

Tugas Akhir

**ANALISIS PENJADWALAN PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE
ALGORITMA *NAWAZ ENSCORE HAM*, ALGORITMA *CAMPBELL*
DUDEK SMITH, DAN METODE *DANNENBRING* UNTUK MEMINIMASI
*MAKESPAN***

(Studi Kasus: PT. Maruki International Indonesia)

Diajukan untuk memenuhi satu syarat ujian
guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Disusun oleh :
ANDI MUH. FADEL FACHRYANSYAH
D071 17 1511

**DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

2021

Tugas Akhir

**ANALISIS PENJADWALAN PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE
ALGORITMA *NAWAZ ENSCORE HAM*, ALGORITMA *CAMPBELL
DUDEK SMITH*, DAN METODE *DANNENBRING* UNTUK MEMINIMASI
*MAKESPAN***

(Studi Kasus: PT. Maruki International Indonesia)

Diajukan untuk memenuhi satu syarat ujian
guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Disusun Oleh:

ANDI MUH. FADEL FACHRYANSYAH

D071 17 1511

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2021

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir:

**ANALISIS PENJADWALAN PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE
ALGORITMA *NAWAZ ENSCORE HAM*, ALGORITMA *CAMPBELL
DUDEK SMITH*, DAN METODE *DANNENBRING* UNTUK MEMINIMASI
*MAKESPAN***

(Studi Kasus: PT. Maruki International Indonesia)

Disusun oleh:

ANDI MUH. FADEL FACHRYANSYAH

D071 17 1511

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.

Gowa, Januari 2022

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing 1

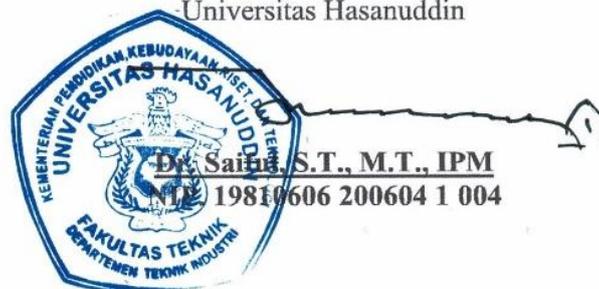
Dr. Ir. Sapta Asmal, S.T., M.T.
NIP. 19681005 199603 1 002

Dosen Pembimbing 2

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

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Andi Muh. Fadel Fachryansyah
NIM : D071 17 1511
Program Studi : Teknik Industri
Judul Tugas Akhir : Analisis Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode Algoritma *Nawaz Ensore Ham*, Algoritma *Campbell Dudek Smith*, dan Metode *Dannenbring* Untuk Meminimasi *Makespan* (Studi Kasus: PT. Maruki International Indonesia)

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Tugas Akhir ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Tugas Akhir ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas. Demikian lembar pernyataan ini, saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh dan sanksi lain sesuai dengan aturan yang berlaku di Universitas Hasanuddin, Makassar.

Gowa, Januari 2022



Yang Membuat Pernyataan

Andi Muh. Fadel Fachryansyah
D071 17 1511

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir dengan judul “**Analisis Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode Algoritma Nawaz Ensore Ham, Algoritma Campbell Dudek Smith, dan Metode Dannenbring Untuk Meminimasi Makespan (Studi Kasus: PT. Maruki International Indonesia)**”. Shalawat dan juga salam senantiasa diberikan kepada junjungan kita semua Nabi Muhammad SAW yang mengantarkan umat manusia dari zaman kegelapan ke zaman yang terang benderang. Tugas akhir ini disusun dalam rangka untuk memenuhi syarat-syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik di Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Tugas akhir ini penulis persembahkan untuk kedua orang tua tercinta, kepada Ayahanda terkasih **Ir. Andi Irwansyah Mustafa, M.M.** dan juga Ibunda tersayang **Ernawati Natsir, S.S.** yang baru saja meninggal dunia 2 hari sebelum kata pengantar ini dibuat. Semoga almarhumah Ibunda tersayang khusnul khotimah, amal ibadahnya di terima, dan Insya Allah mendapatkan tempat yang terbaik di sisi Allah SWT. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada kedua orang tua tercinta yang telah melahirkan penulis ke dunia, membimbing, mendukung baik secara moral maupun materi, memanjatkan doa dengan tiada henti demi kemudahan dan kelancaran penulis menuju jalan kesuksesannya, serta mengasihi dengan penuh kasih sayang dan cinta dengan caranya sendiri. Saudara penulis, **Andi Muh. Faiqal Ramadiansyah** yang juga selalu memberikan dukungan dalam menyelesaikan studi di Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa pihak-pihak yang mendukung baik secara moril maupun materil. Maka, penulis menyampaikan banyak terima kasih juga kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini terutama kepada:

1. Allah SWT atas berkah dan rahmat-Nya kepada penulis yang tiada henti.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
3. Bapak Dr. Ir. Saiful, S.T., M.T. IPM selaku Ketua Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr. Ir. Sapta Asmal, S.T, M.T. selaku Dosen Pembimbing I. Terima kasih atas ilmu, bantuan, bimbingan, dan waktu yang telah diberikan selama proses pengerjaan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Ibu A. Besse Riyani Indah, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II. Terima kasih atas ilmu, bantuan, bimbingan, dan waktu yang telah diberikan selama proses pengerjaan dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu, masukan, dan bantuan kepada penulis selama menjalankan perkuliahan serta staf administrasi Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membantu segala proses administrasi selama perkuliahan dan pengurusan administrasi tugas akhir penulis.

7. Bapak Husni, Bapak Yusuf, Bapak Tamsil, dan seluruh jajaran PT. Maruki International Indonesia atas bantuan dan kerja sama selama penelitian ini berlangsung.
8. Teman – teman seangkatan di KAIZEN 2017 atas segala bantuan dan dukungannya kepada penulis.
9. Sahabat – sahabat penulis yang sudah seperti keluarga. Terima kasih telah memberikan dukungan, motivasi, kesempatan untuk bertukar pikiran, dan setia menemani penulis baik di saat senang maupun sedih. Fadhil, Rezqy, Ilham, Fuad, Qadriyyah, Ayu, Ghina, Widia, Indri, Naqib, Anggara, Evelin, Fadlun, Hafis, Jinan, Almer, Imam, Eki, Ikki, Andi, Fiza, Fadli, Opel, serta teman – teman yang penulis tidak bisa sebutkan satu persatu.
10. Sahabat terkhusus penulis Siva Rezsya Dwi Putri, yang telah memberikan dukungan secara moril, meluangkan waktunya untuk menemani penulis baik di saat senang, susah, suka, maupun duka. Terima kasih telah berjuang bersama melewati masa – masa sulit, semoga masa depan dapat lebih cerah dan menyenangkan.
11. Seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian tugas akhir ini yang tidak dapat ditulis dan disebutkan namanya satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir yang penulis buat ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini dikarenakan terbatasnya pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki penulis. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan adanya saran dan masukan bahkan kritik membangun dari berbagai pihak untuk kesempurnaan tugas akhir ini.

Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan para pembacanya.

Makassar, 31 Desember 2021

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
ABSTRAK	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Batasan Masalah	7
1.5 Manfaat Penelitian	7
1.6 Sistematika Penulisan	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Definisi Penjadwalan	10
2.2 Tujuan Penjadwalan.....	11
2.3 Kriteria Performansi Penjadwalan	12
2.4 Klasifikasi Penjadwalan.....	12
2.5 Istilah – Istilah dalam Penjadwalan	15
2.6 <i>Input</i> dan <i>Output</i> Penjadwalan.....	16
2.6.1 <i>Input</i> Penjadwalan.....	17
2.6.2 <i>Output</i> Penjadwalan.....	17
2.7 Pengurutan Pengerjaan.....	18
2.8 Gantt Chart.....	20
2.9 Metode – Metode Penjadwalan Produksi	21
2.9.1 Metode <i>Campbell Dudek Smith</i>	21
2.9.2 Metode <i>Nawaz Enscore Ham (NEH)</i>	23
2.9.3 Metode <i>Dannenbring</i>	25
2.10 Penelitian Terdahulu	25

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	28
3.1 Objek Penelitian.....	28
3.2 Sumber Data.....	28
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	28
3.4 Metode Pengolahan Data	29
3.5 Diagram Alir Penelitian	31
3.6 Kerangka Pikir	32
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	33
4.1 Pengumpulan Data	33
4.2 Pengolahan Data	40
4.2.1 Pengukuran Waktu dengan Metode Jam Henti.....	40
4.2.2 Penjadwalan dengan Metode Perusahaan	51
4.2.3 Penjadwalan dengan Metode <i>Nawaz Enscore Ham</i>	55
4.2.4 Penjadwalan dengan Metode <i>Campbell Dudek Smith</i>	59
4.2.5 Penjadwalan dengan Metode <i>Dannenbring</i>	70
4.2.6 Perbandingan Perhitungan Waktu Menggunakan Metode Perusahaan dan Metode Usulan	74
BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	76
5.1 Analisa	76
5.1.1 Analisa Perhitungan Penjadwalan dengan Metode Perusahaan	77
5.1.2 Analisa Perhitungan Penjadwalan dengan Metode <i>Nawaz Enscore Ham</i>	77
5.1.3 Analisa Perhitungan Penjadwalan dengan Metode <i>Campbell Dudek Smith</i>	77
5.1.4 Analisa Perhitungan Penjadwalan dengan Metode <i>Dannenbring</i>	78
5.2 Perbandingan Hasil Setiap Metode	78
BAB VI PENUTUP	81
6.1 Kesimpulan	81
6.2 Saran	82
DAFTAR PUSTAKA	83
LAMPIRAN	85

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	26
Tabel 4.1 Data Mesin yang Diteliti	39
Tabel 4.2 Data Hasil Uji Kecukupan Data	40
Tabel 4.3 <i>Rating Factor</i> Operator	43
Tabel 4.4 <i>Allowance</i> Operator	47
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Waktu Normal	48
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Waktu Baku	50
Tabel 4.7 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Waktu Baku	51
Tabel 4.8 Data Kebutuhan Jumlah <i>Part</i> dan <i>Demand</i> Untuk Membuat Setiap Jenis <i>Butsudan</i> pada Bulan Juli 2021	51
Tabel 4.9 Data Waktu Hasil Perhitungan Untuk Setiap Proses	52
Tabel 4.10 Data Waktu Hasil Perhitungan Untuk Setiap Proses Dalam Satuan Menit	53
Tabel 4.11 Data Jarak dan Waktu Pergeseran Antar Mesin	53
Tabel 4.12 Data Waktu Perpindahan Antar Jenis Produk	53
Tabel 4.13 Data Waktu Perpindahan Antar Jenis Produk dalam Satuan Menit ...	53
Tabel 4.14 Hasil Waktu Perhitungan Menggunakan Metode Perusahaan	54
Tabel 4.15 Data Hasil Perhitungan <i>Completion Time</i>	55
Tabel 4.16 Data Hasil Perhitungan <i>Makespan</i> Alternatif 1	55
Tabel 4.17 Data Hasil Perhitungan <i>Makespan</i> Alternatif 2	56
Tabel 4.18 Data Hasil Perhitungan <i>Makespan</i> Alternatif 3	56
Tabel 4.19 Data Hasil Perhitungan <i>Makespan</i> Alternatif 4	57
Tabel 4.20 Data Hasil Perhitungan <i>Makespan</i> Alternatif 5	57
Tabel 4.21 Rekapitulasi Data Perhitungan Berdasarkan Metode NEH	58
Tabel 4.22 Iterasi Pertama Metode CDS	60
Tabel 4.23 Hasil Waktu Perhitungan <i>Makespan</i> Iterasi Pertama	61
Tabel 4.24 Iterasi Kedua Metode CDS	62
Tabel 4.25 Hasil Waktu Perhitungan <i>Makespan</i> Iterasi Kedua	62
Tabel 4.26 Iterasi Ketiga Metode CDS	63
Tabel 4.27 Hasil Waktu Perhitungan <i>Makespan</i> Iterasi Ketiga	63
Tabel 4.28 Iterasi Keempat Metode CDS	64
Tabel 4.29 Hasil Waktu Perhitungan <i>Makespan</i> Iterasi Keempat	64
Tabel 4.30 Iterasi Kelima Metode CDS	65
Tabel 4.31 Hasil Waktu Perhitungan <i>Makespan</i> Iterasi Kelima	66
Tabel 4.32 Iterasi Keenam Metode CDS	66
Tabel 4.33 Hasil Waktu Perhitungan <i>Makespan</i> Iterasi Keenam	67
Tabel 4.34 Iterasi Ketujuh Metode CDS	68
Tabel 4.35 Hasil Waktu Perhitungan <i>Makespan</i> Iterasi Ketujuh	68
Tabel 4.36 Nilai <i>Makespan</i> Untuk Masing – Masing Iterasi	69
Tabel 4.37 Data Waktu Hasil Perhitungan Untuk Setiap Proses Dalam Satuan Menit	70
Tabel 4.38 Hasil Perhitungan Nilai P1 dan P2	73
Tabel 4.39 Perbandingan <i>Makespan</i> dan Urutan <i>Job</i> Setiap Metode	74
Tabel 5.1 Perbandingan Nilai Efisiensi Setiap Metode	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pola Aliran <i>Pure Flowshop</i>	14
Gambar 2.2 Pola Aliran <i>General Flowshop</i>	15
Gambar 2.3 Pola Aliran <i>Jobshop</i>	15
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 3.2 Kerangka Pikir.....	32
Gambar 4.1 Alur Produksi PT. Maruki International Indonesia.....	33
Gambar 4.2 Mesin <i>Cutting</i>	34
Gambar 4.3 Mesin <i>Hot Press</i>	35
Gambar 4.4 Mesin <i>Double Saw</i>	36
Gambar 4.5 Mesin <i>Moulding</i>	36
Gambar 4.6 Mesin <i>NC Router</i>	37
Gambar 4.7 Mesin <i>Wide Belt Sander</i>	37
Gambar 4.8 Mesin <i>Spray Gun Painter</i>	38
Gambar 4.9 Mesin <i>Body Press</i>	39
Gambar 4.10 Operator Mengatur Material yang Masuk ke Mesin	44
Gambar 4.11 Sikap Kerja Operator Berdiri dengan Dua Kaki	44
Gambar 4.12 Pandangan Kerja yang Sama di Setiap Hari Kerja.....	45
Gambar 4.13 Keadaan Ventilasi yang Cukup Baik	45
Gambar 4.14 Pencahayaan yang Cukup Untuk Bekerja	46
Gambar 4.15 Kamar Mandi Untuk Pekerja	46
Gambar 4.16 <i>Gantt Chart</i> dengan Metode Perusahaan	54
Gambar 4.17 <i>Gantt Chart</i> dengan Metode <i>Nawaz Ensore Ham</i>	59
Gambar 4.18 <i>Gantt Chart</i> dengan Metode <i>Campbell Dudek Smith</i>	69
Gambar 4.19 <i>Gantt Chart</i> dengan Metode <i>Dannenbring</i>	74
Gambar 5.1 Hasil Perbandingan Nilai <i>Makespan</i>	79

ABSTRAK

Dalam menjaga keberlangsungan produksi, perusahaan diharuskan menyelesaikan pekerjaan secara tepat waktu agar permintaan konsumen dapat terpenuhi. PT. Maruki International Indonesia merupakan perusahaan yang bergerak pada bidang manufaktur dengan produk utamanya berupa *furniture* yang diberi nama *Butsudan*. Masalah yang dihadapi oleh perusahaan yaitu kapasitas produksi yang dimiliki perusahaan tidak mampu memenuhi permintaan konsumen di setiap bulannya, sehingga terdapat pekerjaan yang menumpuk untuk diselesaikan di bulan selanjutnya. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengatasi permasalahan penjadwalan produksi perusahaan dengan menggunakan metode yang paling efektif dan meminimalkan nilai *makespan* melalui penentuan urutan *job* yang optimal. Data yang didapatkan berupa data primer yaitu wawancara dan data waktu proses pengerjaan produk di setiap mesin, serta data sekunder yaitu data historis perusahaan. Metode penelitian ini menggunakan metode algoritma *nawaz enscore ham*, algoritma *campbell dudek smith*, dan metode *dannenbring*.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa PT. Maruki International Indonesia tidak memiliki metode tertentu dalam penjadwalan produksinya, melainkan hanya berdasarkan data permintaan produk yang lebih dulu masuk. Kemudian melalui pengaplikasian ketiga metode, didapatkan metode algoritma *nawaz enscore ham* sebagai metode yang paling optimal dalam meminimasi *makespan* dengan nilai *makespan* sebesar 9997.73 menit dan urutan *job* J3(Saiga Rain – L) – J5(Naito – L) – J2(Ririimarureen N – L) – J1(Cheriooto – L) – J4(Saiga Burokku – L). Metode ini juga memiliki nilai efisiensi *makespan* yang dibandingkan dengan perhitungan perusahaan sebesar 11.5 %, tertinggi dibandingkan kedua metode lainnya.

Kata Kunci: Penjadwalan Produksi, *Makespan*, *Butsudan*, *Nawaz Enscore Ham*, *Campbell Dudek Smith*, *Dannenbring*

ABSTRACT

In maintaining the continuity of production, companies are required to complete work on time to meet consumer demand. PT. Maruki International Indonesia is a company engaged in manufacturing with its main product in furniture called Butsudan. The problem faced by the company is that the company's production capacity is not able to meet consumer demand every month, so there are piles of work to be completed in the following month. This study aims to overcome the company's production scheduling problem by using the most effective method and minimizing the makespan value by determining the optimal job order. The data is obtained in the form of primary data, namely interviews and data on the processing time of the product on each machine, as well as secondary data, namely the company's historical data. This research method uses the Nawaz Enscore Ham algorithm, the Campbell Dudek Smith algorithm, and the Dannenbring method.

The results of this study indicate that PT. Maruki International Indonesia does not have a specific scheduling method but is only based on data on product demand that comes first. Then through the application of the three methods, the Nawaz Enscore Ham algorithm method is found as the most optimal method in minimizing makespan with a makespan value of 9997.73 minutes, and the job sequence is J3(Saiga Rain – L) – J5(Naito – L) – J2(Ririimarureen N – L) – J1(Cheriooto – L) – J4(Saiga Burokku – L). This method also has a makespan efficiency value compared to the company's calculation of 11.5%, the highest compared to the other two methods.

Keywords: Production Scheduling, Makespan, Butsudan, Nawaz Enscore Ham, Campbell Dudek Smith, Dannenbring

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era persaingan industri bebas saat ini, perusahaan harus memiliki modal utama untuk menjaga keberlangsungannya agar dapat bersaing dengan perusahaan lain. Modal utama yang dimaksud berupa kemampuan perusahaan dalam memenuhi permintaan pasar secara tepat waktu, karena dalam industri manufaktur hal tersebut merupakan ketentuan yang harus dilakukan oleh perusahaan. Oleh karena itu, perusahaan membutuhkan perbaikan secara berkelanjutan termasuk dalam hal penyelesaian pesanan yang tepat waktu untuk memberikan kepuasan kepada pelanggan. Sehingga dibutuhkan cara atau metode untuk memaksimalkan waktu penyelesaian produk yang juga dapat meminimalkan biaya produksi. Salah satu cara yang dapat dilakukan perusahaan adalah dengan melakukan penjadwalan produksi yang sistematis.

Menurut Morton (2001), penjadwalan didefinisikan sebagai pengambilan keputusan dalam rangka menyelesaikan sekumpulan pekerjaan atau *job* agar tepat pada waktu yang telah ditentukan dan menjaga kualitasnya agar sesuai dengan standarisasi perusahaan melalui penyesuaian dengan aktivitas dan sumber daya yang dimiliki perusahaan. *Job* itu sendiri merupakan istilah susunan dari sejumlah elemen-elemen dasar yang disebut aktivitas atau operasi. Tiap aktivitas atau operasi ini membutuhkan alokasi daya tertentu yang sering disebut dengan waktu proses. Adapun tujuan dari penjadwalan produksi yaitu meningkatkan produktivitas, meminimasi *makespan*, mengurangi

persediaan barang setengah jadi (*work in process*), mengurangi keterlambatan dan meminimasi biaya produksi. Menurut Ginting (2009) dampak dari penjadwalan produksi yang tidak efektif disebabkan oleh sekumpulan tugas yang datang secara bersamaan namun jumlah mesin atau fasilitas produksi yang tersedia terbatas, sehingga membentuk antrian panjang yang tidak dapat diselesaikan secara optimal yang mengakibatkan biaya produksi membengkak. Hal ini dapat menurunkan efektifitas dan daya saing perusahaan. Namun seluruh pekerjaan dapat diselesaikan tepat waktu atau bahkan mendahului waktu yang telah ditentukan apabila nilai *makespan* dikurangi seminimum mungkin, sehingga pengiriman produk kepada konsumen tidak mengalami keterlambatan. Hartono (2001) mengemukakan bahwa dalam penjadwalan *job* terdapat waktu dalam proses yang bervariasi di setiap *job* nya, adapun waktu proses yang dimaksud adalah waktu *setup* dan waktu proses. Maka dari itu *makespan* digunakan sebagai *output* dari penelitian ini dikarenakan *makespan* termasuk dalam kriteria performansi penjadwalan produksi yang dapat mengevaluasi total waktu proses produksi sehingga permintaan produk dapat diselesaikan tepat waktu.

PT. Maruki International Indonesia merupakan perusahaan yang bergerak pada bidang manufaktur dengan produk utamanya diberi nama *Butsudan*. *Butsudan* merupakan salah satu jenis *furniture* yang digunakan sebagai media untuk berkomunikasi dengan leluhur dalam tradisi agama Budha khususnya di Jepang. Terdapat berbagai macam tipe atau jenis *Butsudan* yang berbeda untuk setiap daerah, namun secara umum semuanya berbentuk lemari.

Adapun bahan baku utama dari *Butsudan* berasal dari kayu dan *hardboard*. Produk *Butsudan* dari PT. Maruki International Indonesia ini sifatnya sebagai produk budaya Jepang, sehingga hasil produksinya hanya diekspor ke berbagai distributor dan konsumen Jepang. Seiring berkembangnya budaya dan keagamaan Budha, maka permintaan akan *Butsudan* dalam berbagai tipe atau jenis yang berbeda semakin meningkat setiap tahunnya. Sementara kapasitas produksi dalam perusahaan tidak dapat memenuhi permintaan produk untuk setiap bulannya sehingga terjadi penumpukan pekerjaan yang harus diselesaikan untuk bulan selanjutnya. Hal ini dibuktikan dengan data produksi dalam kurun waktu 1 tahun ke belakang terhitung mulai dari bulan Juli 2020 sampai bulan Juli 2021 dengan rincian setiap bulannya dapat dilihat pada tabel di lampiran 1.

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa kapasitas produksi perusahaan tidak dapat memenuhi permintaan produk *butsudan* yang semakin meningkat dan bervariasi di setiap bulannya dengan jumlah permintaan sebesar 10541 unit, sedangkan jumlah kapasitas produksi perusahaan sebesar 5306 unit. Ditambah lagi perusahaan juga diharuskan dalam setiap bulannya melakukan ekspor minimal tiga kali. Dengan melihat permasalahan yang terjadi di perusahaan terkait keterlambatan dalam memenuhi target produksi di setiap bulannya, penjadwalan produksi diupayakan untuk mendapatkan suatu penugasan pekerjaan yang efektif pada setiap mesin agar dapat mengurangi waktu proses produksi (*makespan*) sehingga mendapatkan hasil produksi yang semaksimal mungkin. Hal tersebut menjadi alasan penulis untuk melakukan

penelitian mengenai penjadwalan produksi. Sementara itu terkait dengan penjadwalan produksi, perusahaan tidak memiliki metode tertentu dalam menjadwalkan pengerjaan untuk setiap produknya, melainkan hanya berdasarkan data permintaan produk yang lebih dulu masuk. Sehingga dalam mengatasi permintaan yang semakin meningkat, diperlukan penjadwalan yang sistematis agar proses produksi pada perusahaan dapat berjalan secara optimal dan tidak mengalami keterlambatan dalam penyelesaian pemesanan untuk memenuhi permintaan konsumen.

Berdasarkan permasalahan di atas, perusahaan memerlukan penjadwalan produksi yang tepat agar penggunaan sumber daya mesin pada setiap urutan pekerjaan selama periode waktu tertentu dapat dimaksimalkan. Sehingga proses produksi dapat berjalan secara efektif dan efisien, serta dapat memenuhi permintaan konsumen secara tepat waktu. Maka dari itu penulis melakukan analisis terhadap penjadwalan produksi untuk meminimasi *makespan* atau total waktu penyelesaian seluruh *job*, yaitu dengan menganalisa dan mengaplikasikan metode penjadwalan produksi melalui tiga metode. Metode yang pertama adalah metode *Nawaz Enscore and Ham* (NEH), merupakan algoritma yang mengasumsikan *job* yang memiliki total waktu proses untuk semua mesin yang lebih besar harus didahulukan dibanding *job* dengan total waktu proses yang lebih kecil, metode ini juga mendapatkan penghargaan sebagai metode *heuristic* terbaik dalam *flow shop problem* (Taillard, 1989). Selain itu, metode ini telah dilakukan pada penelitian yang terdapat dalam Masudin dkk, (2014) dimana metode ini menjadi pilihan karena dapat

digunakan untuk penjadwalan produksi dengan variasi produk yang banyak sehingga penggunaannya sesuai dengan keadaan di perusahaan yang memiliki beberapa variasi produk, dan juga metode NEH menginisialisasikan urutan *job* secara *descending* berdasarkan total waktu proses tiap *job* nya. Metode kedua adalah *Campbell Dudek Smith* (CDS) yang merupakan pengembangan aturan *Johnson* untuk membuat jadwal terbaik yang akan digunakan. Metode ini telah diaplikasikan dalam penelitian Mashuri dkk, (2021) yang menggunakan metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) dan *Gupta* untuk menyelesaikan 5 jenis produk, kemudian diperoleh nilai *makespan* terkecil melalui metode CDS. Metode CDS juga dapat memecahkan permasalahan penjadwalan *flowshop* dimana setiap pekerjaan atau tugas yang akan diselesaikan harus melewati setiap mesin. Metode ini cocok untuk jumlah pekerjaan dan mesin yang bervariasi karena menggunakan banyak tahapan iterasi (alternatif urutan *job*), yang kemudian diselesaikan menggunakan aturan *Johnson* dimana pengurutan pekerjaan dilakukan berdasarkan waktu proses kerja yang terkecil pada saat produksi. Dan metode yang ketiga adalah *Dannenbring*, merupakan alternatif metode yang cenderung mudah dengan pemecahan masalah yang melibatkan lebih dari dua mesin. Pemilihan metode ini berdasarkan penelitian yang dilakukan dalam jurnal Tannady (2013), dimana metode *Dannenbring* digunakan untuk mencari nilai *makespan* terkecil dengan penyesuaian letak *job* berdasarkan waktu proses terkecil hingga terbesar. Metode ini menggunakan pendekatan aturan *Johnson* dengan membuat perumpamaan 2 mesin untuk

menghitung waktu proses pada masing – masing mesin kemudian dilakukan pengurutan pekerjaan berdasarkan waktu proses tersebut.

Setelah melakukan studi literatur mengenai penjadwalan produksi melalui penelitian terdahulu, penulis juga kemudian tertarik untuk melakukan penelitian mengenai analisis penjadwalan produksi dengan membandingkan ketiga metode yang telah ditentukan. Karena berdasarkan tinjauan literatur yang dilakukan, penelitian terdahulu hanya menggunakan satu sampai dua metode untuk mendapatkan hasil penjadwalannya. Sedangkan pada penelitian kali ini, penulis ingin memperkuat analisa mengenai penjadwalan produksi dengan menggunakan tiga metode yang telah dipertimbangkan memiliki hasil yang akurat, mudah untuk diimplementasikan, dan dapat memberikan masukan kepada perusahaan dalam mengembangkan penjadwalan produksinya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah dijelaskan, diperoleh rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini:

1. Bagaimana penerapan metode *Nawaz Ensore Ham*, metode *Campbell Dudek Smith*, dan metode *Dannenbring* pada PT. Maruki International Indonesia untuk menjadwalkan produksinya?
2. Bagaimana perbandingan hasil perhitungan antara metode perusahaan dengan ketiga metode usulan berdasarkan nilai *makespan* minimum?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka dapat ditetapkan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan nilai *makespan* dan urutan pengerjaan dari metode *Nawaz Enscore Ham*, metode *Campbell Dudek Smith*, dan metode *Dannenbring* pada PT. Maruki International Indonesia untuk menjadwalkan produksinya.
2. Menentukan metode yang optimal berdasarkan nilai *makespan* terkecil.

1.4 Batasan Masalah

Permasalahan pada penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan pada PT. Maruki International Indonesia.
2. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Nawaz Enscore Ham*, metode *Campbell Dudek Smith*, dan metode *Dannenbring*.
3. Penelitian ini hanya dilakukan untuk produk *Butsudan* tipe modan dengan 5 jenis produk yang dipilih secara bersamaan dengan sistem produksi yang bersifat *make to stock*, yaitu *Cheriooto – L*, *Ririimarureen N – L*, *Saiga Rain – L*, *Saiga Burokku – L*, dan *Naito – L*.
4. Data yang digunakan adalah data historis *demand* perusahaan pada bulan Juli 2021
5. Kriteria penjadwalan yang dilakukan adalah menentukan nilai *makespan* dan melakukan pengurutan proses pengerjaan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Mahasiswa dapat menerapkan ilmu pengetahuan yang telah didapatkan selama masa perkuliahan kemudian dapat menambah wawasan dan pengetahuan dalam menganalisa suatu permasalahan yang terjadi.
2. Memberikan masukan kepada perusahaan sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan penjadwalan produksi yang optimal.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini diuraikan mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai penelitian terdahulu dan teori atau studi lainnya yang relevan dengan fokus pada penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memuat uraian tentang objek penelitian, jenis data yang digunakan, metode pengumpulan data, metode analisis data dan diagram alir penelitian.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini memuat uraian data yang diperlukan dan cara pengolahan data yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian.

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini memuat uraian analisis dan pembahasan hasil-hasil yang diperoleh dari pengolahan data untuk mendapatkan hasil sesuai dengan tujuan penulisan.

BAB VI PENUTUP

Pada bab ini akan dirumuskan kesimpulan yang merupakan hasil dari penelitian dan saran sebagai bahan pertimbangan perbaikan selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Penjadwalan

Menurut Ginting (2009) dalam Sulaksmi dkk, (2014) “Penjadwalan adalah pengurutan pembuatan atau pengerjaan produk secara menyeluruh yang dikerjakan pada beberapa buah mesin. Tujuan dari penjadwalan adalah meningkatkan penggunaan sumber daya, mengurangi persediaan barang setengah jadi atau sejumlah pekerjaan yang menunggu dalam antrian dan mengurangi keterlambatan pada pekerjaan yang mempunyai batas waktu penyelesaian.” Definisi lain menurut Herjanto (2001) dalam Destiningrum (2017) “Penjadwalan adalah pengaturan waktu dari suatu kegiatan operasi penjadwalan mencakup kegiatan mengalokasikan fasilitas, peralatan ataupun tenaga kerja bagi suatu operasi. Dalam hierarki pengambilan keputusan, penjadwalan merupakan langkah terakhir sebelum dimulainya operasi.”

Penjadwalan yang terperinci akan memerlukan informasi yang lebih banyak daripada tipe informasi yang diperlukan untuk membuat rencana produksi. Informasi tersebut digunakan untuk mencari tahu kemampuan dari setiap mesin, setiap pengikat, setiap operator, setiap departemen, dan lain-lain. Dengan demikian masalah penjadwalan melibatkan pengerjaan beberapa komponen atau mesin yang sering disebut dengan istilah *job*. *Job* sendiri merupakan komposisi dari sejumlah elemen–elemen dasar yang disebut aktivitas atau operasi.

2.2 Tujuan Penjadwalan

Proses penjadwalan memiliki beberapa tujuan agar hasil dari penjadwalan akan mendapatkan nilai yang lebih baik sesuai dengan yang diharapkan. Semakin baik suatu penjadwalan maka semakin menguntungkan juga bagi perusahaan sehingga bisa menjadi acuan untuk meningkatkan keuntungan dan strategi bagi perusahaan dalam pemuasan pelanggan. Berikut merupakan beberapa tujuan dari aktivitas penjadwalan (Tannady, 2015):

1. Memanfaatkan semaksimal mungkin fungsi penggunaan sumber daya atau bisa juga mengurangi waktu tunggu, sehingga total waktu proses dapat berkurang, dan produktivitas dapat meningkat.
2. Mengurangi persediaan barang setengah jadi atau meminimalkan sejumlah pekerjaan yang menunggu dalam antrian ketika sumber daya yang ada masih mengerjakan tugas lain. Teori Baker mengatakan, apabila aliran kerja suatu jadwal adalah konstan, maka antrian yang mengurangi rata-rata waktu alir akan mengurangi rata-rata persediaan barang setengah jadi.
3. Menghindari kemungkinan adanya *penalty cost* akibat dari keterlambatan beberapa pekerjaan yang memiliki batas waktu penyelesaian.
4. Membantu pengambilan keputusan dalam hal perencanaan kapasitas pabrik dan jenis kapasitas yang dibutuhkan agar sesuai dengan perencanaan biaya yang akan dikeluarkan.

2.3 Kriteria Performansi Penjadwalan

Dalam teknik penjadwalan selain memperhatikan volume pesanan dan kompleksitas pekerjaan, terdapat juga empat kriteria penjadwalan yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja penjadwalan, yaitu (Patricia, 2015):

1. Meminimalkan total waktu penyelesaian pekerjaan (*makespan*) yang nilainya didapatkan dari rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap pekerjaan.
2. Memaksimalkan utilitas, yang dinilai dari presentase waktu utilitas itu digunakan.
3. Meminimalkan persediaan barang pada saat dimulainya proses produksi, yang nilainya didapatkan dengan menghitung rata-rata jumlah pekerjaan dalam sistem. Dimana semakin tinggi jumlah pekerjaan yang akan dilakukan, maka tingkat persediaan barang dalam proses juga semakin tinggi dan berlaku sebaliknya.
4. Meminimalkan waktu tunggu pelanggan (*user*), yang dinilai dari rata-rata jumlah keterlambatan yang terjadi.

2.4 Klasifikasi Penjadwalan

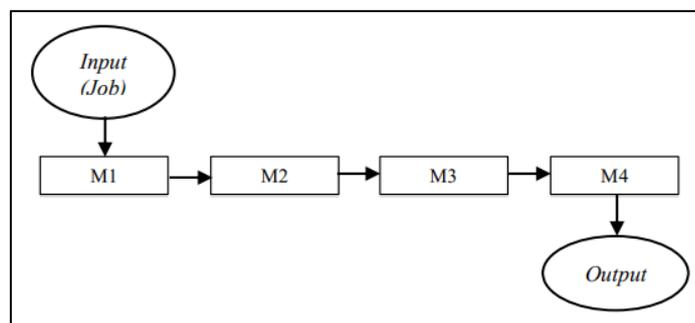
Menurut Refdilzon dan Methalina (2013) penjadwalan produksi memiliki perbedaan berdasarkan keadaan yang mendasarinya. Beberapa model penjadwalan yang terdapat pada proses produksi dapat diklasifikasikan berdasarkan faktor-faktornya yaitu:

1. Berdasarkan jumlah mesin yang digunakan:
 - a. Penjadwalan pada mesin tunggal

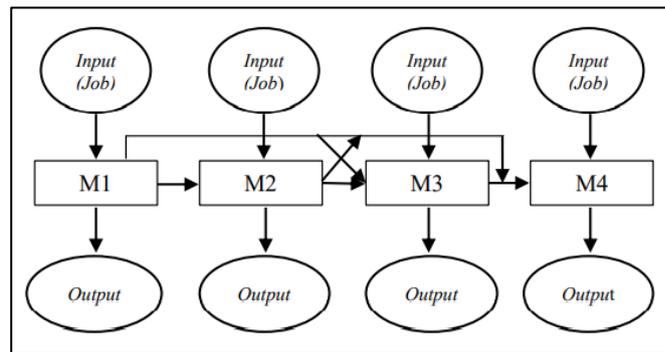
- b. Penjadwalan pada mesin ganda.
2. Berdasarkan pola kedatangan *job*:
- a. Pola kedatangan statis yaitu sejumlah pekerjaan datang secara bersamaan pada *shop* yang menganggur dan langsung siap untuk dikerjakan. Selanjutnya jika ada pekerjaan baru yang datang, maka penanganan penjadwalan diutamakan dulu pada kumpulan pekerjaan yang pertama.
 - b. Pola kedatangan dinamis yaitu *shop* bekerja secara terus menerus (kontinu) serta bersifat kedatangan *job* tidak menentu dan diramalkan dengan statistik.
 - c. Pengurutan pekerjaan.
3. Berdasarkan sifat informasi yang diterima:
- Perilaku elemen-elemen dalam penjadwalan dapat dibedakan atas deterministik dan stokastik. Model deterministik diketahui sebagai model yang mempunyai kepastian informasi tentang elemen-elemen yang ada. Sedangkan model stokastik merupakan model yang mengandung ketidakpastian, sehingga informasi dapat diramalkan dengan statistik. Elemen-elemen yang dimaksud adalah:
- a. Karakteristik pekerjaan yang dilihat dari aspek kedatangan, batas waktu penyelesaian dan perbedaan kepentingan pekerjaan-pekerjaan tersebut.
 - b. Karakteristik pekerjaan berdasarkan aspek banyaknya operasi, susunan mesin, waktu operasi dan lain-lain.

- c. Karakteristik mesin berdasarkan aspek jumlah dan kapasitas mesin, serta kemampuan mesin dalam mengerjakan tugas yang diberikan.
4. Berdasarkan aliran proses:
- a. Pola aliran *flowshop*

Flowshop merupakan aliran proses produksi dengan kondisi dimana seluruh pekerjaan mengikuti lintasan yang sama dari satu mesin ke mesin yang lain melalui urutan mesin yang sama. Jika mesin diberi nomor, maka mesin untuk operasi B akan lebih besar daripada nomor mesin untuk operasi A pada pekerjaan yang sama jika A mendahului B. Pada *flowshop* seperti ini dikenal sebagai *pure flowshop* (gambar 2.1), ada pula yang dikenal sebagai *general flowshop* (gambar 2.2), yaitu pekerjaan mengikuti lintasan yang sama tetapi urutan mesin berbeda ini disebabkan oleh pekerjaan atau *job* yang mengalir ke suatu *shop* tidak harus dikerjakan di semua mesin yang ada, sementara *shop* tersebut dapat melakukan pekerjaan yang beragam.



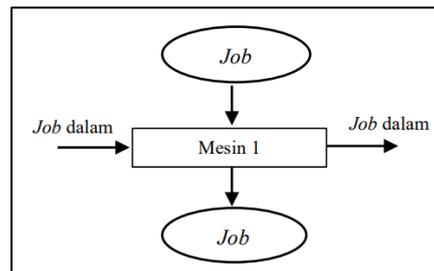
Gambar 2.1 Pola Aliran *Pure Flowshop*



Gambar 2.2 Pola Aliran General Flowshop
(sumber:Widodo, 2014), hal 94)

b. Pola aliran *jobshop*

Pada pola *jobshop* (gambar 2.3), aliran proses produksi tidak mempunyai pola yang umum. Nomor mesin yang sama mungkin akan muncul dua kali atau lebih pada operasi-operasi suatu pekerjaan.



Gambar 2.3 Pola Aliran Jobshop
(sumber:Widodo, 2014), hal 94)

2.5 Istilah – Istilah dalam Penjadwalan

Dalam penjadwalan juga dikenal beberapa istilah diantaranya (Harto, 2016):

1. *Processing Time* adalah penentuan lamanya waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan sebuah tugas. *Processing Time* untuk tugas i dinotasikan dengan t_i . dimana i menyatakan tugas ke i .
2. *Due Date* adalah batas waktu penyelesaian produk yang dijanjikan kepada pelanggan, disimbolkan dengan d_i .

3. *Lateness* adalah penyimpangan *completion time* dan *due date* sebuah tugas, dinotasikan dengan L_i .
4. *Completion time* adalah rentang waktu antara awal pekerjaan pada tugas pertama, disaat t (waktu) = 0, dan waktu ketika sebuah tugas diselesaikan, dinotasikan dengan C_i .
5. *Tardiness* adalah nilai keterlambatan sebuah tugas. Akan bernilai positif jika tugas terlambat dan jika bernilai negatif tugas dinyatakan *early*, dinotasikan dengan T_i .
6. *Early* adalah suatu nilai keterlambatan yang menyatakan bahwa tugas diselesaikan sebelum *due date*-nya.
7. *Slack* adalah waktu yang tersisa antara *due date* dan *Processing Time* sebuah tugas.
8. *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_i .
9. *Makespan* adalah total waktu penyelesaian seluruh pekerjaan mulai dari urutan pertama yang dikerjakan pada *work centre* pertama sampai kepada urutan pekerjaan terakhir pada *work centre* terakhir.

2.6 Input dan Output Penjadwalan

Dalam suatu sistem penjadwalan ada yang dinamakan masukan (*input*) dan luaran (*output*) dari hasil penjadwalan dan menurut Patricia & Suryono (2015) ada beberapa *input* dan *output* dari proses penjadwalan, diantaranya:

2.6.1 *Input* Penjadwalan

Pekerjaan yang berupa alokasi kapasitas untuk *order*, penugasan, prioritas dan pengendalian jadwal produksi membutuhkan informasi-informasi tersebut menyatakan *input* sistem penjadwalan. Pada bagian *input*, kita harus menentukan kebutuhan-kebutuhan kapasitas dari *order-order* yang dijadwalkan dalam hal macam dan jumlah sumber daya yang digunakan. Dalam kaitannya dengan produk-produk tertentu, informasi ini diperoleh dari lembar kerja operasi (berisi ketrampilan dan peralatan yang dibutuhkan, waktu standar, dan lain-lain) dan BOM atau *Bill of Material* (berisi kebutuhan-kebutuhan akan komponen, sub komponen, dan bahan pendukung).

2.6.2 *Output* Penjadwalan

Dalam memastikan suatu tahapan proses produksi berjalan secara lancar dan berkesinambungan, maka sistem penjadwalan harus membentuk aktivitas-aktivitas yang dinamakan *output*. Adapun *output* dari penjadwalan produksi antara lain:

a. Pengurutan (*sequencing*)

Sequencing merupakan penentuan prioritas dalam penugasan khususnya mengenai pesanan mana yang didahulukan apabila suatu fasilitas harus memproses banyak *job* dalam satu waktu.

b. Pembebanan (*loading*)

Pembebanan dilakukan dengan memberikan tugas untuk melakukan *order-order* fasilitas, operator-operator dan berbagai alat tertentu.

c. Prioritas job (*dispatching*)

Dispatching merupakan penentuan prioritas tentang *job* mana yang akan diseleksi dan diprioritaskan untuk dapat diproses terlebih dahulu.

d. Pengendalian kinerja penjadwalan

Pengendalian kerja dilakukan dengan melakukan pengamatan terhadap status *order-order* ketika melalui sistem tertentu dan mengatur kembali urutan-urutannya.

e. *Updating* Jadwal

Sebagai bentuk refleksi, apabila terdapat kondisi operasi yang memungkinkan untuk diganti, maka dilakukan revisi pada aturan prioritas.

2.7 Pengurutan Pengerjaan

Pengurutan pengerjaan merupakan penugasan tentang *order* mana yang harus diprioritaskan untuk diproses terlebih dahulu apabila suatu fasilitas harus memproses banyak pekerjaan. Dan berikut adalah aturan prioritas yang umum digunakan yaitu (Patricia & Suryono, 2015):

1. *First Come First Serve* (FCFS). Dalam aturan ini, penjadwalan diurutkan berdasarkan waktu kedatangan *job* atau datangnya pesanan pelanggan.

Jadi, *job* yang pertama kali datang akan diselesaikan terlebih dahulu kemudian berlanjut ke *job* berikutnya.

2. *Earliest Due Date* (EDD). Dalam aturan ini, urutan penjadwalan dilakukan berdasarkan pada *due date* setiap *job*. Aturan ini tidak berfokus pada waktu kedatangan dan total waktu proses setiap *job*, melainkan berfokus pada *job* yang memiliki *due date* yang lebih awal diantara *job-job* lainnya dipilih sebagai *job* yang memiliki prioritas paling tinggi untuk diproses terlebih dahulu pada sebuah mesin. Aturan ini cenderung digunakan untuk meminimalkan *maximum lateness* pada *job-job* yang ada dalam antrian.
3. *Longest Processing Time* (LPT). Pada pengaplikasian aturan ini, pekerjaan yang memiliki waktu proses yang paling lama akan dijadwalkan terlebih dahulu. Secara sederhana aturan ini mengurutkan pekerjaan dari yang memiliki waktu proses terbesar hingga yang terkecil ($t_1 \geq t_2 \geq \dots \geq t_n$). Setelah itu penjadwalan dilakukan berdasarkan urutan tersebut.
4. *Shortest Processing Time* (SPT). Menurut aturan ini, pengurutan *job* dilakukan berdasarkan lamanya waktu proses di setiap *job*. Dimana *job* yang terlebih dahulu diprioritaskan adalah *job* yang memiliki waktu proses paling singkat kemudian dilanjutkan *job* yang lainnya sampai pada *job* yang paling terakhir dengan waktu proses yang paling lama.
5. *Critical Ratio* (CR). Pada aturan ini, urutan pekerjaan dilakukan melalui perhitungan pembagian waktu yang tersisa (banyaknya hari kerja antara

sekarang dan *due date*) dengan kerja (*manufacturing time*) yang tersisa (*total setup, run, wait, move and queue times*).

2.8 Gantt Chart

Gantt chart adalah suatu alat yang dapat membantu pengerjaan khususnya untuk proyek-proyek dengan jumlah anggota tim yang sedikit, proyek yang mendekati tahap penyelesaian dan proyek yang mengalami beberapa kendala. *Gantt chart* merupakan diagram perencanaan yang digunakan untuk penjadwalan sumber daya dan alokasi waktu. Karakteristik *Gantt Chart* (Yowiantoro, 2018):

1. *Gantt chart* secara luas dikenal sebagai alat fundamental yang cenderung mudah diterapkan oleh para manajer proyek untuk membantu seseorang melihat waktu dimulainya sekumpulan tugas dan sub tugas dari sebuah proyek sampai selesai.
2. *Gantt Chart* akan sering mengalami perubahan atau modifikasi ketika tugas dalam proyek bertambah banyak sehingga mempengaruhi pentingnya urutan antar tugas.
3. *Gantt chart* menjadi solusi untuk pertanyaan dalam bentuk “*what if*” pada saat melihat kesempatan untuk membuat perubahan terlebih dahulu terhadap kebutuhan.

Adapun kelebihan dan kekurangan dari menggunakan *ganttt chart* adalah sebagai berikut (Yowiantoro, 2018):

- a. Kelebihan:
 - 1) Bentuk grafiknya sederhana.

- 2) Mudah dipahami oleh semua jajaran manajemen sehingga lebih mudah juga diterima secara luas.
- 3) Dapat dijadikan alat perencanaan dan penjadwalan yang luas dengan hanya memerlukan sedikit penyempurnaan dan pembaharuan daripada sistem-sistem yang lebih canggih.

b. Kekurangan:

- 1) Hubungan antar aktivitas tidak dapat dilihat dengan jelas.
- 2) Apabila terdapat aktivitas yang mengalami keterlambatan, maka situasi proyek secara keseluruhan tidak dapat dilihat atau digambarkan.
- 3) Tidak mampu menyajikan penjadwalan secara sistematis ketika dihadapkan pada proyek yang berukuran besar atau kompleks.

2.9 Metode – Metode Penjadwalan Produksi

2.9.1 Metode Campbell Dudek Smith

Metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) merupakan teknik penjadwalan *flow shop*. Tujuan penjadwalan *flow shop* yaitu untuk mengetahui total waktu yang paling minimum dalam penyelesaian *job*. Metode ini pertama kali dikemukakan pada tahun 1965 oleh *Campbell, Dudek, dan Smith* yang merupakan pengembangan metode dari aturan Johnson, yang kemudian digunakan pada tahapan iterasi (alternatif urutan *job*). Dengan penggunaan aturan Johnson, maka *job* diurutkan dengan melibatkan 2 grup mesin sebagai alat proses dari pekerjaan yang akan datang. Oleh karena itu, setiap *job* yang akan diselesaikan harus

melalui proses dari 2 grup mesin yaitu mesin $M1\phi$ kemudian dilanjutkan pada mesin $M2\phi$ sampai selesai. Berikut langkah-langkah aturan Johnson, yaitu (Christianta, 2012):

- 1) Langkah pertama dalam aturan Johnson yaitu menghitung waktu proses $(t_{i,M1}, t_{i,M2})$ minimum, dengan $t_{i,M1}$ adalah waktu proses *Job i* pada mesin 1 dan $t_{i,M2}$ adalah waktu proses *Job i* pada mesin 2.
- 2) Langkah kedua yaitu menempatkan *Job* pada posisi terawal dalam urutan jika waktu proses minimum terdapat pada mesin pertama ($t_{i,M1}$). Kemudian tempatkan *Job* pada posisi terakhir dalam urutan jika waktu proses minimum terdapat pada mesin kedua ($t_{i,M2}$).
- 3) Langkah terakhir hilangkan *Job* yang sudah dijadwalkan dari daftar *Job*. Ulangi langkah 2 dan 3 hingga seluruh *Job* telah terjadwalkan.
 - a) Iterasi pertama dalam metode CDS yaitu menghitung waktu proses mesin pertama dan mesin kedua:

$$t_{i,M1} = t_{i,1} \text{ dan } t_{i,M2} = t_{i,m} \dots \dots \dots (1)$$

- b) Pada iterasi kedua sampai iterasi n , waktu proses ditetapkan dengan rumus sebagai berikut

$$t_{i,M1} = \sum_{j=1}^k t_{i,j} \text{ dan } t_{i,M2} = \sum_{j=m-k+1}^k t_{i,j} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

- i : *Job* yang diproses
- j : Mesin yang digunakan untuk proses *Job i*
- t_i : Waktu proses *Job i* (menit)
- $M1\phi$: Mesin pertama pada perhitungan aturan Johnson

$M2\phi$: Mesin kedua pada perhitungan aturan Johnson
n	: Jumlah <i>Job</i>
m	: Jumlah mesin (unit)
k	: Iterasi

2.9.2 Metode *Nawaz Ensore Ham* (NEH)

Metode penjadwalan *flowshop* berikutnya adalah metode *Nawaz Ensore Ham* (NEH). Metode *Nawaz Ensore Ham* (NEH) merupakan salah satu metode *heuristic* terbaik dan telah mendapatkan penghargaan dalam *Permutation Flow Shop Problem* (FPSP), sehingga *output* dari metode ini diharapkan mampu membantu menyelesaikan permasalahan di perusahaan mengenai keterlambatan penyelesaian suatu pekerjaan yang dapat mempengaruhi total biaya pengerjaan.

Metode *Nawaz Ensore Ham* (NEH) ini dikemukakan oleh Muhammad Nawaz, E. Emory Ensore Jr, dan Inyong Ham pada tahun 1983. Dalam penjadwalan *flowshop* secara umum, setiap *job* harus melintasi semua mesin pada order yang sama. Algoritma NEH merupakan salah satu algoritma yang bersifat *constructive heuristic*. Metode ini mengasumsikan bahwa *job* dengan total waktu proses untuk semua mesin yang lebih besar seharusnya diberikan prioritas untuk diselesaikan terlebih dahulu kemudian dilanjutkan dengan *job* dengan total waktu proses yang lebih kecil. (Masudin dkk, 2014). NEH menginisiasikan urutan *job* secara *ascending* berdasarkan total waktu proses di setiap *job*-nya. Kemudian dilakukan proses *partial sequence*,

yaitu menentukan urutan terbaik dari setiap *job* yang ada sehingga memungkinkan proses ini terus berulang sampai semua *job* dapat dijadwalkan, sehingga banyaknya iterasi tersebut adalah $(n*(n+1)/2-1$. Dalam (Masudin dkk, 2014) dijelaskan langkah-langkahnya sebagai berikut:

1. Hitung waktu total proses masing masing *job*.

$$T = \sum_{j=1}^m t_j \dots \dots \dots (3)$$

Untuk semua *job* im dengan t adalah waktu proses *job* i dimesin j .

2. *Job* diurutkan berdasarkan aturan LPT (*Longest Processing Time*)
3. Langkah selanjutnya dimulai dengan melakukan percobaan dua urutan *job* pertama berdasarkan jumlah total waktu proses yang tertinggi kemudian menghitung *makespan* dari kemungkinan urutan dua *job* tersebut. Setelah itu pilih urutan *job* dengan *makespan* yang terkecil dan urutan *job* dengan *makespan* yang terbesar akan dibuang atau tidak digunakan.
4. Perhitungan urutan *job* dilanjutkan berdasarkan *job* selanjutnya yang memiliki total waktu proses tertinggi, kemudian diurutkan kembali serta dihitung *makespan*nya.
5. Perhitungan kembali dilakukan terus menerus secara berkelanjutan hingga didapatkan urutan *job* dengan nilai *makespan* terkecil. Setelah perhitungan dilakukan untuk semua *job*, maka dipilih *makespan* terkecil berdasarkan beberapa urutan *job* yang ada.

2.9.3 Metode *Dannenbring*

Metode *Dannenbring* merupakan metode yang dikembangkan atau berasal dari metode Johnson. Metode ini mampu memecahkan permasalahan penjadwalan yang melibatkan lebih dari dua mesin. Permasalahan yang melibatkan lebih dari dua mesin diubah kedalam tabel rekapitulasi yang terdiri dari dua nilai P_i , yakni P_{i1} dan P_{i2} yang adalah waktu proses job ke- i di dalam mesin ke- n . Kedua persamaan di bawah ini menunjukkan formula dalam metode *dannenbring* (Tannady, 2013):

$$Tj1 = \sum_{i=1}^m (m - i + 1) t_{ij} \dots \dots \dots (4)$$

$$Tj2 = \sum_{i=1}^m i * t_{ij} \dots \dots \dots (5)$$

Berdasarkan kedua persamaan diatas maka diperoleh rekapitulasi waktu proses untuk perumpamaan mesin pertama dan mesin kedua. Setelah itu *job* diurutkan berdasarkan algoritma Johnson, menggunakan parameter perhitungan pada t_{j1} adalah waktu proses pada mesin pertama, dan t_{j2} adalah waktu proses pada mesin kedua.

2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan dengan judul Analisis Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode Algoritma *Nawaz Enscore Ham*, Algoritma *Campbell Dudek Smith*, dan Metode *Dannenbring* Untuk Meminimasi *Makespan* di PT. Maruki International Indonesia adalah penelitian yang baru dilakukan dengan kombinasi dari 3 metode penjadwalan. Adapun penelitian terdahulu yang

dapat dijadikan sebagai tolak ukur ataupun acuan dalam melakukan penelitian ini dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul	Tahun	Hasil	Posisi Penelitian (Pembeda dengan Penelitian Terdahulu)
1	Ilyas Masudin, Dana Marsetya Utama, & Febrianto Susastro (2014)	Penjadwalan <i>Flowshop</i> Menggunakan Algoritma <i>Nawaz Enscore Ham</i>	2014	Dari hasil pengolahan data, metode NEH memberikan nilai <i>makespan</i> yang lebih kecil dari metode perusahaan dengan pengurangan total biaya sebesar Rp 137.648,00 dan utilitas mesin didapatkan pengurangan waktu <i>idle</i> mesin sebesar 582 menit.	Pada penelitian saat ini tidak menghitung nilai <i>tardiness</i> dan total biaya yang dikeluarkan perusahaan, melainkan hanya membandingkan efisiensi pengurutan pekerjaan dan nilai <i>makespan</i> antara metode perusahaan dengan metode usulan yang optimal.
2	Septian Dwi Pamungkas (2019)	Analisis Penjadwalan Menggunakan Metode <i>Dannenbring</i> di PT. Sinar Sosro	2019	Dari hasil pengolahan data didapatkan nilai <i>makespan</i> terkecil yaitu 1.327,9 jam dan selisih antara metode perusahaan dengan usulan sebesar 75,1 jam.	Objek yang diteliti memiliki perbedaan, dimana pada penelitian sebelumnya meneliti di bidang <i>food and beverage</i> dengan produk utama berupa minuman teh dalam kemasan. Sedangkan pada penelitian saat ini meneliti di bidang <i>furniture</i> dengan produk utama yaitu <i>butsudan</i> .
3	Riko Ervil & Dela Nurmayuni (2018)	Penjadwalan Produksi dengan Metode <i>Campbell Dudek Smith</i> (CDS) Untuk Meminimumkan Total Waktu Produksi (<i>Makespan</i>)	2018	Dari hasil menggunakan metode CDS dapat dikatakan lebih efektif dengan nilai <i>makespan</i> sebesar 47 hari, sedangkan dengan metode FCFS yang digunakan oleh perusahaan saat ini didapat nilai <i>makespan</i> sebesar 76 hari	Metode usulan yang diberikan pada penelitian sebelumnya sebagai pembanding dengan metode perusahaan hanya 1 metode, sedangkan pada penelitian saat ini menggunakan 3 metode usulan sebagai pembanding dalam mengefisienkan nilai <i>makespan</i> .
4	Evi Febianti, Ade Irman Saeful M, & Junies Fitra (2019)	Usulan Penjadwalan Produksi Baja Profil Menggunakan Metode <i>Nawaz Enscore And Ham</i> dan Algoritma <i>Simulated Annealing</i>	2019	Dari hasil pengolahan data, nilai <i>makespan</i> penjadwalan produksi eksisting yaitu sebesar 804,85 jam dan nilai <i>makespan</i> penjadwalan produksi usulan yaitu sebesar 727,60 jam, persentase pengurangan <i>makespan</i> penjadwalan produksi usulan sebesar 9.58%.	Objek yang diteliti memiliki perbedaan, dimana pada penelitian sebelumnya objeknya berupa baja. Sedangkan pada penelitian saat ini meneliti di bidang <i>furniture</i> dengan objek berupa <i>butsudan</i> .

Lanjutan Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul	Tahun	Hasil	Posisi Penelitian (Pembeda dengan Penelitian Terdahulu)
5	Mohammad Kiswah (2020)	Penjadwalan Produksi Koran Menggunakan Metode <i>Nawaz Enscore Ham</i> , Algoritma <i>Pour</i> , dan Algoritma <i>Palmer</i> Untuk Meminimasi <i>Makespan</i> (Studi Kasus: PT Fajar Makassar Grafika)	2020	Dari hasil pengolahan data, nilai <i>makespan</i> penjadwalan produksi dengan metode eksisting sebesar 359,45 menit, sedangkan berdasarkan 2 metode terpilih dengan nilai <i>makespan</i> yang sama sebesar 307,33 menit yaitu metode <i>Nawaz Enscore Ham</i> dan Algoritma <i>Palmer</i> , sehingga dapat menjadi usulan dengan tingkat efisiensi sebesar 14.50%.	Objek yang diteliti memiliki perbedaan, dimana pada penelitian sebelumnya meneliti di bidang percetakan dengan produk utama berupa koran. Sedangkan pada penelitian saat ini meneliti di bidang <i>furniture</i> dengan produk utama yaitu <i>butsudan</i> .
6	Ignatius Marco Philips (2019)	Penjadwalan Produksi <i>Butsudan</i> dengan Membandingkan Algoritma <i>Simulated Annealing</i> , Algoritma <i>Pour</i> , dan Algoritma <i>Gupta</i> untuk Meminimasi <i>Makespan</i>	2019	Dari hasil menggunakan metode eksisting perusahaan didapatkan nilai <i>makespan</i> sebesar 20.678, 07 menit. Sedangkan 2 metode usulan yaitu metode Algoritma <i>Simulated Annealing</i> dan Algoritma <i>Gupta</i> lebih efektif dengan nilai <i>makespan</i> sebesar 18.811,2 menit dengan efisiensi metode sebesar 9,03%.	Ketiga metode usulan yang digunakan pada penelitian sebelumnya untuk dijadikan pembandingan dengan metode perusahaan berbeda dengan ketiga metode usulan yang digunakan pada penelitian saat ini. Dengan tujuan mendapatkan nilai <i>makespan</i> yang lebih efisien pada proses produksi di perusahaan.
7	Setyo Harto, Annisa Kesy Garside, & Dana Marsetya Utama (2016)	Penjadwalan Produksi Menggunakan Algoritma Jadwal <i>Non Delay</i> Untuk Meminimalkan <i>Makespan</i> Studi Kasus di CV. Bima Mebel	2016	Dari hasil pengolahan data, didapatkan <i>makespan</i> dari penjadwalan produksi yang digunakan di perusahaan adalah 193,64 jam atau 25 hari kerja sedangkan <i>makespan</i> dari usulan penjadwalan adalah 168,79 jam atau 22 hari kerja, dengan demikian usulan penjadwalan produksi yang diajukan dapat menghemat waktu produksi sebesar 24,85 jam atau 3 hari kerja lebih 0,85 jam.	Metode usulan yang diberikan pada penelitian sebelumnya berbeda dengan penelitian saat ini, dan hanya menggunakan 1 metode sebagai pembandingan dengan metode perusahaan. Sedangkan pada penelitian saat ini menggunakan 3 metode usulan yang berbeda dalam mendapatkan nilai <i>makespan</i> yang lebih efisien pada proses produksi di perusahaan.