semua nilai l_i , pilih minimum l_i . *Job* dengan nilai l_i terendah, dijadwalkan terlebih dahulu, kemudian *job* tersebut dihilangkan dari daftar *job* yang akan dikerjakan.
5. Ulangi langkah (a) hingga (d) sampai semua pekerjaan selesai dijadwalkan.

Algorithma :

$$\begin{aligned}
 l_1 &= q_{Jr,1} + A_i + \min_{i \in Jr'} (B_i + C_i)_{i \in Jr'} \\
 l_2 &= q_{Jr,2} + B_i + \min_{i \in Jr'} (C_i)_{i \in Jr'} \dots\dots\dots(6) \\
 l_3 &= q_{Jr,3} + C_i_{i \in Jr'}
 \end{aligned}$$

Jika menggunakan perhitungan di atas, maka batas bawah (*lower bound*) yang disarankan oleh Ignall dan Schrage adalah (Wibowo et al, 2018) :

$$L = \max (l_1, l_2, l_3, \dots, l_m) \dots\dots\dots(7)$$

Notasi :

A_i = Processing time for job i on machine A

B_i = Processing time for job i on machine B

C_i = Processing time for job i on machine C

J_r = Partial schedule of r schedule jobs

J_r' = The set of remaining $(n-r)$ job

L/l = Lower bound

q = Completion time of i job

2.15 Kriteria Pemilihan Alternatif Penjadwalan

Pengambilan keputusan penjadwalan operasi harus didasarkan atas kriteria mana yang dipentingkan. Terdapat 5 kriteria dalam Pengambilan keputusan penjadwalan pada perusahaan manufakturing, yaitu:

1. Mengacu pada minimisasi *idle time*.
2. Minimisasi total waktu *set-up*
3. Minimisasi *work in process inventory*.
4. Maksimisasi utilitas mesin.

Penentuan jadwal yang memenuhi seluruh kriteria di atas sangat sulit. Untuk menyederhanakan masalah digunakan suatu kriteria yang dapat mewakili dari beberapa kriteria di atas. Kriteria tersebut adalah minimisasi makespan, yaitu meminimumkan panjang waktu keseluruhan operasi dalam proses secara lengkap. Minimisasi makespan cenderung menghasilkan *idle time* yang pendek, persediaan barang setengah jadi rendah dan utilitas mesin tinggi (Ginting, 2009).