

# **LAPORAN TUGAS AKHIR**

**USULAN PENJADWALAN PRODUKSI MENGGUNAKAN  
METODE ALGORITMA NAWAZ ENSCORE AND HAM (NEH)  
UNTUK MINIMASI WAKTU PRODUKSI  
(Studi Kasus CV. New Bekaje Pati)**



Disusun Oleh :

**Syaiful Anas Quds**

NIM 31601501181

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG  
2022**

## **LAPORAN TUGAS AKHIR**

# **USULAN PENJADWALAN PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA NAWAZ ENSCORE AND HAM (NEH) UNTUK MINIMASI WAKTU PRODUKSI**

**(Studi Kasus CV. New Bekaje Pati)**

LAPORAN INI DISUSUN UNTUK MEMENUHI SALAH SATU SYARAT  
MEMPEROLEH GELAR S1 PADA PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM SULTAN  
AGUNG SEMARANG



Disusun Oleh :

**Syaiful Anas Quds**

NIM 31601501181

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG**

**2022**

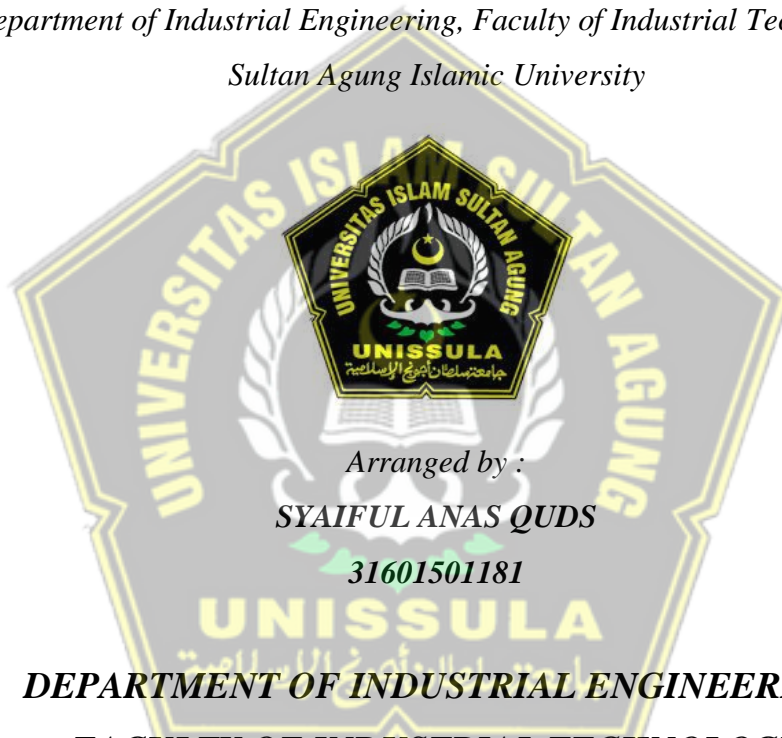
**FINAL PROJECT**

**PROPOSED PRODUCTION SCHEDULING USING THE  
NAWAZ ENSCORE AND HAM ( NEH ) ALGORITHM METHOD  
TO MINIMIZE PRODUCTION COMPLETION TIME**

**( Case Study of CV. New Bekaje Pati )**

*Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree ( S1 ) at  
Department of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Technology.*

*Sultan Agung Islamic University*



*Arranged by :*

**SYAIFUL ANAS QUDS**

**31601501181**

**DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
SULTAN AGUNG ISLAMIC UNIVERSITY**

**2022**

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “**USULAN PENJADWALAN PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA NAWAZ ENSCORE AND HAM (NEH) UNTUK MINIMASI WAKTU PRODUKSI**” ini disusun oleh :

Nama : Syaiful Anas Quds

NIM : 31601501181

Program Studi : Teknik Industri

Telah disahkan dan disetujui oleh dosen pembimbing pada :

Hari : Jum'at

Tanggal : 02 September 2022

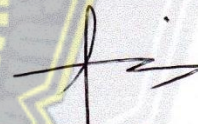
Pembimbing I



**Brav Deva Bernadhi, S.T., M.T**

NIDN. 0630128601

Pembimbing II



**Ir. Hj. Eli Mas'Idah, M.T**

NIDN. 06215066601

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri



**Nuzulia Khoiriyah, S.T, M.T**

NIDN. 0624057901

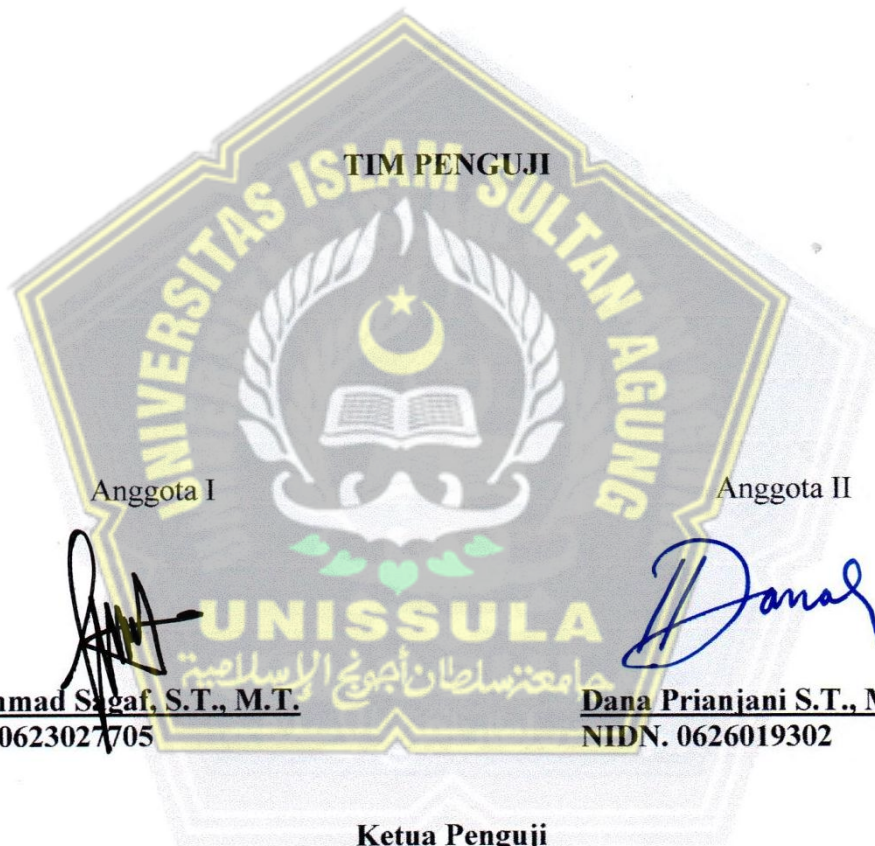
## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “**USULAN PENJADWALAN PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA NAWAZ ENSCORE AND HAM (NEH) UNTUK MINIMASI WAKTU PRODUKSI**” ini disusun oleh :

Hari : Jum'at

Tanggal : 02 September 2022


### TIM PENGUJI



Anggota I

Anggota II

  
Muhammad Sagaf, S.T., M.T.  
NIDN. 0623027705

  
Dana Prianjani S.T., M.T.  
NIDN. 0626019302

Ketua Penguji



Ir. Sukarno Budi Utomo. MT

NIDN. 0619076401

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Syaiful Anas Quds  
NIM : 31601501181  
Judul Tugas Akhir : USULAN PENJADWALAN PRODUKSI  
MENGUNAKAN METODE ALGORITMA  
NAWAZ ENSCORE AND HAM (NEH) UNTUK  
MINIMASI WAKTU PRODUKSI

Dengan bahwa ini saya menyatakan bahwa judul dan isi Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Industri tersebut adalah asli dan belum pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan oleh siapapun baik keseluruhan maupun sebagian, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka, dan apabila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa judul Tugas Akhir tersebut pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 02 September 2022

Yang menyatakan

A 10000 Indonesian postage stamp with a signature over it. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'SEPUKUH RIBU RUPIAH', '10000', 'METEPAK', 'TEMPEL', and the serial number 'FF79AAJX906597909'.

Syaiful Anas Quds

## HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Syaiful Anas Quds

NIM : 31601501181

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas akhir dengan judul :  
**“ USULAN PENJADWALAN PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA NAWAZ ENSCORE AND HAM (NEH) UNTUK MINIMASI WAKTU PRODUKSI ”**

Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak bebas Royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dan pangkalan data dan dipublikasikan di internet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap menyantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh – sungguh. Apabila dikemudian hari terukti ada pelanggaran Hak Cipta/ Plagiatisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang, 02 September 2022

Yang menyatakan



Syaiful Anas Quds

## HALAMAN PERSEMBAHAN

### *Bismillahirrahmanirrahim*

Untuk Allah SWT Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang, tiada kata yang mampu menggambarkan betapa bersyukur aku mendapatkan nikmat Iman dan Islam yang Engkau karuniakan kepadaku. Semoga Engkau selalu meridhoi di setiap langkah dan dimanapun aku berada. Untuk Nabi Muhammad SAW, Nabi besar yang kudambakan syafaatnya kelak di Hari Kiamat nanti.

Kupersembahkan pula untuk Bapak dan Ibu, semoga semua Bahagia selalu. Kupersembahkan juga untuk saudara yang telah memberikan semangat dan masukan terbaik buat saya untuk mengurusinya dan rela berkoban.





## HALAMAN MOTTO

*“ Maka sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan,  
sesungguhnya beserta kesulitan itu ada kemudahan.  
Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras  
(untuk urusan yang lain),  
dan hanya kepada Tuhanmulah engkau berharap.”*  
**Q.S. Al-Insyirah 5-8**

*“ Apapun itu, Jujur dan Bersungguh-sungguh”*  
**Ayahanda**

*“Bersabar tidak boleh menuruti hawa nafsu tapi harus dengan ilmu”*  
**Habib Luthfi bin Yahya**

*“Orang boleh salah, agar dengan demikian ia berpeluang menemukan kebenaran  
dengan proses autentiknya”*

*“Kalau kau cukup makan sepiring nasi, kenapa harus sepiring setengah. Kalau  
kesehatanmu cukup dipenuhi dengan sebiji tempe, kenapa ambil dua?”*  
**Emha Ainun Nadjib (Cak Nun)**



## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

*Alhamdulillahirobbil'alamin*, puji syukur kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul : “ **USULAN PENJADWALAN PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA NAWAZ ENSCORE AND HAM (NEH) UNTUK MINIMASI WAKTU PRODUKSI** ”

dengan baik dan lancar. Tak lupa sholawat serta salam pada junjungan kita Nabi Muhammad SAW.

Dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini, penulis tidak lepas dari dukungan dan semangat semua pihak. Maka dari itu, penulis ucapkan terimakasih sebanyak – banyaknya kepada :

1. Allah SWT, atas limpahan nikmat yang telah diberikan kepada hamba sehingga hamba dapat menyelesaikan tugas hamba sebagai mahasiswa.
2. Terima kasih yang sangat besar saya ucapkan kepada Bapak Sugianto dan Ibu Sri Lestari, yang selalu memberikan dukungan, semangat dan arahan kepada saya untuk terus berjuang menyelesaikan kuliah ini, keluh kesah yang saya alami saat kuliah ataupun hambatan lainnya dalam mengejar gelar ST ini.
3. Ibu Dr. Novi Marlyana, S.T, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri.
4. Bpk Brav Deva Bernadhi S.T., M.T. dan Ibu Ir. Hj. Eli Mas'idah, MT selaku dosen pembimbing tugas akhir saya, yang dengan sabar telah membimbing dan mengarahkan saya dalam menyusun dan menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bapak Ibu Dosen Teknik Industri, yang telah membimbing dan memberikan ilmu kepada saya selama masa perkuliahan.
6. Teman-teman IE 2015 yang telah mewarnai hari-hariku selama perkuliahan.
7. Terima kasih kepada teman teman kontrakan Giat Dharmawan Ahdita, Aditya Indra , Setiawan, Inten Bagus, Dapso, Mas Gondrong dan lainnya

yang telah berpartisipasi karna kalian telah membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini tanpa kendala serius.

8. Keluarga besar yang menemani saya dalam belajar banyak hal.

Akhir kata penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini jauh dari kata sempurna. Untuk itu, penulis mengharap saran dan kritik demi kesempurnaan karya ilmiah selanjutnya. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk semua.

Semarang, 02 September 2022

Yang menyatakan



Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LAPORAN TUGAS AKHIR.....</b>	<b>i</b>
<b>LAPORAN TUGAS AKHIR.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....</b>	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....</b>	<b>v</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>vi</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....</b>	<b>vii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>viii</b>
<b>HALAMAN MOTTO .....</b>	<b>ix</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xviii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xx</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Pembatasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB II TINJUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....</b>	<b>6</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	6
2.2 LANDASAN TEORI .....	15
2.2.1 Penjadwalan .....	15
2.2.2 Penjadwalan Produksi .....	19
2.2.3 Penjadwalan Flowshop.....	20
2.2.4 Metode Nawaz Enscore and Ham (NEH) .....	21

2.2.5	Algoritma .....	23
2.2.6	<i>Longest Processing Time (LPT)</i> .....	24
2.2.7	<i>Sequencing (Penentuan Urutan)</i> .....	24
2.3	Hipotesis Dan Kerangka Teoritis .....	25
2.3.1	Hipotesis.....	25
2.3.2	Kerangka Teoritis.....	26
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>28</b>
3.1	Pengumpulan Data .....	28
3.2	Teknik Pengumpulan Data .....	28
3.3	Pengujian Hipotesa.....	28
3.4	Metode Algoritma Nawaz Ensore and Ham.....	29
3.5	Pembahasan.....	29
3.6	Penarikan Kesimpulan.....	30
3.7	Diagram Alir .....	30
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>32</b>
4.1	Pengumpulan Data .....	32
4.1.1	Gambaran Umum Produk dan Proses Produksi .....	32
4.1.2	Lini Produksi yang Digunakan.....	32
4.1.3	Jam Kerja Karyawan .....	33
4.1.4	Data Mesin Dan Stasiun Kerja.....	33
4.1.5	Data Proses Produksi.....	34
4.1.6	Data Waktu Proses Produksi.....	35
4.1.7	Perhitungan Penjadwalan Awal Perusahaan .....	35
4.1.8	Proses Produksi .....	39
4.2	Pengolahan Data.....	42
4.2.1	Penjadwalan Produksi dengan Metode <i>Algoritma Nawaz Ensore and Ham (NEH)</i> .....	42
4.3	Analisa Dan Interpretasi.....	55
4.3.1	Analisa Penjadwalan Produksi Dengan Metode Aktual Perusahaan .	55
4.3.2	Analisa Penjadwalan Produksi Dengan Metode Algoritma <i>Nawaz Ensore and Ham</i> .....	56

4.4	Pembuktian Hipotesa.....	57
4.5	Perbandingan <i>Idle Time</i> Metode <i>FCFS</i> dan <i>Nawaz Enscore and Ham</i> .....	60
<b>BAB V PENUTUP.....</b>		<b>62</b>
5.1	Kesimpulan.....	62
5.2	Saran.....	63
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>64</b>
<b>LAMPIRAN</b>		



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Waktu proses setiap job pada setiap mesin (dalam satuan menit) .....	2
Tabel 1. 2 Data Keterlambatan atau <i>idle time</i> .....	3
Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu .....	10
Tabel 4. 1 Peralatan yang digunakan .....	32
Tabel 4. 2 Jam Kerja Karyawan di New Bekaje .....	33
Tabel 4. 3 Jumlah Karyawan tiap mesin di New Bekaje .....	33
Tabel 4. 4 Proses Produksi .....	34
Tabel 4. 5 Waktu proses produksi pada setiap mesin (dalam satuan menit).....	35
Tabel 4. 6 <i>Purchase Order</i> dalam 1 Bulan (dalam satuan pcs) .....	36
Tabel 4. 7 Waktu proses setiap job pada setiap mesin (dalam satuan menit) .....	36
Tabel 4. 8 Waktu Menganggur Mesin Awal (dalam satuan menit) .....	38
Tabel 4. 9 Total Waktu Proses Setiap Job (dalam satuan menit).....	43
Tabel 4. 10 Urutan Job Mulai dari Waktu Proses Terbesar hingga Terkecil.....	43
Tabel 4. 11 Iterasi 1.....	44
Tabel 4. 12 Makespan Urutan Parsial Alternatif 1 ( Bak B – Bak A).....	44
Tabel 4. 13 Makespan Urutan Parsial Alternatif 2 ( Bak A – Bak B).....	45
Tabel 4. 14 Iterasi 2.....	46
Tabel 4. 15 Makespan Urutan Parsial Alternatif 1 ( Bak B – Bak A – Bak D) ..	46
Tabel 4. 16 Makespan Urutan Parsial Alternatif 2 ( Bak B – Bak D – Bak A) ..	47
Tabel 4. 17 Makespan Urutan Parsial Alternatif 3 ( Bak D – Bak B – Bak A) ..	48
Tabel 4. 18 Iterasi 3.....	49
Tabel 4. 19 Makespan Urutan Parsial Alternatif 1 ( Bak D – Bak B – Bak A – Bak C) .....	50
Tabel 4. 20 Makespan Urutan Parsial Alternatif 2 ( Bak B – Bak D – Bak C – Bak A) .....	51
Tabel 4. 21 Urutan Parsial Alternatif 3 ( Bak B – Bak A – Bak D – Bak C).....	52
Tabel 4. 22 Makespan Urutan Parsial Alternatif 4 ( Bak B – Bak A – Bak C – Bak D) .....	53
Tabel 4. 23 Waktu Menganggur Mesin Awal (dalam satuan menit) .....	55

Tabel 4. 24 Nilai Makespan untuk Setiap Urutan Penjadwalan.....	56
Tabel 4. 25 Nilai <i>idle time</i> pada setiap mesin .....	56
Tabel 4. 26 Nilai makespan masing – masing alternatif .....	57
Tabel 4. 27 Nilai <i>idle time</i> pada setiap mesin .....	57
Tabel 4. 28 Perbandingan makespan masing – masing metode.....	58
Tabel 4. 29 Metode <i>FCFS</i> .....	60
Tabel 4. 30 Metode <i>Nawaz Enscore and Ham</i> .....	61





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kerangka Teoritis .....	26
Gambar 3. 1 New Bekaje .....	28
Gambar 3. 2 Diagram Alir .....	30
Gambar 3. 2 Diagram Alir ( Lanjutan ).....	31
Gambar 4. 1 Gantt chart awal perusahaan .....	37
Gambar 4. 2 Pengukuran.....	39
Gambar 4. 3 Pemotongan Besi <i>Cutting Torch</i> .....	39
Gambar 4. 4 Pengeboran .....	39
Gambar 4. 5 Pengeboran 2 .....	39
Gambar 4. 6 Pengemalan .....	40
Gambar 4. 7 Pengemalan 2 .....	40
Gambar 4. 8 Perakitan.....	40
Gambar 4. 9 Perakitan 2.....	40
Gambar 4. 10 Plat Besi.....	41
Gambar 4. 11 Pemasangan Papan Kayu / Plat.....	41
Gambar 4. 12 Pengecatan.....	41
Gambar 4. 13 Pemasangan Papan Kayu .....	41
Gambar 4. 14 Bak Papan Kayu Truk <i>double</i> .....	42
Gambar 4. 15 Bak Plat Besi Truk Engkel .....	42
Gambar 4. 19 <i>Gantt Chart</i> dengan menggunakan Metode <i>Algoritma Nawaz Enscore and Ham</i> .....	54

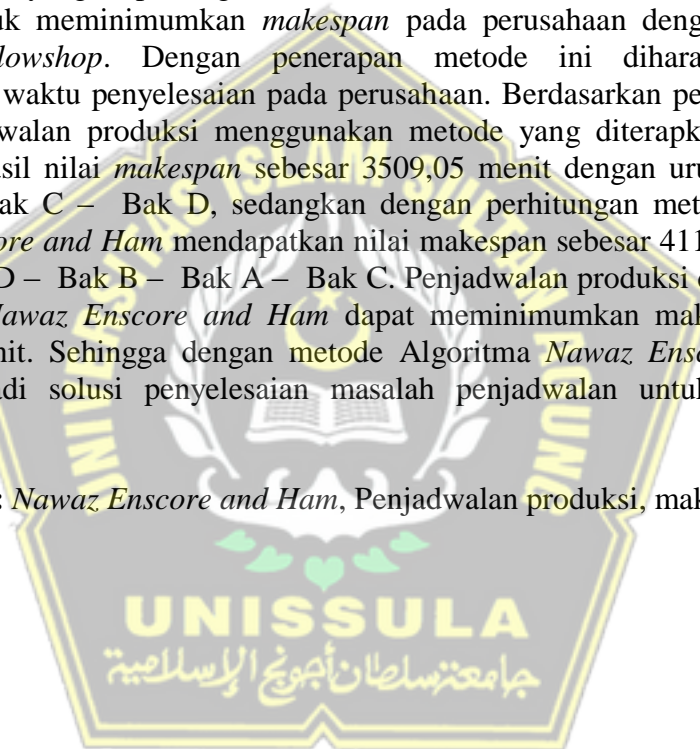
## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Waktu proses produksi pada setiap mesin (dalam satuan menit) .....	2
Lampiran 2 Urutan Job Mulai dari Waktu Proses Terbesar hingga Terkecil .....	2
Lampiran 3 Iterasi 1 .....	3
Lampiran 4 Makespan Urutan Parsial Alternatif 1 ( Bak B – Bak A) .....	3
Lampiran 5 Makespan Urutan Parsial Alternatif 2 ( Bak A – Bak B) .....	3
Lampiran 6 Iterasi 2 .....	4
Lampiran 7 Makespan Urutan Parsial Alternatif 1 ( Bak B – Bak A – Bak D)....	4
Lampiran 8 Makespan Urutan Parsial Alternatif 2 ( Bak B – Bak D – Bak A)....	4
Lampiran 9 Makespan Urutan Parsial Alternatif 3 ( Bak D – Bak B – Bak A)....	5
Lampiran 10 Iterasi 3 .....	VI
Lampiran 11 Makespan Urutan Parsial Alternatif 1 ( Bak D – Bak B – Bak A – Bak C) .....	VI
Lampiran 12 Makespan Urutan Parsial Alternatif 2 ( Bak B – Bak D – Bak C – Bak A) .....	VII
Lampiran 13 Makespan Urutan Parsial Alternatif 3 ( Bak B – Bak A – Bak D – Bak C) .....	VIII
Lampiran 14 Makespan Urutan Parsial Alternatif 4 ( Bak B – Bak A – Bak C – Bak D) .....	VIII
Lampiran 15 Perbandingan makespan masing – masing metode .....	IX
Lampiran 16 Metode <i>FCFS</i> .....	X
Lampiran 17 Metode <i>Nawaz Enscore and Ham</i> .....	X

## ABSTRAK

CV. New Bekaje adalah salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang karoseri seperti pembuatan bak truck. Saat ini perusahaan tersebut menggunakan aturan *First Come First Serve (FCFS)*. Metode *First Come First Serve (FCFS)* yaitu order yang tiba lebih awal akan dilayani terlebih dahulu. Berdasarkan pada bulan September 2022, terdapat keterlambatan pada proses produksi. Berdasarkan hal tersebut maka tujuan penelitian ini adalah meminimasi waktu penyelesaian produksi (*makespan*). Metode Algoritma *Nawaz Ensore and Ham* merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk menentukan urutan produksi yang optimal untuk meminimumkan *makespan* pada perusahaan dengan pola lantai produksi *Flowshop*. Dengan penerapan metode ini diharapkan mampu meminimasi waktu penyelesaian pada perusahaan. Berdasarkan pengolahan data, hasil penjadwalan produksi menggunakan metode yang diterapkan perusahaan mendapat hasil nilai *makespan* sebesar 3509,05 menit dengan urutan Bak A – Bak B – Bak C – Bak D, sedangkan dengan perhitungan metode Algoritma *Nawaz Ensore and Ham* mendapatkan nilai *makespan* sebesar 411 menit dengan urutan Bak D – Bak B – Bak A – Bak C. Penjadwalan produksi dengan metode Algoritma *Nawaz Ensore and Ham* dapat meminimumkan *makespan* sebesar 3210,85 menit. Sehingga dengan metode Algoritma *Nawaz Ensore and Ham* dapat menjadi solusi penyelesaian masalah penjadwalan untuk meminimasi *makespan*.

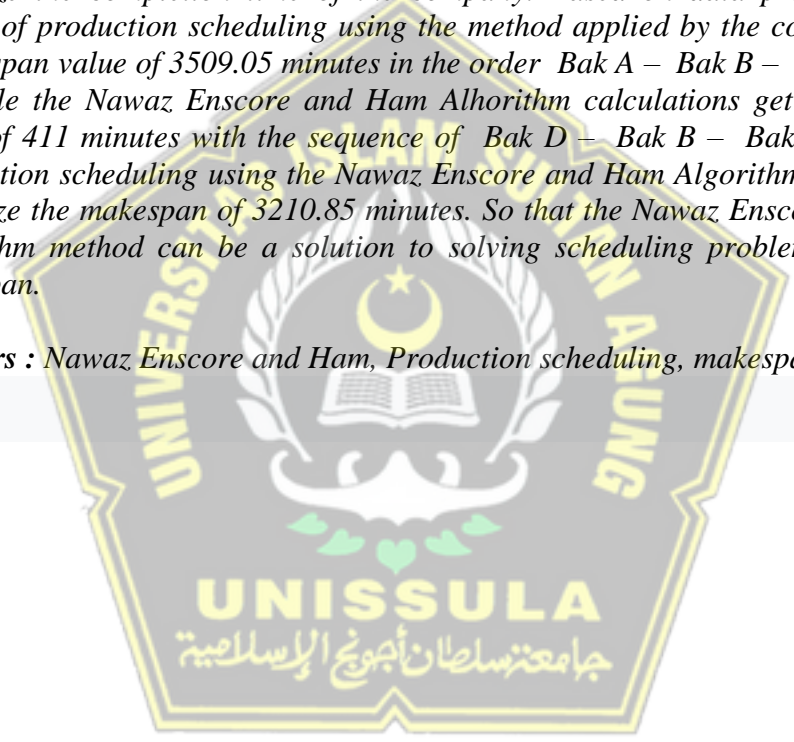
**Kata kunci :** *Nawaz Ensore and Ham*, Penjadwalan produksi, *makespan*



## ABSTRACT

CV. New Bekaje is one of the companies engaged in the body of a body such as the manufacture of truck body. Currently the company uses the First Come First Serve (FCFS) rule. The First Come First Serve (FCFS) method is that orders that arrive earlier will be served first. Based on September, there was a delay in the production process. Based on this, the purpose of this research is to minimize the production completion time (makespan). The Nawaz Wnscore and Ham algorithm method is a method that can be used to determine the optimal production sequence to minimize makespan in companies with Flowshop production floor patterns. With the application of this method is expected to minimize the completion time of the company. Based on data processing, the results of production scheduling using the method applied by the company get a makespan value of 3509.05 minutes in the order Bak A – Bak B – Bak C – Bak D, while the Nawaz Ensore and Ham Alhorithm calculations get a makespan value of 411 minutes with the sequence of Bak D – Bak B – Bak A – Bak C. Production scheduling using the Nawaz Ensore and Ham Algorithm method can minimize the makespan of 3210.85 minutes. So that the Nawaz Ensore and Ham Algorithm method can be a solution to solving scheduling problems to minimize makespan.

**Keywords :** Nawaz Ensore and Ham, Production scheduling, makespan



# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Memasuki milenium ketiga teknologi dan ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan permasalahan dalam dunia industri telah mengalami perkembangan yang sangat pesat. Semakin banyaknya produk – produk yang beredar dipasar, seiring dengan kemajuan teknologi tersebut telah tercipta alat – alat dan metode – metode baru yang lebih efisien dan memperluas jaringan serta berhasil memperbaiki barang dan jasa baik mengenai kualitas maupun kuantitasnya.

Dunia transportasi yang semakin hari terus berkembang, dijadikan perusahaan sebagai sebuah tantangan untuk selalu menghasilkan sebuah produk yang terbaik dan mempunyai mutu yang tidak kalah bersaing. Alat transportasi bukan hanya digunakan untuk memindahkan manusia dari satu tempat ketempat lainnya, tetapi alat transportasi pada saat ini sudah digunakan untuk memindahkan barang hidup maupun barang tidak hidup dari tempat asal ketempat tujuannya, dengan tujuan barang tersebut akan digunakan untuk kepentingan lain.

Alat transportasi yang digunakan dalam kegiatan diatas adalah mobil angkut barang atau lebih sering disebut dengan truk angkut. Dengan semakin banyaknya orang menggunakan jasa truk angkut, maka banyak sekali perusahaan atau perorangan yang menyediakan jasa dengan menyewakan truk angkut tersebut. Karena banyaknya perusahaan atau perorangan yang berminat dalam bisnis angkut barang, maka semakin banyak pula perusahaan yang tertarik untuk bergerak dalam bidang Karoseri dan peremajaan truk. Hal ini pun dilakukan oleh sebuah perusahaan karoseri truk CV. New Bekaje.

CV. New Bekaje adalah salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang karoseri seperti pembuatan bak truk. CV. New Bekaje memproduksi produknya berdasarkan permintaan konsumen (*make to order*) antara lain: bak papan kayu truk *double*, bak plat besi truk *double*, bak papan kayu truck engkel, bak plat besi truck engkel. Di mana dalam satu produk membutuhkan waktu proses yaitu

selama  $\pm$  4-5 hari dalam keadaan normal. Saat ini perusahaan tersebut menggunakan aturan *First Come First Serve (FCFS)*. Metode *First Come First Serve (FCFS)* yaitu order yang tiba lebih awal akan dilayani terlebih dahulu. Pengerjaan bak tergantung dari tipe pesanan yang akan dibuat. Setiap bak truk mempunyai waktu pengerjaan yang beda-beda. Dengan melihat pada data penjadwalan perusahaan pada bulan September 2020, diperoleh data sebagai berikut.

**Tabel 1. 1** Waktu proses setiap job pada setiap mesin (dalam satuan menit)

	M1 (menit)	M2 (menit)	M3 (menit)	M4 (menit)	M5 (menit)	M6 (menit)	M7 (menit)	M8 (menit)	Waktu Selesai (menit)
Bak A	88,45	247,49	64,56	316,41	533,07	401,49	269,44	20,37	1941,28
Bak B	86,26	231,33	62,12	306,55	521,22	639,2	260,49	22,41	2129,58
Bak C	79,27	219,13	52,53	267,39	487,39	321,52	243,12	19,58	1689,93
Bak D	76,51	204,09	50,29	257,46	476,37	514,39	238,27	21,43	1838,81

Keterangan :

Bak Jenis A : Bak Truk Berlapis Kayu. P x L x T : 560 x 200 x 220

Bak Jenis B : Bak Truk Berlapis Plat 3 mm.

Bak Jenis C : Bak Truk Berlapis Kayu. P x L x T : 310 x 170 x 160

Bak Jenis D : Bak Truk Berlapis Plat 3 mm

M1 : Pengukuran : Rangka , Kayu / Plat Besi , Sabuk

M2 : Pemotongan Besi Cutting Torch  
Menggunakan alar Gas (Blender) dan gerindra

M3 : Pengeboran : Untuk baut papan kayu / Plat besi

M4 : Pengemalan : proses pembuatan tiang-tiang bak agar siku dan presisi

M5 : Perakitan : tiang tiang bak dengan menggunakan las

M6 : Pemasangan papan kayu / plat besi dan pipa tali terpal  
Pipa stainless dengan ketebalan 1 ml. Plat besi lebih lama dalam pemasangan

M7 : Finishing : Pengecatan

M8 : Pemasangan pada Truk

Saat selesai job tersebut selesai dikerjakan, perusahaan seringkali mengalami keterlambatan. Keterlambatan penyelesaian pekerjaan yang diakibatkan di tiap harinya akan menyebabkan penumpukan keterlambatan yang semakin besar. Oleh karena itu penyelesaian pekerjaan tidak akan selesai dalam satu hari, sehingga akan dikerjakan di hari berikutnya. Karena penjadwalan yang dilakukan perusahaan selama ini masih menerapkan metode tradisional dimana produk yang terlebih dahulu diproduksi yaitu sesuai urutan *Purchase Order*. Sehingga untuk memberikan kepuasan pelanggan dengan penyelesaian pesanan yang tepat waktu. Salah satu cara yang dapat dilakukan perusahaan adalah dengan melakukan penjadwalan produksi yang sistematis. Total waktu *makespan* yang lama secara tidak langsung dapat mengakibatkan keterlambatan dalam penyelesaian produknya. Dari keterlambatan terdapat waktu menganggur atau *idle time* pada lini produksi. Berdasarkan permasalahan tersebut perlu dilakukan analisis penjadwalan produksi untuk dapat meminimumkan *makespan*.

**Tabel 1. 2** Data Keterlambatan atau *idle time*

No	Mesin	Waktu Menganggur ( <i>Idle Time</i> )
1	Mesin 1	-
2	Mesin 2	-
3	Mesin 3	471,19
4	Mesin 4	-
5	Mesin 5	-
6	Mesin 6	-
7	Mesin 7	700,63
8	Mesin 8	1504,28

Perusahaan masih belum menerapkan sistem penjadwalan produksi dan belum membuat jadwal dari masing-masing produk yang nantinya produk mana yang akan dijadwalkan terlebih dahulu, serta diurutkan dari awal sampe akhir. Hal tersebut yang menyebabkan *makespan* yang terjadi tidak sesuai dengan yang dijanjikan oleh pihak *customer*. Sehingga diperlukan penjadwalan supaya dapat meminimumkan waktu penyelesaian produksi. Berdasarkan uraian diatas, maka perlu adanya usulan penjadwalan produksi untuk meminimasi *makespan*.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka rumusan masalah untuk penelitian ini adalah :

1. Apa penyebab keterlambatan pada proses produksi yang menyebabkan terjadinya *idle time*?
2. Bagaimana usulan perbaikan untuk mengurangi tingkat keterlambatan pada proses produksi?

## 1.3 Pembatasan Masalah

Agar tujuan awal penelitian tidak menyimpang maka dilakukan pembatasan masalah, yaitu sebagai berikut:

1. Waktu penelitian dilakukan selama 1 bulan dimulai sejak tanggal 1 September 2020.
2. Data yang digunakan merupakan data hasil riset lapangan yang terdiri dari dokumentasi, observasi, dan *interview*.
3. Model penjadwalan yang digunakan adalah penjadwalan *flowshop*.
4. Penelitian hanya membahas tentang metode penjadwalan produksi.
5. Penelitian dilakukan pada CV. New Bekaje.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui penyebab keterlambatan
2. Memberikan usulan penyusunan jadwal produksi dengan metode penjadwalan untuk meminimalkan keterlambatan pada waktu penyelesaian produksi ( *makespan* ).

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :



- a. Membantu divisi PPIC untuk membuat penjadwalan produksi.
- b. Meningkatkan performansi rantai produksi sehingga mampu memenuhi target produksi.
- c. Meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam mengaplikasikan teori yang diperoleh selama kuliah sebelum memasuki dunia kerja khususnya dalam hal Penjadwalan Produksi.
- d. Sebagai masukan bagi perusahaan berupa rekomendasi perbaikan untuk penjadwalan produksi agar dapat meminimasi waktu penyelesaian produksi.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Untuk memahami lebih jelas pada laporan ini, maka dilakukan penyusunan laporan menjadi beberapa sub bab, dengan penulisan sistematika penulisan sebagai berikut :

### **Bab I Pendahuluan**

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan.

### **Bab II Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori**

Pada bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka yang digunakan, teori yang diperoleh dari tinjauan pustaka, hipotesis dan kerangka teoritis.

### **Bab III Metode Penelitian**

Pada bab ini menjelaskan tentang teknik pengumpulan data, pengujian hipotesa, metode analisis, pembahasan, penarikan kesimpulan dan diagram alir.

### **Bab IV Hasil Penelitian dan Pembahasan**

Pada bab ini menjelaskan proses pengolahan data untuk memperoleh hasil penelitian yang sesuai dengan harapan dan mendapatkan usulan dari pengolahan data tersebut.

### **Bab V Penutup**

Pada bab ini berisi kesimpulan yang berkaitan tentang hasil pembahasan dari bab sebelumnya dan saran yang berkaitan dengan tugas akhir ini

## BAB II

### TINJUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Setelah melakukan kajian dari beberapa penelitian, ada beberapa penelitian yang memiliki keterkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti.

Penelitian pertama yang berhasil peneliti temukan yaitu penelitian yang dilakukan oleh (Khrisman et al., 2017) dengan judul penelitian “Penjadwalan Produksi *FlowShop* Menggunakan Metode Algoritma *Campbell Dudek Smith* (CDS) dan Metode Algoritma *Nawaz Ensore Ham* (NEH)”. Dari penelitian ini dihasilkan Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode CDS terdapat urutan job dengan total makespan terkecil yaitu sebesar 6828,375 menit. Dengan urutan Bak C-2-4-1-5-6 yang diperoleh dari K2, K4, dan K6. Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode NEH, terdapat urutan job dengan total *makespan* terkecil yaitu sebesar 6828,375 menit, dengan urutan Bak C-2-4-1-5-6. Berdasarkan cara pengolahan datanya, metode NEH lebih unggul dari metode CDS karena lebih teliti dalam menghitung kemungkinan urutan *job* yang dijadwalkan. Dengan hasil ini penelitian yang paling baik adalah dengan menggunakan metode NEH karena urutan penjadwalan produksi dengan *makespan* terpendek adalah *Bak C* (Cheetah) - *Bak B* (Handymen) - *Bak D* (Osha) - *Bak A* (Fly Power) - *Job 5* (Dusafe) - *Job 6* (Sand) dengan *makespan* 6828,375 menit. Berdasarkan cara pengolahan datanya, metode NEH lebih unggul dari metode CDS karena lebih teliti dalam menghitung kemungkinan urutan *job* yang dijadwalkan.

Penelitian kedua yang berhasil ditemukan oleh peneliti yaitu penelitian yang dilakukan oleh (Lubis, 2017) dengan judul penelitian “Analisis Penjadwalan Produksi *FlowShop* dengan membandingkan Metode *Harmony Search* dan Algoritma *Nawaz, Ensore and Ham* (NEH) di PT. Suryamas Lestari Prima”. Dari penelitian ini dihasilkan menunjukkan makespan yang diperoleh dengan metode aktual perusahaan sebesar 1332,92 jam. Sedangkan dengan metode *Harmony Search* dan NEH diperoleh masing-masing sebesar 1270,30 jam dan 1269,66 jam. Metode *Harmony Search* menghasilkan nilai makespan dengan pengurangan

makespan sebesar 62,62 jam, dan metode *Nawaz, Enscore and Ham (NEH)* dengan pengurangan makespan sebesar 63,26 jam. Sedangkan nilai Efficiency Index (EI) yang diperoleh untuk perbandingan metode Harmony Search dan NEH adalah 1,0005 (nilai  $EI > 1$ ) dan nilai Relative Error (RE) dari hasil perhitungan adalah 0,05%. Nilai EI yang diperoleh menunjukkan bahwa NEH memiliki performansi yang lebih baik dibandingkan dengan metode Harmony Search maupun metode perusahaan First Come First Serve (FCFS).

Penelitian ketiga yang berhasil ditemukan oleh peneliti yaitu penelitian yang dilakukan oleh (Asih et al., 2022). Dengan judul “Analisi Penjadwalan Proses Packing Arumanis Dengan Menggunakan Metode Algoritma *Campbell Dudeck Smith (CDS)* dan Metode Algoritma *Nawaz Enscore Ham (NEH)* di UMKM Arumanis Haji Ardi Sleman”. Hasil penelitian perbandingan waktu penjadwalan yang diterapkan perusahaan memiliki urutan 1-2-3-4 dengan makespan 44.395.142,92 detik. Penjadwalan dengan metode Campbell Dudeck Smith memiliki urutan 4-3-2-1 dengan makespan 44.335.921,92 detik. Penjadwalan dengan metode *Nawaz Enscore and Ham* memiliki urutan 2-1-3-4 dengan makespan 44.515.921,12 detik. Metode yang paling tepat digunakan adalah metode Campbell Dudeck Smith karena memiliki makespan terkecil yaitu 44.335.921,12 detik dengan presentase perbandingan antara metode CDS dan NEH adalah 0,4%.

Penelitian keempat yang berhasil ditemukan oleh peneliti yaitu penelitian yang dilakukan oleh (Ariyanti et al., 2019). Dengan Judul “Usulan Penjadwalan Produksi Benang Menggunakan Metode NEH dan Metode Algoritma JOHNSON untuk Meminimasi Waktu Produksi di PT. Laksana Kurnia Mandiri Sejati”. Hasil penelitian dapat disimpulkan metode NEH merupakan metode yang paling efektif untuk digunakan perusahaan karena memiliki nilai lateness yang paling kecil yaitu sebesar 472,29 jam dibandingkan dengan metode perusahaan yaitu sebesar 602,72 jam maupun Algoritma Johnson yang sebesar 583,88 jam. Metode NEH dan Algoritma Johnson memiliki makespan yang sama dengan total makespan 898,97 jam. Dengan begitu selisih waktu dengan perusahaan yakni selama 61,9 jam atau selama 2 hari 20 jam kerja atau memperkecil sebesar 6,44% dari makespan

perusahaan. Selain itu, metode NEH memiliki nilai nilai lateness yang terkecil yaitu sebesar 472,29 jam dibandingkan metode lain yang memiliki nilai lateness yang lebih tinggi. Perusahaan dapat menerapkan metode NEH sebagai metode penjadwalan untuk memperkecil makespan, karena memiliki nilai lateness yang paling kecil. Urutan penjadwalan yang dapat diterapkan perusahaan berdasarkan hasil perhitungan dengan metode NEH adalah 7-3-13-11-1-4-6-9-15-12-10-2-5-14-8. Selain itu, perusahaan juga harus mempertimbangkan hal-hal yang membuat waktu siklus produk menjadi besar serta terus menjaga kondisi mesin tetap baik untuk menjaga kualitas benang.

Penelitian kelima yang berhasil ditemukan oleh peneliti yaitu penelitian yang dilakukan oleh (Nurfajri, 2019). Dengan Judul “Optimasi Penjadwalan Produksi Hinge Rib 1 dengan Metode Nawaz enscore Ham (NEH) di PT Dirgantara Indonesia”. Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penjadwalan yang ada di PT. Dirgantara Indonesia menggunakan aliran first come first serve atau FCFS yang hingga saat ini mengalami nilai keterlambatan pengiriman ke assembly center yang tinggi dengan akibat akhir berupa sanksi yang diterima perusahaan. Dengan memperhatikan elemen waktu proses yang diperlukan job, dilakukan perhitungan algoritma untuk memperpendek makespan yang diperlukan pada pembuatan sub komponen sehingga proses assembly dapat dilakukan lebih awal. Minimasi makespan yang dilakukan untuk meningkatkan kapasitas produksi. Dengan mengaplikasikan algoritma NEH melibatkan 21 job yang diproses pada 14 mesin, didapatkan penghematan makespan sebesar 14,401 jam dengan urutan pengerjaan baru 3-14- 5-4-2-15-17-18-11-6-21-10-20-7-9-16-19-8-13-12-1. Nilai makespan dari metode Nawaz Enscoe Ham juga menghasilkan penghematan biaya permesinan sebesar Rp 4,186,854. Setelah perhitungan yang dilakukan peneliti , perusahaan dapat menerapkan metode Nawaz Enscoe Ham untuk menghemat biaya serta meminimasi makespan pada kapasitas produksi.

Penelitian keenam yang berhasil ditemukan oleh peneliti yaitu penelitian yang dilakukan oleh (Nurchaya Lantika Harja, 2019). Dengan Judul “Usulan Penjadwalan Produksi dengan Menggunakan Metode Algoritma Nawaz Enscoe and Ham untuk Meminimasi Waktu Penyelesaian Produksi”. Hasil penelitian

dapat disimpulkan bahwa penjadwalan produksi pada CV. Iso Rubber menggunakan prinsip *First Come First Serve (FCFS)* yang menghasilkan urutan Bak A – Bak B – Bak C – Bak D dengan hasil makespan 826 menit. Jika menggunakan metode Algoritma *Nawaz Enscore and Ham* memiliki nilai makespan yang lebih kecil daripada prinsip *First Come First Serve (FCFS)* yaitu dengan makespan 289 menit dan menghasilkan urutan produksi Bak A – Bak C – Bak B – Bak D lebih baik diterapkan di perusahaan.



Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No .	Nama Peneliti dan Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Teknik Analisis	Hasil Penelitian	Penerbit
1.	Khrisman, Febrianti and Herlina, 2017	Penjadwalan Produksi <i>FlowShop</i> Menggunakan Metode Algoritma <i>Campbell Dudek Smith (CDS)</i> dan Metode Algoritma <i>Nawaz Enscore Ham (NEH)</i>	Metode Algoritma <i>Campbell Dudek Smith (CDS)</i> dan Metode Algoritma <i>Nawaz Enscore Ham (NEH)</i>	Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode CDS terdapat urutan job dengan total makespan terkecil yaitu sebesar 6828,375 menit. Dengan urutan Bak C-2-4-1-5-6 yang diperoleh dari K2, K4, dan K6. Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode NEH, terdapat urutan job dengan total makespan terkecil yaitu sebesar 6828,375 menit, dengan urutan Bak C-2-4-1-5-6. Dengan hasil ini penelitian yang paling baik adalah dengan menggunakan metode NEH karena urutan penjadwalan produksi dengan makespan terpendek adalah <i>Bak C (Cheetah) - Bak B (Handymen) - Bak D (Osha) - Bak A (Fly Power) - Job 5 (Dusafe) - Job 6 (Sand)</i> dengan makespan 6828,375 menit. Berdasarkan cara pengolahan datanya, metode NEH lebih unggul dari metode CDS karena lebih teliti dalam menghitung kemungkinan urutan <i>job</i> yang dijadwalkan.	JTI Untirta/Vol.4 No. 1 2016/ Khrisman

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No.	Nama Peneliti dan Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Teknik Analisis	Hasil Penelitian	Penerbit
2.	Neneng Isnaini Lubis, 2017	Analisis Penjadwalan Produksi <i>FlowShop</i> dengan membandingkan Metode <i>Harmony Search</i> dan Algoritma <i>Nawaz, Enscore and Ham (NEH)</i> di PT. Suryamas Lestari Prima.	Metode <i>Harmony Search</i> dan Algoritma <i>Nawaz Enscore Ham (NEH)</i> .	Makespan yang diperoleh dengan metode aktual perusahaan sebesar 1332,92 jam. Sedangkan dengan metode <i>Harmony Search</i> dan <i>NEH</i> diperoleh masing-masing sebesar 1270,30 jam dan 1269,66 jam. Metode <i>Harmony Search</i> menghasilkan nilai makespan dengan pengurangan makespan sebesar 62,62 jam, dan metode <i>Nawaz, Enscore and Ham (NEH)</i> dengan pengurangan makespan sebesar 63,26 jam.	Repositori USU / Vol. 2 No. 12
3.	Puji Asih, Iva Mindhayani and Tatak Prakasa, 2022	Analisi Penjadwalan Proses Packing Arumanis Dengan Menggunakan Metode Algoritma <i>Campbell Dudek Smith (CDS)</i> dan Metode Algoritma <i>Nawaz Enscore Ham (NEH)</i> di UMKM Arumanis Haji Ardi Sleman	Metode Algoritma <i>Campbell Dudek Smith (CDS)</i> dan Metode Algoritma <i>Nawaz Enscore Ham (NEH)</i>	Waktu penjadwalan yang diterapkan perusahaan memiliki urutan 1-2-3-4 dengan makespan 44.395.142,92 detik. Penjadwalan dengan metode <i>Campbell Dudeck Smith</i> memiliki urutan 4-3-2-1 dengan makespan 44.335.921,92 detik. Penjadwalan dengan metode <i>Nawas Enscore and Ham</i> memiliki urutan 2-1-3-4 dengan makespan 44.515.921,12 detik presentase perbandingan antara metode <i>CDS</i> dan <i>NEH</i> adalah 0,4%.	Jurnal Rekayasa Industri (JRI)/ Vol. 4 No. 1/ 44-51/2022

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No.	Nama Peneliti dan Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Teknik Analisis	Hasil Penelitian	Penerbit
4.	Silvi Ariyanti, Adiyanto dan Ricky Miharja , 2018	Usulan Penjadwalan Produksi Benang Menggunakan Metode NEH dan Metode Algoritma JOHNSON untuk Meminimasi Waktu Produksi di PT. Laksana Kurnia Mandiri Sejati	Metode NEH dan Metode Algoritma JOHNSON	Pada perusahaan jika menggunakan metode NEH memiliki nilai lateness yang paling kecil yaitu sebesar 472,29 jam dibandingkan dengan metode awal yang digunakan perusahaan yaitu sebesar 602,72 jam maupun Algoritma Johnson yang sebesar 583,88 jam. Metode NEH dan Algoritma Johnson memiliki makespan yang sama dengan total makespan 898,97 jam. Dengan begitu selisih waktu dengan perusahaan yakni selama 61,9 jam atau selama 2 hari 20 jam kerja atau memperkecil sebesar 6,44% dari makespan perusahaan. Selain itu, metode NEH memiliki nilai nilai lateness yang terkecil yaitu sebesar 472,29 jam dibandingkan metode lain yang memiliki nilai lateness yang lebih tinggi.	Jurnal Ilmiah Teknik Industri Untar (2018)/ Vol 6 No. 3/ 157 – 164



Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No.	Nama Peneliti dan Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Teknik Analisis	Hasil Penelitian	Penerbit
5.	Nurfajri Dienaguna, 2019	Optimasi Penjadwalan Produksi Hinge Rib 1 dengan Metode Nawaz enscore Ham (NEH) di PT Dirgantara Indonesia	Metode Nawaz Enscore Ham (NEH)	PT. Dirgantara Indonesia menggunakan aliran first come first serve atau FCFS mengalami nilai keterlambatan pengiriman ke assembly center yang tinggi dengan akibat akhir berupa sanksi yang diterima perusahaan. Dengan mengaplikasikan algoritma NEH melibatkan 21 job yang diproses pada 14 mesin, didapatkan penghematan makespan sebesar 14,401 jam dengan urutan pengerjaan baru 3-14- 5-4-2-15-17-18-11-6-21-10-20-7-9-16-19-8-13-12-1. Nilai makespan dari metode Nawaz Enscore Ham juga menghasilkan penghematan biaya permesinan sebesar Rp 4,186,854.	Program Studi D4 Desain dan Manufaktur – Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya/e-ISSN No.2654 – 8631
6.	Nurchaya Lantika Harja, 2019	Usulan Penjadwalan Produksi dengan Menggunakan Metode Algoritma Nawaz Enscore and Ham untuk Meminimasi Waktu Penyelesaian Produksi	Metode Algoritma Nawaz Enscore and Ham (NEH)	CV. Iso Rubber menggunakan prinsip <i>First Come First Serve (FCFS)</i> yang menghasilkan urutan Bak A – Bak B – Bak C – Bak D dengan hasil makespan 826 menit. Jika menggunakan metode Algoritma <i>Nawaz Enscore and Ham</i> memiliki nilai makespan yang lebih kecil daripada prinsip <i>First Come First Serve (FCFS)</i> yaitu dengan makespan 289 menit dan menghasilkan urutan produksi Bak A – Bak C – Bak B – Bak D.	Repository Unissula/ 16 Nov. 2020

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu ( Lanjutan )

No.	Nama Peneliti dan Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Teknik Analisis	Hasil Penelitian	Penerbit
7.	Vina F. Martin, 2015	Perbandingan Algoritma Campbell Dudek Smith (CDS), Nawaz Enscore and Ham dan Palmer pada Penjadwalan Flowshop	Metode Nawaz Enscore Ham (NEH), CDS dan Palmer	Iterasi pada Algoritma Nawaz Enscore and Ham, 30 dari 31 data yang digunakan lebih baik. Iterasi Algoritma CSD menunjukkan 22 data dari 31 data lebih baik. Iterasi Algoritma Palmer menunjukkan 8 dari 31 data lebih baik. Hasil persentase perbandingan 96,77 % yaitu metode Nawaz, 70,97% yaitu metode CDS, 25,8% yaitu metode Palmer. Semakin sedikit waktu menunggu mesin menunjukkan bahwa penggunaan mesin semakin optimal. Jadi, metode Algoritma Nawaz lebih optimal dari metode pembandingan lainnya.	Repository Unej/ Januari 2015

Vina F. Martin melakukan penelitian Tugas Akhir yang berjudul PERBANDINGAN ALGORITMA CAMPBELL DUDEK SMITH (CDS), NAWAZ ENSCORE HAM (NEH) DAN PALMER PADA PENJADWALAN FLOW SHOP pada tahun 2015. Kesimpulan pada penelitian tersebut yaitu penjadwalan flow shop pada 31 data simulasi tersebut menggunakan algoritma CDS, NEH, dan Palmer yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan  $n$  job dan  $m$  mesin. Setelah dilakukan penjadwalan pada 31 data simulasi, dapat diketahui makespan minimum yang diperoleh tiga algoritma tersebut. Iterasi yang terpilih pada algoritma CDS rata-rata lebih kecil daripada iterasi algoritma NEH. 30 dari 31 data simulasi yang digunakan (96,77%) Algoritma NEH lebih baik jika dibandingkan dengan algoritma CDS dan algoritma Palmer. 22 dari 31 data simulasi yang digunakan (70,97%) algoritma CDS lebih baik daripada algoritma Palmer, dan 8 dari 31 data simulasi yang digunakan (25,8%) algoritma Palmer lebih baik daripada algoritma CDS. (Gaspersz, 2001)

Waktu menunggu mesin pada ketiga algoritma didapat pada *gantt chart* yang dihasilkan oleh program yang telah dibuat. Waktu menunggu mesin pada algoritma NEH lebih sedikit daripada algoritma CDS dan Palmer. Sedangkan pada algoritma Palmer lebih banyak daripada algoritma CDS dan NEH. Semakin sedikit waktu menunggu mesin menunjukkan bahwa penggunaan mesin semakin optimal.

Hal ini yang menjadi salah satu alasan peneliti untuk menjadi acuan menggunakan Metode *Nawaz, Enscore and Ham* untuk meminimasi waktu penyelesaian produksi.

## 2.2 LANDASAN TEORI

### 2.2.1 Penjadwalan

Penjadwalan produksi merupakan proses pengambilan keputusan untuk menghasilkan output melalui proses pengelompokan, pemilihan dan penentuan waktu penggunaan sumber daya (*resource*) yang dimiliki (Nurhasanah et al., 2014). Penjadwalan produksi adalah proses untuk mengambil keputusan kapan

dan dimana pekerjaan akan dilakukan untuk menghasikan output tertentu. Keputusan yang dibuat didalam penjadwalan produksi meliputi pengurutan pengerjaan job (*sequencing*), waktu mulai dan selesai mengerjakan job (*timing*), urutan operasi untuk suatu pengerjaan job (*routing*).

Masalah yang sering terjadi dalam penjadwalan produksi adalah pengurutan pengerjaan job yang dapat didefinisikan sebagai penentuan kedatangan pekerjaan yang datang pada mesin tertentu dengan jangka waktu dan kapasitas tertentu. Elemen–elemen yang dibutuhkan dalam penjadwalan produksi antara lain jumlah part yang akan di produksi, urutan ketergantungan antara operasi satu dengan lainnya, waktu proses untuk masing–masing proses, serta fasilitas (mesin) yang dibutuhkan untuk setiap proses operasi. Sedangkan output dari penjadwalan produksi adalah *gantt chart* (urutan pemrosesan operasi dari mulai pada titik 0 sampai semua part selesai diproses). Dalam penjadwalan dapat ditentukan dengan perhitungan :

$$= \frac{\text{Total Permintaan}}{\text{Kapasitas Produksi}} \times \frac{\text{Total waktu proses}}{\text{Total waktu proses}}$$

### 1. Tujuan Penjadwalan

Penjadwalan produksi memiliki tujuan untuk mengurangi waktu keterlambatan dari batas waktu yang ditentukan untuk dapat memuaskan keinginan dari end costumer, meminimasi total waktu pengerjaan dari seluruh job, penjadwalan juga dapat bertujuan untuk meningkatkan utilitas dari mesin dan mengurangi jumlah *idle time*. Dari hasil minimasi tersebut perusahaan dapat menekan biaya yang dikeluarkan selama melakukan proses produksi.

Penjadwalan produksi yang baik akan sangat menguntungkan bagi perusahaan karena bisa menjadi acuan sebagai penghematan biaya produksi dan sebagai acuan strategi bagi perusahaan dalam memuaskan *end costumer*.

Beberapa tujuan yang ingin dicapai dengan dengan dilaksanakannya penjadwalan produksi (Saiful et al., 2014):

1. Memaksimalkan penggunaan *resource* dan meminimalkan *idle time*.

2. Mengurangi jumlah produk *work in process* yang menunggu dalam antrian pengerjaan seluruh job.
3. Pengurangan keterlembatan pengerjaan job agar tidak melebihi dari batas due date yang telah ditentukan.
4. Mengurangi jumlah waktu rata-rata untuk pengerjaan setiap job dari *ready time* sampai *completion time*.
5. Meminimasi total jumlah waktu yang diperlukan untuk dapat menyelesaikan semua job (*makespan*).

## 2. Permasalahan dalam Penjadwalan

Permasalahan yang terjadi pada penjadwalan adalah proses pengalokasian pekerjaan ke mesin, dimana mesin selalu mempunyai kapasitas dan jumlah yang terbatas. Pada umumnya permasalahan penjadwalan produksi dapat di jelaskan sebagai  $n$  job ( Bak A, Bak B, ..., job  $n$ ) yang dialokasikan pada  $n$  mesin (mesin 1, mesin 2, ..., mesin  $n$ ). Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu operasi pada Bak A di mesin 1 disebut  $t$ . Dimana setiap mesin hanya dapat memproses 1 pekerjaan pada waktu yang sama, dan secara terus menerus (*continuous*) yang dimulai dari nol.

Adapun beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya masalah pada penjadwalan produksi yaitu kerusakan mesin, kekurangan bahan, pesanan pengerjaan job yang tidak sesuai jadwal, perubahan yang terjadi pada due date. Hasil yang diinginkan dari pemecahan masalah ini adalah output yang optimal, yaitu penyelesaian semua pekerjaan dengan dengan waktu tersingkat yang dibatasi oleh kapasitas-kapasitas mesin dalam memproses setiap operasi pada setiap job.

Menurut (Nisa Masruroh, 2016) ada beberapa komponen-komponen yang menjadi permasalahan penjadwalan produksi :

### 1. Processing time

Processing time, dapat didefinisikan sebagai jumlah waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan setiap operasi dalam setiap job .

## 2. Kapasitas Mesin

Kapasitas mesin, dapat didefinisikan sebagai kemampuan maksimal mesin untuk memproses setiap operasi dalam setiap job dimana tiap mesin hanya bisa memproses 1 operasi diwaktu yang sama.

## 3. Demand

*Demand*, didefinisikan sebagai jumlah order dari konsumen yang akan dijadikan acuan untuk melakukan penjadwalan produksi

## 3. Klasifikasi Penjadwalan

Klasifikasi penjadwalan produksi menurut (Ginting, 2009), pada prinsip awalnya ada dua macam yaitu :

### a. Penjadwalan dengan alur maju (forward scheduling)

Operasi penjadwalan dimulai dari tanggal penerimaan order secara maju. Dan kemungkinan terjadi ketersediaan bahan baku sampai pada giliran di proses. Keuntungan dari metode ini penjadwalan dapat menggunakan 7 algoritma SPT (shortness processing time) sehingga dapat didapatkan penjadwalan dengan hasil yang maksimum.

### b. Penjadwalan dengan alur mundur (backward scheduling)

Suatu teknik penjadwalan dimulai dari waktu penyelesaian operasi terakhir. Manfaat dari metode ini dapat mengurangi jumlah dari barang setengah jadi (work in process).

## 4. Klasifikasi Penjadwalan

Penjadwalan produksi dapat diklasifikasikan dari perbedaan kondisi yang mendasarinya, klasifikasi penjadwalan yang sering terjadi dalam proses produksi adalah sebagai berikut ( Nurdi Eka Prasetya, 2017 ) :

### 1. Berdasarkan *Product Positioning*

a. *Make to order*, jumlah dan jenis produk yang dibuat berdasarkan permintaan dari konsumen, biasanya salah satu tujuan kebijakan ini adalah mengurangi biaya simpan.

b. *Make to stock*, jumlah dan jenis produk terus menerus dibuat untuk disimpan dalam *inventory*.

## 2. Berdasarkan pola kedatangan job

- a. Statik, pengurutan job terbatas pada pesan yang ada. Job yang baru tidak mempengaruhi pengurutan job yang sudah dibuat
- b. Dinamik, pengurutan job selalu diperbaharui jika ada job baru yang datang

## 3. Berdasarkan waktu proses

- a. Deterministik, waktu proses yang diterima sudah diketahui dengan pasti.
- b. Stokastik, waktu proses yang diterima belum pasti, oleh karena itu perlu diperkirakan dengan menggunakan distribusi probabilitas.

### 2.2.2 Penjadwalan Produksi

Produksi adalah keseluruhan proses yang dilakukan untuk menghasilkan produk atau jasa. Sistem produksi merupakan kumpulan dari sub sistem yang saling berinteraksi dengan tujuan mengubah *input* produksi menjadi *output* produksi. Penjadwalan adalah kegiatan pengalokasian sumber-sumber atau mesin-mesin yang ada untuk menjalankan sekumpulan tugas dalam jangka waktu tertentu (Baker, 1974).

Salah satu masalah yang cukup penting dalam sistem produksi adalah dalam melakukan pengaturan dan penjadwalan pekerjaan (*jobs*) agar pesanan dapat selesai sesuai dengan kontrak. Selain itu, sumber daya yang tersedia dapat dimanfaatkan secara optimal. Usaha untuk mencapai tujuan tersebut salah satunya adalah melakukan penjadwalan proses produksi yang terencana. Penjadwalan produksi yang baik dapat mengurangi waktu menganggur (*idle time*) pada unit-unit produksi dan mengoptimalkan barang yang sedang dalam proses (*work in process*).

Penjadwalan produksi bertujuan untuk memaksimalkan efisiensi operasional dan mengurangi biaya. Salah satu permasalahan yang menarik dalam penjadwalan ialah *job sequencing*. *Job sequencing* adalah suatu pengurutan pekerjaan dengan kombinasi urutan-urutan yang diukur berdasarkan performanya.

Menurut (Baker, 1974) penjadwalan didefinisikan sebagai proses pengalokasian sumber-sumber atau mesin-mesin yang ada untuk menjalankan sekumpulan tugas dalam jangka waktu tertentu. Dengan demikian masalah penjadwalan senantiasa melibatkan pengerjaan sejumlah komponen yang sering

disebut dengan istilah *job*. *Job* merupakan komposisi dari sejumlah elemen-elemen dasar yang disebut dengan aktivitas atau operasi. Beberapa tujuan yang ingin dicapai dengan dilaksanakannya penjadwalan adalah sebagai berikut (Baker, 1974) :

- a. Meningkatkan produktivitas mesin, yaitu dengan mengurangi waktu mesin menganggur.
- b. Mengurangi persediaan barang setengah jadi dengan mengurangi jumlah rata-rata pekerjaan yang menunggu antrian suatu mesin karena mesin tersebut sibuk.
- c. Mengurangi keterlambatan karena telah melampaui batas waktu dengan cara mengurangi maksimum keterlambatan dan mengurangi jumlah pekerjaan yang terlambat.
- d. Meminimasi ongkos produksi.

Pemenuhan batas waktu yang telah ditetapkan (*due date*), karena dalam kenyataan apabila terjadi keterlambatan pemenuhan *due date* dapat dikenakan suatu denda (*penalty*).

### 2.2.3 Penjadwalan Flowshop

Sistem penjadwalan dalam flowshop adalah penjadwalan dari seluruh job dengan urutan proses sama dan masing-masing job menuju ke masing-masing mesin dalam waktu tertentu. Sistem ini dapat digambarkan seperti urutan linear pada mesin-mesin seperti pada lini perakitan. Setiap job diproses sesuai dengan urutan prosesnya dan dari satu mesin ke mesin lainnya.

Penjadwalan yang memiliki urutan yang sama atas penggunaan masing-masing mesin disebut dengan permutation schedule. Dalam kriteria pengukuran diperlukan penjadwalan yang terus berjalan tanpa adanya waktu menganggur. Perhitungan penjadwalan harus dipertimbangkan ketika diperoleh solusi yang optimal dengan meningkatkan jumlah job atau mesin.

Pengambilan keputusan penjadwalan operasi harus didasarkan atas kriteria mana yang dipentingkan. Terdapat 4 kriteria dalam pengambilan keputusan penjadwalan pada perusahaan *manufacturing*, 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.

#### **2.2.4 Metode Nawaz Enscore and Ham (NEH)**

Metode *Nawaz Enscore Ham* (NEH) merupakan *incremental construction algorithms* yang telah mendapatkan penghargaan sebagai metode heuristic terbaik dalam *permutation flow shop problem* (FPSP) (Taillard, 1994), sehingga diharapkan mampu memberikan suatu bantuan berupa alat atau metode dalam menyelesaikan permasalahan di perusahaan mengenai keterlambatan pengerjaan pekerjaan yang dapat mempengaruhi biaya pengerjaan.

Metode *Nawaz Enscore and Ham* dikembangkan oleh Nawaz, Enscore, dan Ham pada Tahun 1983. “*In a general flowshop, where all the jobs must past through all the machines in the same order, certain heuristic algorithms propose that the jobs with higher total process time should be given higher priority than the jobs with less total process time*” yang artinya dalam penjadwalan flowshop secara umum, dimana semua job harus melewati semua mesin pada order yang sama (Masudin et al., 2014). Algoritma heuristic ini mengusulkan bahwa job dengan total waktu proses yang lebih besar seharusnya diberikan prioritas yang lebih besar dari pada job dengan total waktu proses yang lebih kecil. Metode ini telah mendapat penghargaan sebagai metode heuristic terbaik dalam *Permutation Flowshop Sequencing Problem*. (Viviana Christin Sitompul, 2018).

Dalam menyelesaikan penjadwalan pada sistem produksi bersifat *flowshop*, Nawaz, Enscore dan Ham (1983) mengusulkan *algoritma heuristic* yaitu *job* yang memiliki total waktu proses lebih besar dari *job* lain dengan total

waktu proses yang lebih kecil, seharusnya diberi bobot yang lebih tinggi, sehingga dapat meminimumkan *makespan* (Kuncoro, 2013)

Pengambilan keputusan penjadwalan operasi harus didasarkan atas kriteria mana yang dipentingkan. Terdapat 4 kriteria dalam pengambilan keputusan penjadwalan pada perusahaan *manufacturing*, 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.

Langkah langkah dari algoritma *Nawaz, Enscore, dan Ham* sebagai berikut:

- a. Jumlahkan waktu proses setiap job.
- b. Urutkan job-job menurut jumlah waktu prosesnya ( $w$ ) dimulai dari yang terkecil hingga yang terbesar.
- c. Ambil ( $w = 2$ ) dari  $i$  yang memiliki index pengurutan paling atas.
- d. Buat  $w$  alternatif calon urutan parsial baru dan pilih yang memiliki *makespan* parsial yang terkecil, Apabila nilai *makespan* memiliki nilai yang sama maka ke Langkah 5. Jika tidak ke Langkah 6.
- e. Dari  $w$  alternatif calon urutan parsial sebelumnya memiliki nilai *makespan* yang sama, pilih yang memiliki nilai *mean flow time* parsial yang lebih kecil. Apabila memiliki nilai *mean flow time* yang sama, Maka pilihlah calon urutan parsial baru tadi secara acak.
- f. Calon urutan parsial baru yang terpilih menjadi urutan parsial baru.
- g. Coret job-job dari item  $i$  yang diambil tadi dari daftar pengurutan job.

- h. Periksa apakah  $w = i$  (dimana  $i$  adalah jumlah job item yang ada). Jika ya, lanjutkan ke Langkah 9. Jika tidak, maka ulangi ke langkah 3 dan jumlahkan ( $w = w + I$ ).
- i. Urutan parsial baru menjadi urutan final.

Metode penjadwalan yang digunakan dalam penelitian ini adalah algoritma genetika dan algoritma Nawaz Enscore Ham (NEH) untuk menentukan solusi optimum global. Penelitian lain pada penjadwalan flexible flowshop dengan kriteria minimasi mean tardiness dilakukan oleh Supriyanto (2008) dengan mengembangkan *Nawas Enscore Ham* pada fleksibel *flowshop*. Dalam penelitian ini prioritas yang digunakan menggunakan *dispatching rules* yaitu *earliest due date* (EDD), *first come first served* (FCFS), dan *Nawaz Enscore Ham* (NEH). Penggunaan ketiga prioritas ini didasarkan aturan prioritas (*priority rule*) yang memberikan panduan mengurutkan pekerjaan yang harus dilakukan. Dari permasalahan yang terjadi dan dari tinjauan literatur yang dilakukan, artikel ini mencoba memecahkan permasalahan penjadwalan mesin flowshop dengan menggunakan metode NEH dengan tujuan untuk mengurangi makespan dan total biaya produksi sebagai konsekuensi dari penjadwalan mesin.

### 2.2.5 Algoritma

Desain dan analisis algoritma adalah suatu cabang khusus dalam ilmu komputer yang mempelajari karakteristik dan performa dari suatu algoritma dalam menyelesaikan masalah, terlepas dari implementasi algoritma tersebut. Dalam cabang disiplin ini algoritma dipelajari secara abstrak terlepas dari sistem komputer atau bahasa pemrograman yang digunakan. Algoritma yang berbeda dapat diterapkan pada suatu masalah dengan kriteria yang sama.

Kompleksitas dari suatu algoritma merupakan ukuran seberapa banyak komputasi yang dibutuhkan algoritma tersebut untuk menyelesaikan masalah. Secara informal, algoritma yang dapat menyelesaikan suatu permasalahan dalam waktu yang singkat memiliki kompleksitas yang rendah, sementara algoritma yang membutuhkan waktu lama untuk menyelesaikan masalahnya mempunyai kompleksitas yang tinggi

Kata *algoritma* berasal dari latinisasi nama seorang ahli matematika dari Uzbekistan Al Khawārizmi (hidup sekitar abad ke-9), sebagaimana tercantum pada terjemahan karyanya dalam bahasa latin dari abad ke-12 "Algorithmi de numero Indorum". Pada awalnya kata algorisma adalah istilah yang merujuk kepada aturan-aturan aritmetis untuk menyelesaikan persoalan dengan menggunakan bilangan numerik arab (sebenarnya dari India, seperti tertulis pada judul di atas). Pada abad ke-18, istilah ini berkembang menjadi algoritma, yang mencakup semua prosedur atau urutan langkah yang jelas dan diperlukan untuk menyelesaikan suatu permasalahan (Kuncoro, 2013).

### **2.2.6 Longest Processing Time (LPT)**

Metode *Longest Processing Time* merupakan metode penjadwalan yang memberikan prioritas tertinggi pada waktu penyelesaian job paling lama diselesaikan. Adapun algoritma *Longest Processing Time* (LPT) sebagai berikut sebagai berikut (Ginting, 2009) :

- a. Urutkan semua tugas menurut waktu proses terpanjang (*longest processing time*). Pekerjaan yang memiliki waktu yang terpanjang dapatkan pada urutan pertama.
- b. Urutkan masing-masing tugas sesuai dengan waktu proses terpanjang pada masing-masing mesin sesuai dengan aturan waktu proses terpanjang.

Setelah semua tugas selesai diurutkan, balikan urutan pada masing-masing mesin sesuai dengan aturan waktu proses terpanjang.

### **2.2.7 Sequencing (Penentuan Urutan)**

Penjadwalan memberikan suatu basis untuk penempatan tugas ke pusat-pusat kerja (*work center*), sedangkan *loading* adalah teknik pengendalian kapasitas yang menginformasikan tentang *overloads* atau *underloads* (Gaspersz, 2001). Apabila telah diketahui bahwa kapasitas cukup tersedia untuk melaksanakan operasi atau tugas-tugas, langkah selanjutnya adalah melakukan *sequencing*. *Sequencing* menspesifikasikan dalam susunan atau urutan bagaimana tugas-tugas atau operasi tersebut dikerjakan pada setiap *work center*. Metode *sequencing* memberikan informasi terperinci tentang aturan-aturan prioritas untuk *dispatching*

tugas-tugas ke *work center*. Dengan demikian metode *sequencing* mengacu pada aturan-aturan prioritas untuk penugasan (*priority rules for dispatching job*).

*Sequencing* merupakan masalah yang cukup penting dalam analisis produksi. Masalah yang dihadapi adalah adanya banyak *job* sedangkan ketersediaan mesin terbatas. *Job sequencing* bertujuan untuk mencapai kriteria *performance* tertentu yang optimal. Menurut (Baroto, 2002) beberapa kriteria yang sering dipakai dalam pengurutan *job* antara lain sebagai berikut :

1. *Mean Flow Time* (MFT) atau rata-rata waktu *job* berada di dalam sistem.
2. *Idle time* atau waktu menganggur dari mesin.
3. *Mean lateness* atau rata-rata keterlambatan
4. *Mean number job in the sistem* (WIP) atau rata-rata jumlah *job* dalam mesin.
5. *Make-span* atau total waktu penyelesaian seluruh *job*.

Faktor yang mempengaruhi pelayanan suatu *job* adalah :

1. Jumlah *job* yang harus dijadwalkan.
2. Jumlah mesin yang tersedia.
3. Tipe manufaktur (*flow shop* atau *job shop*)
4. Pola kedatangan *job* (statik atau dinamik)

## 2.3 Hipotesis Dan Kerangka Teoritis

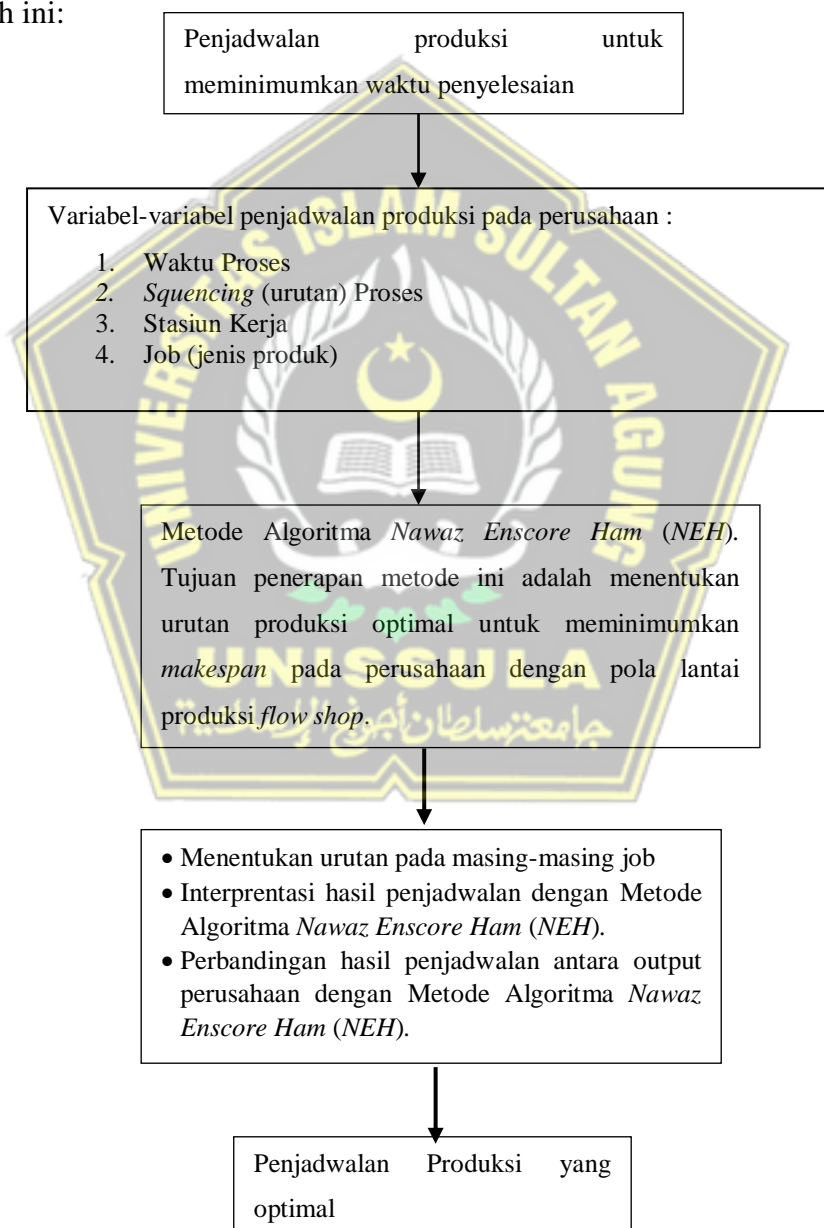
### 2.3.1 Hipotesis

Menurut (Ernanda, 2017) hipotesis merupakan jawaban sementara terhadap masalah penelitian, setelah mengemukakan landasan teori dan kajian pustaka. Hipotesis dalam penelitian ini yaitu menggunakan metode *Nawaz Enscore and Neh (NEH)* diasumsikan *job* yang memiliki total waktu proses untuk semua mesin yang lebih besar harus didahulukan dibanding *job* dengan total waktu proses yang lebih kecil. Algoritma *Nawaz Enscore Ham (NEH)* menginisialisasikan urutan *job* berdasarkan total waktu proses tiap *job*nya. Kemudian dilakukan untuk menentukan urutan terbaik dari setiap posisi *job* yang mungkin. Permasalahan yang sering terjadi yaitu produk yang mengalami keterlambatan penyelesaian produksi. Dengan Metode Algoritma *Nawaz Enscore Ham (NEH)* yang bertujuan menentukan urutan produksi yang optimal untuk meminimumkan waktu

penyelesaian produksi dengan pola rantai produksi *flowshop*. Prinsip metode Algoritma *Nawaz Enscore Ham (NEH)* adalah mencari solusi terbaik dengan cara menukar posisi *job* sehingga diperoleh berbagai kemungkinan urutan pekerjaan untuk mencapai hasil yang terbaik.

### 2.3.2 Kerangka Teoritis

Adapun kerangka teoritis dalam penelitian ini dapat dilihat pada bagan dibawah ini:



**Gambar 2.1** Kerangka Teoritis

Kerangka teoritis dari penelitian yang dilakukan untuk meminimumkan waktu penyelesaian produksi pada perusahaan dengan menggunakan metode Algoritma *Nawaz Enscore Ham (NEH)*. Tujuan penerapan metode ini adalah menentukan urutan produksi optimal untuk meminimumkan *makespan* pada perusahaan dengan pola rantai produksi *flowshop*.



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan untuk mengumpulkan data yang dibutuhkan dalam mencapai tujuan penelitian yang telah ditetapkan. Adapun sumber data yang akan diolah adalah sebagai berikut:

1. Data Umum Perusahaan

Data umum perusahaan diperoleh dengan mewawancarai langsung Manager dan General Manager perusahaan serta melihat secara langsung di tempat penelitian yaitu di CV. New Bekaje Pati.

2. Bahan penelitian dari data alur proses produksi, data waktu proses produksi, dan data keterlambatan.



**Gambar 3.1** New Bekaje

#### **3.2 Teknik Pengumpulan Data**

Teknik pengumpulan data yang dilakukan oleh peneliti sebagai berikut.

a. Wawancara

Wawancara dilakukan untuk mengetahui secara langsung data umum yang ada di CV. New Bekaje Pati.

b. Survei

#### **3.3 Pengujian Hipotesa**

Menerima atau menolak suatu hipotesa tergantung pada pengujian hipotesa. Pengujian hipotesa dilakukan agar peneliti mengetahui apakah diterima atau ditolak hipotesa tersebut. Penelitian tentang penjadwalan produksi dengan



menggunakan metode Algoritma *Nawaz Enscore Ham* (*NEH*) dimana mengasumsikan *job* yang memiliki total waktu proses untuk semua mesin yang lebih besar harus didahulukan dibanding *job* dengan total waktu proses yang lebih kecil. Algoritma *Nawaz Enscore Ham* (*NEH*) menginisialisasikan urutan *job* berdasarkan total waktu proses tiap *job*nya.

Metode Algoritma *Nawaz Enscore Ham* (*NEH*) yang bertujuan menentukan urutan produksi yang optimal untuk meminimumkan waktu penyelesaian produksi dengan pola rantai produksi *flowshop*. Prinsip metode Algoritma *Nawaz Enscore Ham* (*NEH*) adalah mencari solusi terbaik dengan cara menukar posisi *job* sehingga diperoleh berbagai kemungkinan urutan pekerjaan untuk mencapai hasil yang terbaik. Sehingga dengan Metode Algoritma *Nawaz Enscore Ham* (*NEH*) mampu meminimasi waktu penyelesaian produksi (*makespan*).

### **3.4 Metode Algoritma Nawaz Enscore and Ham**

Algoritma *Nawaz Enscore Ham* (*NEH*) dalam menentukan prioritas pengerjaan *job* yaitu berdasarkan pendakatan SPT (*Short Processing Time*). Metode Algoritma *Nawaz Enscore Ham* (*NEH*) yang bertujuan menentukan urutan produksi yang optimal untuk meminimumkan waktu penyelesaian produksi dengan pola rantai produksi *flowshop*. Prinsip metode Algoritma *Nawaz Enscore Ham* (*NEH*) adalah mencari solusi terbaik dengan cara menukar posisi *job* sehingga diperoleh berbagai kemungkinan urutan pekerjaan untuk mencapai hasil yang terbaik. Sehingga dengan Metode Algoritma *Nawaz Enscore Ham* (*NEH*) mampu meminimasi waktu penyelesaian produksi (*makespan*).

### **3.5 Pembahasan**

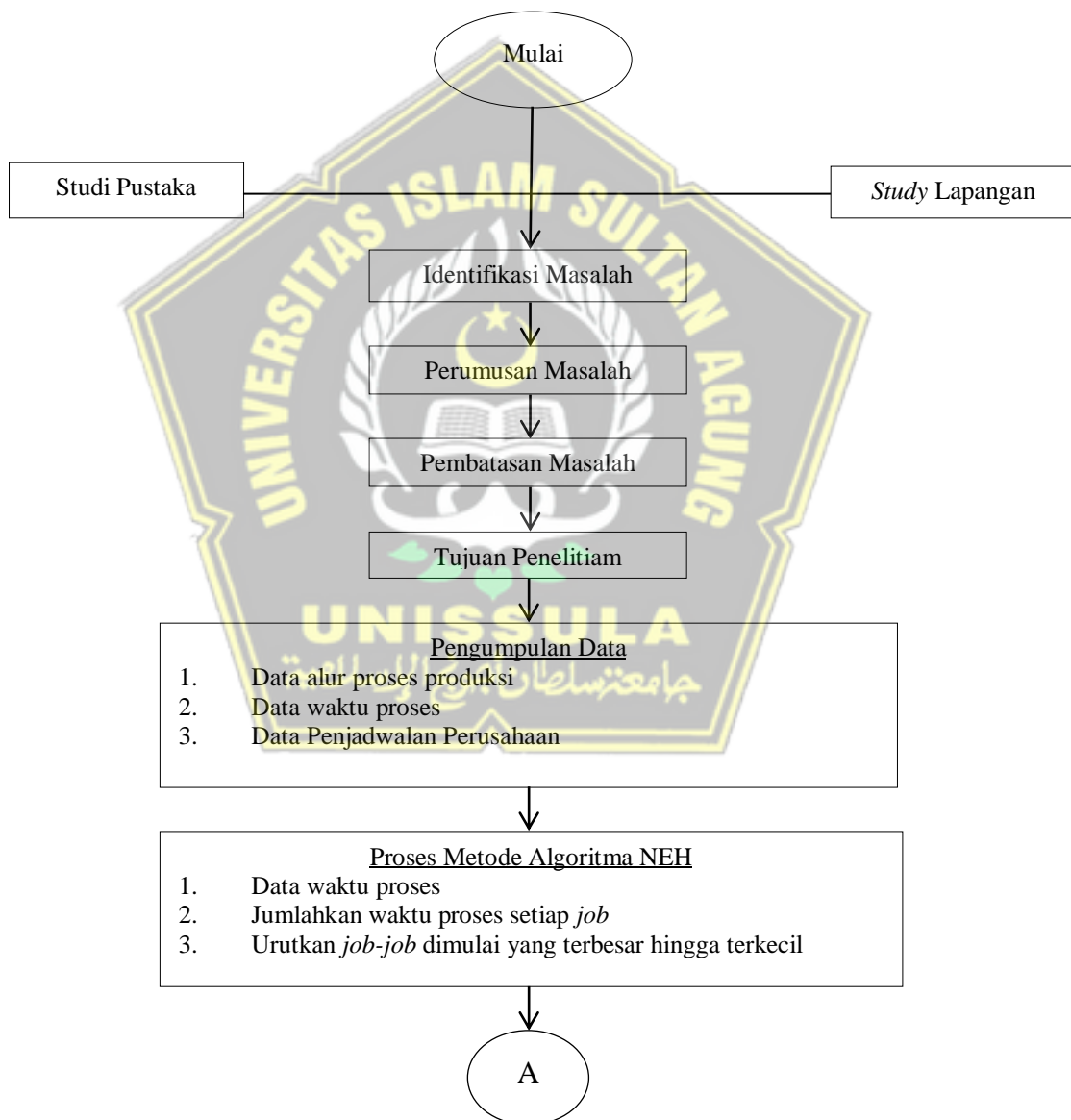
Pembahasan meliputi Metode Algoritma *Nawaz Enscore Ham* (*NEH*). Tujuan penerapan metode ini adalah menentukan urutan produksi optimal untuk meminimumkan *makespan* pada perusahaan dengan pola rantai produksi *flow shop*.

### 3.6 Penarikan Kesimpulan

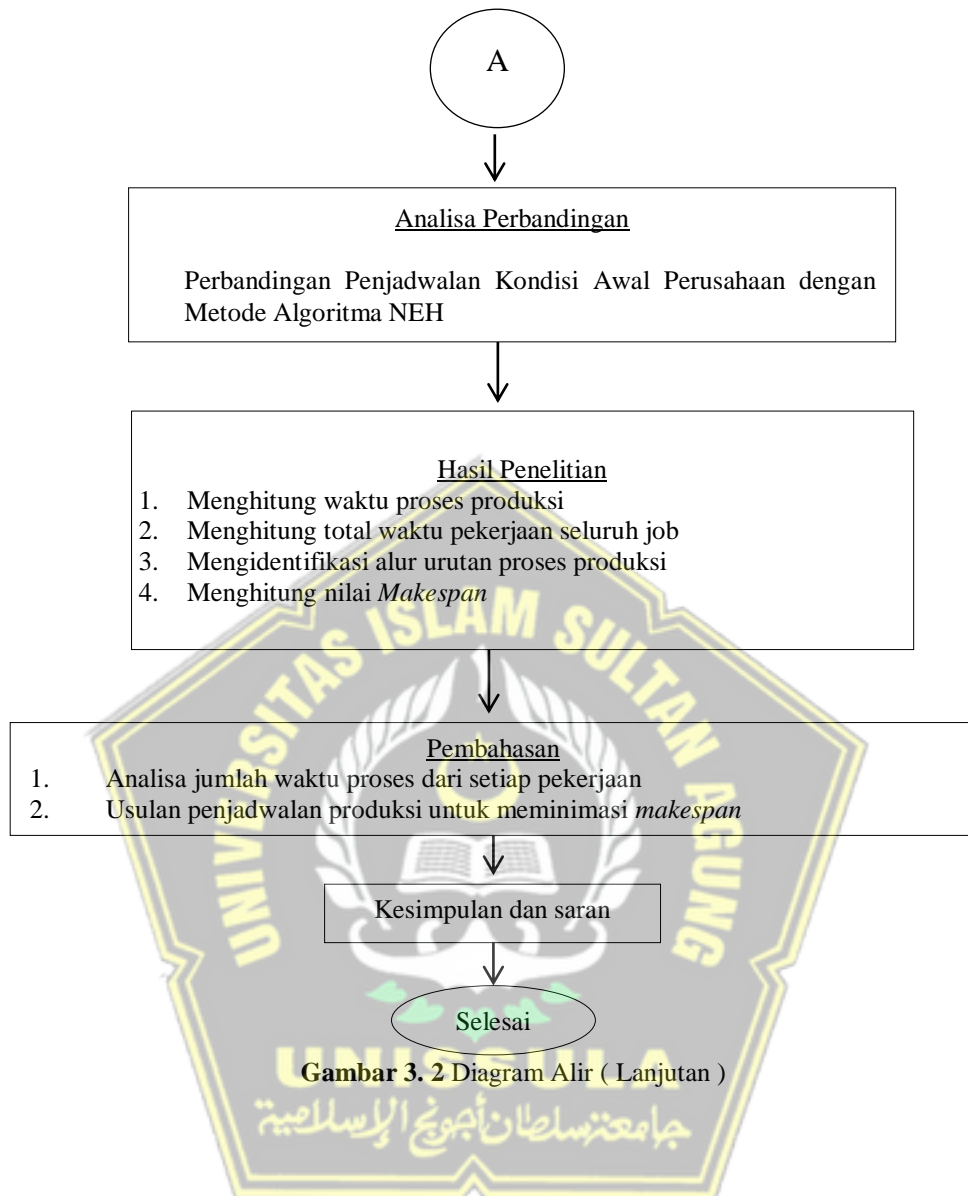
Kesimpulan ini merupakan rangkuman dari hasil pengolahan data dan analisa. Rangkuman ini juga mencakup saran – saran dari masukan pihak lain untuk dikembangkan oleh peneliti agar dapat diperoleh hasil yang optimal.

### 3.7 Diagram Alir

Berikut merupakan *flowcart* metode penelitian.



**Gambar 3. 2** Diagram Alir



Gambar 3. 2 Diagram Alir ( Lanjutan )

## BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengumpulan Data

Berikut ini merupakan pengumpulan data yang telah diperoleh.

#### 4.1.1 Gambaran Umum Produk dan Proses Produksi

CV. New Bekaje adalah salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang karoseri seperti pembuatan bak truk. Penelitian ini difokuskan pada departemen produksi New Bekaje yang memproduksi produknya berdasarkan permintaan konsumen (*make to order*) antara lain:

1. Bak papan kayu *truck double* dengan ukuran P x L x T : 560 x 200 x 220.
2. Bak plat besi *truck double* dengan ukuran P x L x T : 560 x 200 x 220.
3. Bak papan kayu *truck* engkel dengan ukuran P x L x T : 310 x 170 x 160.
4. Bak plat besi *truck* engkel P x L x T : 310 x 170 x 160.

#### 4.1.2 Lini Produksi yang Digunakan

Berikut ini merupakan peralatan dan mesin yang digunakan dalam proses produksi 4 jenis produk bak truck yaitu sebagai berikut :

**Tabel 4. 1** Peralatan yang digunakan

No	Simbol	Nama Proses	Alat dan mesin yang digunakan	Fungsi
1.	M1	Pengukuran Rangka , Kayu / Plat Besi , Sabuk	Meteran	Untuk menentukan ukuran rangka pembuatan bak truk kayu atau plat besi
2.	M2	Pemotongan Besi <i>Cutting Torch</i>	Blender (gas) dan gerindra	Untuk memotong Besi <i>Cutting Torch</i>
3.	M3	Pengeboran	Mesin Bor	Untuk baut papan kayu / Plat besi
4.	M4	Pengemalan	Manual	Proses pembuatan tiang-tiang bak agar siku dan presisi
5.	M5	Perakitan	Mesin Las	Untuk menyatukan tiang tiang bak
6.	M6	Finishing 1	Manual	Pemasangan papan kayu / plat besi dan pipa tali terpal
7.	M7	Finishing 2	Kuas Cat, Spray Gun, Amplas	Pengecatan
8.	M8	Packing	Manual	Pemasangan pada Truk

#### 4.1.3 Jam Kerja Karyawan

Jam kerja pada New Bekaje adalah 7 jam setiap harinya . Waktu kerja pada New Bekaje yaitu Senin – Jumat (hari Sabtu – Minggu libur). Diasumsikan dalam perbulan ada 23 hari kerja. Sehingga ketersediaan waktu produksi perbulan adalah 161 jam (23 hari x 7 jam).

**Tabel 4. 2** Jam Kerja Karyawan di New Bekaje

HariKerja	Jam Masuk	Istirahat	Jam Keluar
Senin s/d Jumat	07.00	12.00-13.00	15.00

**Tabel 4. 3** Jumlah Karyawan tiap mesin di New Bekaje

Jumlah Karyawan Tiap Mesin	Jumlah
Meteran (Manual)	1 orang
Blender (gas) dan gerindra	3 orang
Mesin Bor	2 orang
Manual (Pengemalan)	2 orang
Mesin Las	4 orang
Manual ( <i>Finishing</i> 1)	4 orang
Kuas Cat, Spray Gun, Amplas	2 orang
Manual ( <i>Packing</i> )	4 orang

#### 4.1.4 Data Mesin Dan Stasiun Kerja

Mesin dan stasiun kerja yang terdapat pada New Bekaje adalah sebagai berikut :

1. Stasiun Kerja Pengukuran  
Stasiun kerja pengukuran adalah stasiun kerja yang berfungsi untuk menentukan ukuran rangka pembuatan bak truk kayu atau plat besi masih dilakukan secara manual dengan meteran.
2. Stasiun Kerja Pemotongan  
Stasiun kerja pemotongn adalah stasiun kerja dimana berlangsung proses yang berfungsi untuk memotong Besi *Cutting Torch* dengan menggunakan Blender (gas) dan gerindra.
3. Stasiun Kerja Pengeboran  
Stasiun kerja pengeboran adalah stasiun kerja dimana berlangsung proses untuk lubang baut papan kayu / Plat besi dengan mesin bor.

4. Stasiun Kerja Pengemalan

Stasiun kerja Pengemalan adalah stasiun kerja dimana berlangsungnya proses pembuatan tiang-tiang bak agar siku dan presisi.

5. Stasiun Kerja Perakitan

Stasiun kerja perakitan adalah stasiun kerja dimana berlangsung proses yang berfungsi untuk menyatukan tiang tiang bak dengan di las.

6. Stasiun Kerja *Finishing* 1

Stasiun kerja *finishing* 1 dimana berlangsung proses pemasangan papan kayu atau plat besi dan pipa tali terpal.

7. Stasiun Kerja *finishing* 2

Stasiun kerja *finishing* 2 yaitu proses pengecatan.

8. Stasiun Kerja *Packing*

Stasiun kerja *packing* dimana berlangsung proses pemasangan pada Truk.

#### 4.1.5 Data Proses Produksi

Dalam melakukan proses produksi dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

##### 1. Proses Pembuatan

Dalam proses produksi pembuatan bak truck , terbagi menjadi beberapa tahapan yaitu sebagai berikut :

Tabel 4. 4 Proses Produksi

No	Simbol	Nama Proses	Fungsi
1.	M1	Pengukuran Rangka , Kayu / Plat Besi , Sabuk	Untuk menentukan ukuran rangka pembuatan bak truk kayu atau plat besi
2.	M2	Pemotongan Besi <i>Cutting Torch</i>	Untuk memotong Besi <i>Cutting Torch</i>
3.	M3	Pengeboran	Untuk baut papan kayu / Plat besi
4.	M4	Pengemalan	Proses pembuatan tiang-tiang bak agar siku dan presisi
5.	M5	Perakitan	Untuk menyatukan tiang tiang bak
6.	M6	Finishing 1	Pemasangan papan kayu / plat besi dan pipa tali terpal
7.	M7	Finishing 2	Pengecatan
8.	M8	Packing	Pemasangan pada Truk

#### 4.1.6 Data Waktu Proses Produksi

Berdasarkan penelitian yang difokuskan pada departemen produksi dalam pembuatan bak truk . Proses produksi bak truk terbagi dalam delapan stasiun kerja, dengan mengambil waktu proses pada setiap stasiun kerja. Berikut merupakan data waktu proses produksi pada setiap proses.

**Tabel 4. 5** Waktu proses produksi pada setiap mesin (dalam satuan menit)

	M1 (menit)	M2 (menit)	M3 (menit)	M4 (menit)	M5 (menit)	M6 (menit)	M7 (menit)	M8 (menit)	Waktu Selesai Menit
Bak A	88,45	247,49	64,56	316,41	533,07	401,49	269,44	20,37	1941,28
Bak B	86,26	231,33	62,12	306,55	521,22	639,2	260,49	22,41	2129,58
Bak C	79,27	219,13	52,53	267,39	487,39	321,52	243,12	19,58	1689,93
Bak D	76,51	204,09	50,29	257,46	476,37	514,39	238,27	21,43	1838,81

Keterangan :

Bak A : Bak Truk Berlapis Kayu. P\*L\*T : 560\*200\*220

Bak B : Bak Truk Berlapis Plat 3 ml. P\*L\*T : 560\*200\*220

Bak C : Bak Truk Berlapis Kayu. P\*L\*T : 310\*170\*160

Bak D : Bak Truk Berlapis Plat 3 ml. P\*L\*T : 310\*170\*160

#### 4.1.7 Perhitungan Penjadwalan Awal Perusahaan

Berdasarkan data aktual perusahaan, permintaan pada bulan September 2020 untuk Bak A yaitu sebesar 15 bak. Maksud dari job yaitu tipe produk yang dihasilkan melalui penggunaan beberapa mesin produksi dan dipenuhi berdasarkan permintaan konsumen. Sedangkan dalam 1 bulan ada 30 hari dan hari libur sebanyak 7 kali dalam 1 bulan, maka didapatkan jumlah hari kerja selama 1 bulan yaitu ada 23 hari. Sehingga target yang harus dicapai oleh perusahaan dalam waktu perharinya yaitu 0,60 pcs.

Permintaan pada Bak B yaitu sebesar 17 pcs, sehingga target yang harus dicapai oleh perusahaan dalam waktu perharinya yaitu 0,70 pcs.

Permintaan pada Bak C yaitu sebesar 11 pcs, sehingga target yang harus dicapai oleh perusahaan dalam waktu perharinya yaitu 0,41 pcs.

Permintaan pada Bak D yaitu sebesar 20 pcs, sehingga target yang harus dicapai oleh perusahaan dalam waktu perharinya yaitu 0,89 pcs.

**Tabel 4. 6** *Purchase Order* dalam 1 Bulan (dalam satuan pcs)

Job	Quantity (pcs)	Target Perhari (Pcs)	Jumlah hari kerja dalam 1 bulan
1	15	0,60	23
2	17	0,70	23
3	11	0,41	23
4	20	0,89	23
Total	63	2,60	23

Sumber : Data Perusahaan

Pada saat kondisi sekarang ini, kapasitas produksi perusahaan untuk mengerjakan seluruh job perharinya yaitu 2,60 pcs. Sedangkan jumlah hari kerja dalam 1 bulannya yaitu 23 hari. Sehingga kemampuan produksi perusahaan dalam waktu 1 bulannya adalah sebesar 59 pcs bak. Sementara itu, total permintaan untuk seluruh job adalah 63 pcs bak. Oleh karena itu, perusahaan belum bisa mencapai target produksi yang diharapkan karena masih mengalami kekurangan 4 pcs bak. Berdasarkan pada penjadwalan awal perusahaan, waktu total proses untuk penyelesaian seluruh job adalah 420 menit. Sedangkan order yang diperoleh perusahaan pada bulan september sebesar 63 pcs. seluruh job akan mampu diselesaikan dalam waktu

$$= \frac{\text{Total Permintaan}}{\text{Kapasitas Produksi}} \times \frac{\text{Total waktu proses}}{\text{Total waktu proses}} = \frac{63}{2,60} \times \frac{3509,05}{420} = 202,44 \text{ menit}$$

Sehingga seluruh job akan selesai dalam 202,44 hari.

Berikut tabel job / pekerjaan dan waktu proses di setiap stasiun kerja adalah sebagai berikut :

**Tabel 4. 7** Waktu proses setiap job pada setiap mesin (dalam satuan menit)

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Waktu Selesai
Bak A	88,45	247,49	64,56	316,41	533,07	401,49	269,44	20,37	1941,28
Bak B	86,26	231,33	62,12	306,55	521,22	639,2	260,49	22,41	2129,58
Bak C	79,27	219,13	52,53	267,39	487,39	321,52	243,12	19,58	1689,93
Bak D	76,51	204,09	50,29	257,46	476,37	514,39	238,27	21,43	1838,81



Berdasarkan hasil pengamatan dan wawancara yang telah dilakukan, perusahaan menggunakan strategi *make to order* dimana diproduksi sesuai dengan pesanan dari konsumen dan perusahaan saat ini menggunakan model penjadwalan FCFS (*First Come First Serve*) dimana *order* yang tiba lebih awal akan dikerjakan terlebih dahulu. *Order* yang berada di antrian belakang harus menunggu sampai semua *order* yang berada didepannya selesai dikerjakan. Urutan penjadwalan produksi yang terjadi di perusahaan pada bulan September 2020 yaitu Bak A – Bak B – Bak C – Bak D, urutan produksi ini menghasilkan makespan sebesar 660 menit.

Dari penjadwalan produksi awal perusahaan maka dapat dibuat *Gantt Chart* untuk menunjukkan waktu yang digunakan untuk menyelesaikan suatu tugas atau pekerjaan tersebut dan juga dapat melihat urutan kegiatan berdasarkan waktu yang telah ditentukan.

Berikut merupakan *Gantt Chart* Awal Perusahaan :



180	360	750	850	700	1200	1500	1700	2000	2300	2500	2700	3000	3300	3509,05	Menit
-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	---------	-------

Gambar 4. 1 Gantt chart awal perusahaan

Keterangan :

Bak Jenis A : Bak Truk Berlapis Kayu. P x L x T : 560 x 200 x 220.

Bak Jenis B : Bak Truk Berlapis Plat 3 mm. P x L x T : 560 x 200 x 220.

Bak Jenis C : Bak Truk Berlapis Kayu. P x L x T : 310 x 170 x 160.

Bak Jenis D : Bak Truk Berlapis Plat 3 mm. P x L x T : 310 x 170 x 160.

M 1 : Stasiun Kerja Pengukuran

M 2 : Stasiun Kerja Pematangan

M 3 : Stasiun Kerja Pengeboran

M 4 : Stasiun Kerja Pengemalan

M 5 : Stasiun Kerja Perakitan

M 6 : Stasiun Kerja *Finishing* 1

M 7 : Stasiun Kerja *finishing* 2

M 8 : Stasiun Kerja *Packing*

Dari *Gantt Chart* penjadwalan awal perusahaan, dapat dilihat waktu menganggur (*idle time*) terjadi

Pada mesin 3 terjadi waktu menganggur 170,45 menit + 160,40 menit + 140,34 menit = 471,19 menit.

Pada mesin 7 terjadi waktu menganggur 370,45 menit + 60,12 menit + 270,06 menit = 700,63 menit.

Pada mesin 8 terjadi waktu menganggur 610,05 menit + 280,56 menit + 613,67 menit = 1504,28 menit.

**Tabel 4. 8** Waktu Menganggur Mesin Awal (dalam satuan menit)

No	Mesin	Waktu Menganggur ( <i>Idle Time</i> )
1	Mesin 1	-
2	Mesin 2	-
3	Mesin 3	471,19 menit
4	Mesin 4	-
5	Mesin 5	-
6	Mesin 6	-
7	Mesin 7	700,63 menit
8	Mesin 8	1504,28 menit

Oleh karena itu, waktu penyelesaian Bak A yaitu 1941,28 menit , waktu penyelesaian Bak B yaitu 2129,58 menit, waktu penyelesaian Bak C yaitu 1689,93 menit dan waktu penyelesaian Bak D yaitu 1838,81 menit, sehingga *makespan* perusahaan pada kondisi awal sebesar 3509,05 menit.

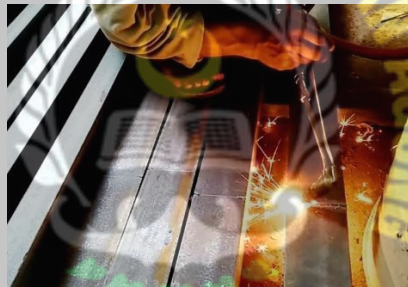
#### 4.1.8 Proses Produksi

Proses pengerjaan truk pada Bak A – Bak B – Bak C – Bak D

1. Bak A Bak Truk Berlapisi Kayu dengan ukuran P\*L\*T : 560\*200\*220



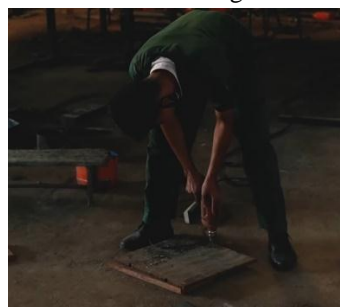
Gambar 4. 2 Pengukuran



Gambar 4. 3 Pematangan Besi *Cutting Torch*



Gambar 4. 4 Pengeboran



Gambar 4. 5 Pengeboran 2



**Gambar 4. 6** Pengemalan



**Gambar 4. 7** Pengemalan 2



**Gambar 4. 8** Perakitan



**Gambar 4. 9** Perakitan 2



**Gambar 4. 10** Plat Besi



**Gambar 4. 11** Pemasangan Papan Kayu / Plat



**Gambar 4. 12** Pengecatan



**Gambar 4. 13** Pemasangan Papan Kayu



**Gambar 4. 14** Bak Papan Kayu Truk *double*



**Gambar 4. 15** Bak Plat Besi Truk Engkel

## 4.2 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan metode *Algoritma Nawaz Ensore and Ham (NEH)*.

### 4.2.1 Penjadwalan Produksi dengan Metode *Algoritma Nawaz Ensore and Ham (NEH)*

Langkah – langkah penjadwalan menggunakan Metode *Algoritma Nawaz Ensore and Ham* adalah sebagai :

#### 1. Langkah 1

- a. Jumlahkan waktu proses setiap job. Total waktu proses setiap job dapat dilihat pada tabel 4.9.

**Tabel 4. 9** Total Waktu Proses Setiap Job (dalam satuan menit)

Produk	Waktu Proses Di Setiap Mesin (menit)								Total Waktu (menit)
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
Bak A	88,45	247,49	64,56	316,41	533,07	401,49	269,44	20,37	1941,28
Bak B	86,26	231,33	62,12	306,55	521,22	639,2	260,49	22,41	2129,58
Bak C	79,27	219,13	52,53	267,39	487,39	321,52	243,12	19,58	1689,93
Bak D	76,51	204,09	50,29	257,46	476,37	514,39	238,27	21,43	1838,81

- b. Urutkan job – job menurut jumlah waktu prosesnya ( $w$ ) dimulai dari yang terbesar hingga terkecil. Urutan job dimulai dari yang terbesar hingga terkecil dapat dilihat pada tabel 4.10.

**Tabel 4. 10** Urutan Job Mulai dari Waktu Proses Terbesar hingga Terkecil

Produk	Waktu Proses Di Setiap Mesin (menit)								Total Waktu (menit)
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
Bak B	86,26	231,33	62,12	306,55	521,22	639,2	260,49	22,41	2129,58
Bak A	88,45	247,49	64,56	316,41	533,07	401,49	269,44	20,37	1941,28
Bak D	76,51	204,09	50,29	257,46	476,37	514,39	238,27	21,43	1838,81
Bak C	79,27	219,13	52,53	267,39	487,39	321,52	243,12	19,58	1689,93

## 2. Langkah 2

Melakukan beberapa proses iterasi melalui pengurutan job.

### 1. Iterasi ke-1

- a. Ambil job yang menempati urutan pertama dan kedua pada Tabel 4.11 urutan job. Untuk waktu proses ( $w = 2$ ), maka urutan job yang diambil adalah Bak B dan Bak A pada table 4.11.

Tabel 4. 11 Iterasi 1

Mesin	Total Waktu Proses (menit)	
	Bak B	Bak A
M1	86,26	88,45
M2	231,33	247,49
M3	62,12	64,56
M4	306,55	316,41
M5	521,22	533,07
M6	639,2	401,49
M7	260,49	269,44
M8	22,41	20,37

b. Buat waktu proses ( $w$ ) alternatif calon urutan parsial baru dan pilih yang memiliki makespan parsial yang terkecil. Sehingga urutan parsial berdasarkan  $w = 2$  diperoleh beberapa kemungkinan, yaitu

- Bak B – Bak A
- Bak A – Bak B

Dari kedua alternatif tersebut akan dipilih makespan terkecil. Makespan kedua alternatif tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.12

Tabel 4. 12 Makespan Urutan Parsial Alternatif 1 ( Bak B – Bak A)

Work Center	Bak B (menit)			Bak A (menit)		
	Durasi	Start	End	Durasi	Start	End
M1	86,26	0	86,26	88,45	86,26	174,71
M2	231,33	86,26	317,59	247,49	317,59	565,08
M3	62,12	317,59	379,71	64,56	565,08	629,64
M4	306,55	379,71	686,26	316,41	686,26	1002,67
M5	521,22	686,26	1207,48	533,07	1207,48	1740,55
M6	639,2	1207,48	1846,68	401,49	1846,68	2248,17
M7	260,49	1846,68	2107,17	269,44	2248,17	2517,61
M8	22,41	2107,17	2129,58	20,37	2517,61	2537,98

Pada alternatif 1 ini, diambil 2 job yang memiliki nilai total waktu terbesar yang menempati urutan pertama dan kedua yaitu Bak B dan Bak A. Pada Bak B ini, di *work center* pengukuran, durasi proses yang diperlukan sebesar 86,26 menit, dengan waktu *start* 0, maka waktu *end* pada menit ke 86,26. Lalu



dilanjutkan pada Bak A memasuki *work center* pengukuran dengan durasi 88,45 menit, dengan waktu *start* pada menit ke 86,26, maka waktu *end* pada menit ke 174,71.

**Tabel 4. 13** Makespan Urutan Parsial Alternatif 2 ( Bak A – Bak B)

<i>Work Center</i>	Bak A (menit)			Bak B (menit)		
	Durasi	<i>Start</i>	<i>End</i>	Durasi	<i>Start</i>	<i>End</i>
M1	88,45	0	88,45	86,26	88,45	174,71
M2	247,49	88,45	335,94	231,33	335,94	567,27
M3	64,56	335,94	400,5	62,12	567,27	629,39
M4	316,41	400,5	716,91	306,55	716,91	1023,46
M5	533,07	716,91	1249,98	521,22	1249,98	1771,2
M6	401,49	1249,98	1651,47	639,2	1771,2	2410,4
M7	269,44	1651,47	1920,91	260,49	2410,4	2670,89
M8	20,37	1920,91	1941,28	22,41	2670,89	2693,3

Pada alternatif 2 ini, diambil 2 job secara acak yaitu Bak A dan Bak B. Pada Bak A ini, di *work center* pengukuran, durasi proses yang diperlukan sebesar 88,45 menit, dengan waktu *start* 0, maka waktu *end* pada menit ke 88,45. Lalu dilanjutkan pada Bak B memasuki *work center* pengukuran dengan durasi 86,26 menit, dengan waktu *start* pada menit ke 88,45, maka waktu *end* pada menit ke 174,71.

Makespan Alternatif 1 ( Bak B – Bak A) : 2537,98 menit

Makespan Alternatif 2 ( Bak A – Bak B) : 2693,30 menit

Berdasarkan kedua alternatif tersebut, dimana Alternatif 1 ( Bak B – Bak A) dengan makespan sebesar 2537,98 menit dan Alternatif 2 ( Bak A – Bak B) dengan makespan sebesar 2693,30 menit. Maka yang terpilih adalah alternatif 1, karena alternatif 1 memiliki nilai makespan yang lebih kecil daripada alternatif 2. Sehingga urutan parsial yang dipakai adalah Bak B – Bak A.

## 2. Iterasi ke-2

- a. Ambil job yang menempati urutan pertama, kedua dan ketiga pada Tabel 4.14 urutan job. Untuk waktu proses, ambil  $w = w + 1 = 2 + 1 = 3$ .
- b. Untuk  $w = 3$ , Bak D dimasukkan kedalam pengurutan job sehingga ada 3 job yang akan diurutkan yaitu mulai Bak B – Bak A – Bak D pada table 4.14.

**Tabel 4. 14** Iterasi 2

Mesin	Total Waktu Proses (menit)		
	Bak B	Bak A	Bak D
M1	86,26	88,45	76,51
M2	231,33	247,49	204,09
M3	62,12	64,56	50,29
M4	306,55	316,41	257,46
M5	521,22	533,07	476,37
M6	639,2	401,49	514,39
M7	260,49	269,44	238,27
M8	22,41	20,37	21,43

c. Buat waktu proses ( $w$ ) alternatif calon urutan parsial baru dan pilih yang memiliki makespan parsial yang terkecil. Sehingga urutan parsial berdasarkan  $w = 3$  diperoleh beberapa kemungkinan, yaitu

- Bak B – Bak A – Bak D
- Bak B – Bak D – Bak A
- Bak D – Bak B – Bak A

d. Makespan ketiga alternatif tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.15.

**Tabel 4. 15** Makespan Urutan Parsial Alternatif 1 ( Bak B – Bak A – Bak D)

Work Center	Bak B (menit)			Bak A (menit)			Bak D (menit)		
	Durasi	Start	End	Durasi	Start	End	Durasi	Start	End
Pengukuran	86,26	0	86,26	88,45	86,26	174,71	76,51	174,71	251,22
Pemotongan	231,33	86,26	317,59	247,49	317,59	565,08	204,09	565,08	769,17
Pengeboran	62,12	317,59	379,71	64,56	565,08	629,64	50,29	769,17	819,46
Pengemalan	306,55	379,71	686,26	316,41	686,26	1002,67	257,46	1002,67	1260,13
Perakitan	521,22	686,26	1207,48	533,07	1207,48	1740,55	476,37	1740,55	2216,92
Finishing 1	639,2	1207,48	1846,68	401,49	1846,68	2248,17	514,39	2248,17	2762,56
Finishing 2	260,49	1846,68	2107,17	269,44	2248,17	2517,61	238,27	2762,56	3000,83
Packing	22,41	2107,17	2129,58	20,37	2517,61	2537,98	21,43	3000,83	3022,26

Pada alternatif 1 ini diambil 3 job yaitu dari 2 job yang terpilih dari iterasi 1, kemudian Bak D dimasukkan kedalam pengurutan job sehingga ada 3 job yang akan diurutkan yaitu Bak B – Bak A – Bak D. Pada Bak B ini, di *work center* pengukuran, durasi proses yang diperlukan sebesar 86,26 menit, dengan waktu *start* 0, maka waktu *end* pada menit ke 86,26. Lalu dilanjutkan pada Bak A

memasuki *work center* pengukuran dengan durasi 88,45 menit, dengan waktu *start* pada menit ke 86,26, maka waktu *end* pada menit ke 174,71. Lalu dilanjutkan pada Bak D memasuki *work center* pengukuran dengan durasi 76,51 menit, dengan waktu *start* pada menit ke 174,71, maka waktu *end* pada menit ke 251,22.

**Tabel 4. 16** Makespan Urutan Parsial Alternatif 2 ( Bak B – Bak D – Bak A)

<i>Work Center</i>	Bak B (menit)			Bak D (menit)			Bak A (menit)		
	Durasi	Start	End	Durasi	Start	End	Durasi	Start	End
Pengukuran	86,26	0	86,26	76,51	86,26	162,77	88,45	162,77	251,22
Pemotongan	231,33	86,26	317,59	204,09	317,59	521,68	247,49	521,68	769,17
Pengeboran	62,12	317,59	379,71	50,29	521,68	571,97	64,56	769,17	833,73
Pengemalan	306,55	379,71	686,26	257,46	686,26	943,72	316,41	943,72	1260,13
Perakitan	521,22	686,26	1207,48	476,37	1207,48	1683,85	533,07	1683,85	2216,92
Finishing 1	639,2	1207,48	1846,68	514,39	1846,68	2361,07	401,49	2361,07	2762,56
Finishing 2	260,49	1846,68	2107,17	238,27	2361,07	2599,34	269,44	2762,56	3032
Packing	22,41	2107,17	2129,58	21,43	2599,34	2620,77	20,37	3032	3052,37

Pada alternatif 1 ini diambil 3 job yaitu dari 2 job yang terpilih dari iterasi 4, kemudian Bak A dimasukkan kedalam pengurutan job sehingga ada 3 job yang akan diurutkan yaitu Bak B – Bak D – Bak A. Pada Bak B ini, di *work center* pengukuran, durasi proses yang diperlukan sebesar 86,26 menit, dengan waktu *start* 0, maka waktu *end* pada menit ke 86,26. Lalu dilanjutkan pada Bak D memasuki *work center* pengukuran dengan durasi 76,51 menit, dengan waktu *start* pada menit ke 86,26, maka waktu *end* pada menit ke 162,77. Lalu dilanjutkan pada Bak A memasuki *work center* pengukuran dengan durasi 88,45 menit, dengan waktu *start* pada menit ke 162,77, maka waktu *end* pada menit ke 251,22 pada table 4.17.

**Tabel 4. 17** Makespan Urutan Parsial Alternatif 3 ( Bak D – Bak B – Bak A)

<i>Work Center</i>	<b>Bak D (menit)</b>			<b>Bak B (menit)</b>			<b>Bak A (menit)</b>		
	<b>Durasi</b>	<b>Start</b>	<b>End</b>	<b>Durasi</b>	<b>Start</b>	<b>End</b>	<b>Durasi</b>	<b>Start</b>	<b>End</b>
Pengukuran	76,51	0	76,51	86,26	76,51	162,77	88,45	162,77	251,22
Pemotongan	204,09	76,51	280,6	231,33	280,6	511,93	247,49	511,93	759,42
Pengeboran	50,29	280,6	330,89	62,12	511,93	574,05	64,56	759,42	823,98
Pengemalan	257,46	330,89	588,35	306,55	588,35	894,9	316,41	894,9	1211,31
Perakitan	476,37	588,35	1064,72	521,22	1064,72	1585,94	533,07	1585,94	2119,01
Finishing 1	514,39	1064,72	1579,11	639,2	1585,94	2225,14	401,49	2225,14	2626,63
Finishing 2	238,27	1579,11	1817,38	260,49	2225,14	2485,63	269,44	2626,63	2896,07
Packing	21,43	1817,38	1838,81	22,41	2485,63	2508,04	20,37	2896,07	2916,44

Pada alternatif 1 ini diambil 3 job yaitu dari 4 job yang terpilih dari iterasi 1, kemudian Bak B dimasukkan kedalam pengurutan job sehingga ada 1 job yang akan diurutkan yaitu Bak D – Bak B – Bak A. Pada Bak B ini, di *work center* pengukuran, durasi proses yang diperlukan sebesar 76,51 menit, dengan waktu *start* 0, maka waktu *end* pada menit ke 76,51. Lalu dilanjutkan pada Bak B memasuki *work center* pengukuran dengan durasi 86,26 menit, dengan waktu *start* pada menit ke 76,51, maka waktu *end* pada menit ke 162,77. Lalu dilanjutkan pada Bak A memasuki *work center* pengukuran dengan durasi 88,45 menit, dengan waktu *start* pada menit ke 162,77, maka waktu *end* pada menit ke 251,22.

- Bak B – Bak A – Bak D
- Bak B – Bak D – Bak A
- Bak D – Bak B – Bak A

Makespan Alternatif 1 ( Bak B – Bak A – Bak D ) : 3022,26 menit

Makespan Alternatif 2 ( Bak B – Bak D – Bak A ) : 3052,37 menit

Makespan Alternatif 3 ( Bak D – Bak B – Bak A ) : 2916,44 menit

Berdasarkan ketiga alternatif tersebut, dimana Alternatif 1 ( Bak B – Bak A – Bak D) dengan makespan sebesar 3022,26 menit dan Alternatif 2 ( Bak B – Bak D – Bak A) dengan makespan sebesar 3052,37 menit dan Alternatif 3 ( Bak D – Bak B – Bak A) dengan makespan sebesar 2916,44 menit. Maka yang terpilih adalah alternatif 3, karena alternatif 3 memiliki nilai makespan yang lebih

kecil daripada alternatif 1 dan alternatif 2. Sehingga urutan parsial yang dipakai Bak D – Bak B – Bak A.

### 3. Iterasi ke-3

- Ambil job yang menempati urutan pertama, kedua, ketiga dan keempat pada Tabel 4. urutan job. Untuk waktu proses, ambil  $w = w + 1 = 3 + 1 = 4$ .
- Untuk  $w = 4$ , Bak C dimasukkan kedalam pengurutan job sehingga ada 4 job yang akan diurutkan yaitu Bak B – Bak A – Bak D – Bak C.

**Tabel 4. 18** Iterasi 3

Mesin	Total Waktu Proses (menit)			
	Bak B	Bak A	Bak D	Bak C
M1	86,26	88,45	76,51	79,27
M2	231,33	247,49	204,09	219,13
M3	62,12	64,56	50,29	52,53
M4	306,55	316,41	257,46	267,39
M5	521,22	533,07	476,37	487,39
M6	639,2	401,49	514,39	321,52
M7	260,49	269,44	238,27	243,12
M8	22,41	20,37	21,43	19,58

- Buat waktu proses ( $w$ ) alternatif calon urutan parsial baru dan pilih yang memiliki makespan parsial yang terkecil. Sehingga urutan parsial berdasarkan  $w = 4$  diperoleh beberapa kemungkinan, yaitu :
  - Bak D – Bak B – Bak A – Bak C
  - Bak B – Bak D – Bak C – Bak A
  - Bak B – Bak A – Bak D – Bak C
  - Bak B – Bak A – Bak C – Bak D
- Makespan keempat alternatif tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.19.

**Tabel 4. 19** Makespan Urutan Parsial Alternatif 1 ( Bak D – Bak B – Bak A – Bak C)

<i>Work Center</i>	<b>Bak D (menit)</b>			<b>Bak B (menit)</b>			<b>Bak A (menit)</b>			<b>Bak C (menit)</b>		
	<b>Durasi</b>	<b>Start</b>	<b>End</b>	<b>Durasi</b>	<b>Start</b>	<b>End</b>	<b>Durasi</b>	<b>Start</b>	<b>End</b>	<b>Durasi</b>	<b>Start</b>	<b>End</b>
Pengukuran	76,51	0	76,51	86,26	76,51	162,77	88,45	162,77	251,22	79,27	251,22	330,49
Pemotongan	204,09	76,51	280,6	231,33	280,6	511,93	247,49	511,93	759,42	219,13	759,42	978,55
Pengeboran	50,29	280,6	330,89	62,12	511,93	574,05	64,56	759,42	823,98	52,53	978,55	1031,08
Pengemalan	257,46	330,89	588,35	306,55	588,35	894,9	316,41	894,9	1211,31	267,39	1211,31	1478,7
Perakitan	476,37	588,35	1064,72	521,22	1064,72	1585,94	533,07	1585,94	2119,01	487,39	2119,01	2606,4
Finishing 1	514,39	1064,72	1579,11	639,2	1585,94	2225,14	401,49	2225,14	2626,63	321,52	2626,63	2948,15
Finishing 2	238,27	1579,11	1817,38	260,49	2225,14	2485,63	269,44	2626,63	2896,07	243,12	2948,15	3191,27
Packing	21,43	1817,38	1838,81	22,41	2485,63	2508,04	20,37	2896,07	2916,44	19,58	3191,27	3210,85

Pada alternatif 1 ini diambil 4 job dengan urutan yaitu Bak D – Bak B – Bak A – Bak C. Pada Bak D ini, di *work center* pengukuran, durasi proses yang diperlukan sebesar 76,51 menit, dengan waktu *start* 0, maka waktu *end* pada menit ke 76,51. Lalu dilanjutkan pada Bak B memasuki *work center* pengukuran dengan durasi 86,26 menit, dengan waktu *start* pada menit ke 76,51, maka waktu *end* pada menit ke 162,77. Lalu dilanjutkan pada Bak A memasuki *work center* pengukuran dengan durasi 88,45 menit, dengan waktu *start* pada menit ke 162,77, maka waktu *end* pada menit ke 251,22. Lalu dilanjutkan pada Bak C memasuki *work center* pengukuran dengan durasi 79,27 menit, dengan waktu *start* pada menit ke 251,22, maka waktu *end* pada menit ke 330,49.

Tabel 4. 20 Makespan Urutan Parsial Alternatif 2 ( Bak B – Bak D – Bak C – Bak A)

Work Center	Bak B (menit)			Bak D (menit)			Bak C (menit)			Bak A (menit)		
	Durasi	Start	End	Durasi	Start	End	Durasi	Start	End	Durasi	Start	End
Pengukuran	86,26	0	86,26	76,51	86,26	162,77	79,27	162,77	242,04	88,45	242,04	330,49
Pemotongan	231,33	86,26	317,59	204,09	317,59	521,68	219,13	521,68	740,81	247,49	740,81	988,3
Pengeboran	62,12	317,59	379,71	50,29	521,68	571,97	52,53	740,81	793,34	64,56	988,3	1052,86
Pengemalan	306,55	379,71	686,26	257,46	686,26	943,72	267,39	943,72	1211,11	316,41	1211,11	1527,52
Perakitan	521,22	686,26	1207,48	476,37	1207,48	1683,85	487,39	1683,85	2171,24	533,07	2171,24	2704,31
Finishing 1	639,2	1207,48	1846,68	514,39	1846,68	2361,07	321,52	2361,07	2682,59	401,49	2704,31	3105,8
Finishing 2	260,49	1846,68	2107,17	238,27	2361,07	2599,34	243,12	2682,59	2925,71	269,44	3105,8	3375,24
Packing	22,41	2107,17	2129,58	21,43	2599,34	2620,77	19,58	2925,71	2945,29	20,37	3375,24	3395,61

Pada alternatif 2 ini diambil 4 job dengan urutan yaitu Bak B – Bak D – Bak C – Bak A. Pada Bak B ini, di *work center* pengukuran, durasi proses yang diperlukan sebesar 86,26 menit, dengan waktu *start* 0, maka waktu *end* pada menit ke 86,26. Lalu dilanjutkan pada Bak D memasuki *work center* pengukuran dengan durasi 76,51 menit, dengan waktu *start* pada menit ke 86,26, maka waktu *end* pada menit ke 162,77. Lalu dilanjutkan pada Bak C memasuki *work center* pengukuran dengan durasi 79,27 menit, dengan waktu *start* pada menit ke 162,77, maka waktu *end* pada menit ke 242,04. Lalu dilanjutkan pada Bak A memasuki *work center* pengukuran dengan durasi 88,45 menit, dengan waktu *start* pada menit ke 242,04, maka waktu *end* pada menit ke 330,49.

**Tabel 4. 21** Urutan Parsial Alternatif 3 ( Bak B – Bak A – Bak D – Bak C)

<i>Work Center</i>	Bak B (menit)			Bak A (menit)			Bak D (menit)			Bak C (menit)		
	Durasi	Start	End	Durasi	Start	End	Durasi	Start	End	Durasi	Start	End
Pengukuran	86,26	0	86,26	88,45	86,26	174,71	76,51	174,71	251,22	79,27	251,22	330,49
Pemotongan	231,33	86,26	317,59	247,49	317,59	565,08	204,09	565,08	769,17	219,13	769,17	988,3
Pengeboran	62,12	317,59	379,71	64,56	565,08	629,64	50,29	769,17	819,46	52,53	988,3	1040,83
Pengemalan	306,55	379,71	686,26	316,41	686,26	1002,67	257,46	1002,67	1260,13	267,39	1260,13	1527,52
Perakitan	521,22	686,26	1207,48	533,07	1207,48	1740,55	476,37	1740,55	2216,92	487,39	2216,92	2704,31
Finishing 1	639,2	1207,48	1846,68	401,49	1846,68	2248,17	514,39	2248,17	2762,56	321,52	2762,56	3084,08
Finishing 2	260,49	1846,68	2107,17	269,44	2248,17	2517,61	238,27	2762,56	3000,83	243,12	3084,08	3327,2
Packing	22,41	2107,17	2129,58	20,37	2517,61	2537,98	21,43	3000,83	3022,26	19,58	3327,2	3346,78

Pada alternatif 3 ini diambil 4 job dengan urutan yaitu Bak B – Bak A – Bak D – Bak C. Pada Bak B ini, di *work center* pengukuran, durasi proses yang diperlukan sebesar 86,26 menit, dengan waktu *start* 0, maka waktu *end* pada menit ke 86,26. Lalu dilanjutkan pada Bak A memasuki *work center* pengukuran dengan durasi 88,45 menit, dengan waktu *start* pada menit ke 86,26, maka waktu *end* pada menit ke 174,71. Lalu dilanjutkan pada Bak D memasuki *work center* pengukuran dengan durasi 76,51 menit, dengan waktu *start* pada menit ke 174,71, maka waktu *end* pada menit ke 251,22. Lalu dilanjutkan pada Bak C memasuki *work center* pengukuran dengan durasi 79,27 menit, dengan waktu *start* pada menit ke 251,22, maka waktu *end* pada menit ke 330,49.



**Tabel 4. 22** Makespan Urutan Parsial Alternatif 4 ( Bak B – Bak A – Bak C – Bak D)

<i>Work Center</i>	<b>Bak B (menit)</b>			<b>Bak A (menit)</b>			<b>Bak C (menit)</b>			<b>Bak D (menit)</b>		
	<b>Durasi</b>	<b>Start</b>	<b>End</b>	<b>Durasi</b>	<b>Start</b>	<b>End</b>	<b>Durasi</b>	<b>Start</b>	<b>End</b>	<b>Durasi</b>	<b>Start</b>	<b>End</b>
Pengukuran	86,26	0	86,26	88,45	86,26	174,71	79,27	174,71	253,98	76,51	253,98	330,49
Pemotongan	231,33	86,26	317,59	247,49	317,59	565,08	219,13	565,08	784,21	204,09	784,21	988,3
Pengeboran	62,12	317,59	379,71	64,56	565,08	629,64	52,53	784,21	836,74	50,29	988,3	1038,59
Pengemalan	306,55	379,71	686,26	316,41	686,26	1002,67	267,39	1002,67	1270,06	257,46	1270,06	1527,52
Perakitan	521,22	686,26	1207,48	533,07	1207,48	1740,55	487,39	1740,55	2227,94	476,37	2227,94	2704,31
Finishing 1	639,2	1207,48	1846,68	401,49	1846,68	2248,17	321,52	2248,17	2569,69	514,39	2704,31	3218,7
Finishing 2	260,49	1846,68	2107,17	269,44	2248,17	2517,61	243,12	2569,69	2812,81	238,27	3218,7	3456,97
Packing	22,41	2107,17	2129,58	20,37	2517,61	2537,98	19,58	2812,81	2832,39	21,43	3456,97	3478,4

Pada alternatif 4 ini diambil 4 job dengan urutan yaitu Bak B – Bak A – Bak C – Bak D. Pada Bak B ini, di *work center* pengukuran, durasi proses yang diperlukan sebesar 86,26 menit, dengan waktu *start* 0, maka waktu *end* pada menit ke 86,26. Lalu dilanjutkan pada Bak A memasuki *work center* pengukuran dengan durasi 88,45 menit, dengan waktu *start* pada menit ke 86,26, maka waktu *end* pada menit ke 174,71. Lalu dilanjutkan pada Bak C memasuki *work center* pengukuran dengan durasi 79,27 menit, dengan waktu *start* pada menit ke 174,71, maka waktu *end* pada menit ke 253,98. Lalu dilanjutkan pada Bak D memasuki *work center* pengukuran dengan durasi 76,51 menit, dengan waktu *start* pada menit ke 253,98, maka waktu *end* pada menit ke 330,49.

Makespan Alternatif 1 ( Bak D – Bak B – Bak A – Bak C) : 3210,85 menit

Makespan Alternatif 2 ( Bak B – Bak D – Bak C – Bak A) : 3395,61 menit

Makespan Alternatif 3 ( Bak B – Bak A – Bak D – Bak C) : 3346,78 menit

Makespan Alternatif 4 ( Bak B – Bak A – Bak C – Bak D) : 3478,4 menit

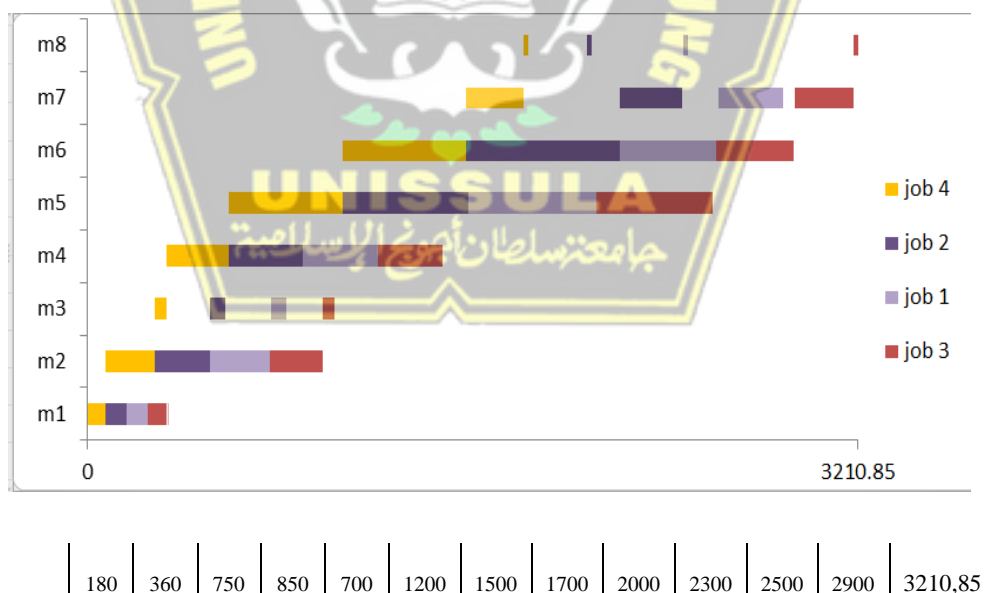
Maka yang terpilih adalah alternatif 1, karena alternatif 1 memiliki nilai makespan yang lebih kecil daripada alternatif 2, alternatif 3 dan alternatif 4. Sehingga urutan parsial yang dipakai adalah Bak D – Bak B – Bak A – Bak C.

#### Hasil Akhir:

Berdasarkan seluruh perhitungan dan iterasi diatas, dimulai dari iterasi ke-1 sampai ke-3, maka dengan menggunakan Metode *Algoritma Nawaz Enscore and Ham* diperoleh nilai makespan pada alternatif terbaik yaitu sebesar 3210,85 menit dengan urutan penjadwalannya adalah Bak D – Bak B – Bak A – Bak C.

Dari penjadwalan produksi dengan menggunakan Metode *Algoritma Nawaz Enscore and Ham* maka dapat dibuat *Gantt Chart* untuk menunjukkan waktu yang digunakan untuk menyelesaikan suatu tugas atau pekerjaan tersebut dan juga dapat melihat urutan kegiatan berdasarkan waktu yang telah ditentukan. Kemudian ada sejumlah 8 stasiun kerja di dalam proses pembuatan dari 4 jenis bak tersebut. Sehingga dapat dibuat *Gantt Chart* sebagai berikut :

Berikut merupakan *Gantt Chart* dengan menggunakan Metode *Algoritma Nawaz Enscore and Ham* :



**Gambar 4. 16** *Gantt Chart* dengan menggunakan Metode *Algoritma Nawaz Enscore and Ham*

Dari *gantt chart* dengan menggunakan Metode *Algoritma Nawaz Enscore and Ham*, dapat dilihat waktu menganggur (*idle time*) terjadi pada beberapa mesin dan beberapa job :

**Tabel 4. 23** Waktu Menganggur Mesin Awal (dalam satuan menit)

No	Mesin	Waktu Menganggur ( <i>Idle Time</i> )
1	Mesin 1	-
2	Mesin 2	-
3	Mesin 3	520,12 menit
4	Mesin 4	-
5	Mesin 5	-
6	Mesin 6	-
7	Mesin 7	601,34 menit
8	Mesin 8	1309,68 menit

### 4.3 Analisa Dan Interpretasi

Berikut ini merupakan analisa penjadwalan produksi dengan Metode Aktual Perusahaan *FCFS (First Come First Serve)* dan Metode *Algoritma Nawaz Enscore and Ham*.

#### 4.3.1 Analisa Penjadwalan Produksi Dengan Metode Aktual Perusahaan

Pada bab ini akan dibahas masalah penjadwalan *flowshop* pada industri CV. New Bekaje Pati. Hal ini dilakukan karena selama ini CV. New Bekaje Pati memproduksi beberapa jenis bak truk dengan menggunakan aturan *First Come First Serve (FCFS)* tanpa memperhatikan lama atau singkatnya waktu proses produksi. Produk yang diteliti terdiri dari 4 jenis bak truk yang berbeda – beda dan melalui 8 tahapan proses produksi. 4 jenis bak truk tersebut adalah Bak Truk Berlapis Kayu P\*L\*T : 560\*200\*220, Bak Truk Berlapis Plat 3 ml P\*L\*T : 560\*200\*220, Bak Truk Berlapis Kayu P\*L\*T : 310\*170\*160, Bak Truk Berlapis Plat 3 ml P\*L\*T : 310\*170\*160

Sedangkan proses pembuatan bak truk tersebut melalui 8 tahapan proses produksi, yaitu mulai dari Pengukuran : Rangka , Kayu / Plat Besi , Sabuk, pemotongan Besi Cutting Torch dgn Gas (Blender) dan gerindra, pengeboran : Untuk baut papan kayu / Plat besi, pengemalan : proses pembuatan tiang-tiang bak agar siku dan presisi, perakitan : tiang tiang bak dengan menggunakan las,

pemasangan papan kayu / plat besi dan pipa tali terpal ( pipa stainless 1 ml ) plat besi lebih lama dalam pemasangan, finishing : Pengecatan, pemasangan pada Truk

Pengolahan data menggunakan metode *FCFS (First Come First Serve)* dimana *order* yang tiba lebih awal akan dikerjakan terlebih dahulu. *Order* yang berada di antrian belakang harus menunggu sampai semua *order* yang berada didepannya selesai dikerjakan. Urutan penjadwalan produksi yang terjadi pada bulan September 2020 yaitu Bak A – Bak B – Bak C – Bak D, urutan proses produksi ini menghasilkan makespan sebesar 3509,05 menit.

Dengan penjadwalan produksi tersebut perusahaan mengalami waktu menganggur (*idle time*) dengan Pada mesin 3 terjadi waktu menganggur 170,45 menit + 160,40 menit + 140,34 menit = 471,19 menit. Pada mesin 7 terjadi waktu menganggur 370,45 menit + 60,12 menit + 270,06 menit = 700,63 menit. Pada mesin 8 terjadi waktu menganggur 610,05 menit + 280,56 menit + 613,67 menit = 1504,28 menit.

**Tabel 4. 24** Nilai Makespan untuk Setiap Urutan Penjadwalan

Urutan yang dihasilkan	Nilai Makespan (Menit)
Bak A – Bak B – Bak C – Bak D	3509,05 menit

**Tabel 4. 25** Nilai *idle time* pada setiap mesin

No	Mesin	Waktu Menganggur ( <i>Idle Time</i> )
1	Mesin 1	-
2	Mesin 2	-
3	Mesin 3	471,19 menit
4	Mesin 4	-
5	Mesin 5	-
6	Mesin 6	-
7	Mesin 7	700,63 menit
8	Mesin 8	1504,28 menit

#### 4.3.2 Analisa Penjadwalan Produksi Dengan Metode Algoritma *Nawaz Enscore and Ham*

Pengolahan data menggunakan metode *Nawaz Enscore and Ham (NEH)* memberikan 4 alternatif. Pemilihan alternatif penjadwalan dilakukan dengan

memilih alternatif penjadwalan yang memiliki total waktu (*makespan*) yang paling kecil untuk setiap periode produksi. Dari langkah – langkah pengolahan data menggunakan metode *Nawaz Enscore and Ham (NEH)* yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya, maka diperoleh nilai makespan untuk masing – masing alternatif sebagai berikut :

**Tabel 4. 26** Nilai makespan masing – masing alternatif

Alternatif	Urutan yang dihasilkan	Nilai Makespan (Menit)
1	Bak D – Bak B – Bak A – Bak C	3210,85 menit
2	Bak B – Bak A – Bak C – Bak D	3478,4 menit
3	Bak B – Bak D – Bak C – Bak A	3395,61 menit
4	Bak B – Bak A – Bak D – Bak C	3346,78 menit

Alternatif yang dipilih adalah alternatif 1 karena memiliki nilai makespan yang terkecil yaitu 3210,85 menit.

Pada *Gantt Chart* penjadwalan produksi dengan menggunakan metode *Nawaz Enscore and Ham (NEH)* total *idle time* yang terjadi.

**Tabel 4. 27** Nilai *idle time* pada setiap mesin

No	Mesin	Waktu Menganggur ( <i>Idle Time</i> )
1	Mesin 1	-
2	Mesin 2	-
3	Mesin 3	520,12 menit
4	Mesin 4	-
5	Mesin 5	-
6	Mesin 6	-
7	Mesin 7	601,34 menit
8	Mesin 8	1309,68 menit

#### 4.4 Pembuktian Hipotesa

Berdasarkan pada pengolahan diatas, permasalahan yang terdapat pada perusahaan antara lain yaitu produk mengalami keterlambatan penyelesaian produksi. Sehingga dapat diselesaikan dengan menggunakan Metode Algoritma *Nawaz Enscore and Ham*, maka dengan metode tersebut mampu menyelesaikan permasalahan yang terjadi. Hal tersebut dapat dibuktikan melalui hasil yang diperoleh dengan Metode Algoritma *Nawaz Enscore and Ham* menghasilkan

3210,85 menit dari yang awalnya perusahaan hanya mampu menyelesaikan seluruh job dengan 3509,05 menit. Dengan kapasitas produksi perusahaan sebesar 63 bak truk, seluruh job akan mampu diselesaikan dalam waktu

$$= \frac{\text{Total Permintaan}}{\text{Kapasitas Produksi}} \times \frac{\text{Total waktu proses}}{\text{Total waktu proses}} = \frac{63}{2,60} \times \frac{3509,05}{420} = 202,44 \text{ hari,}$$

makespan perusahaan awal hanya bisa selesai 202,44 hari, lalu dengan metode Metode Algoritma *Nawaz Enscore and Ham* waktu penyelesaian job bisa diminimasi menjadi 185,24 hari. Setelah dilakukan upaya penjadwalan baru dengan metode Algoritma *Nawaz Enscore and Ham*, diperoleh waktu total proses untuk penyelesaian seluruh job adalah 411 menit. Sehingga dengan order sebesar 63 bak truk, seluruh job akan mampu diselesaikan dalam waktu

$$= \frac{\text{Total Permintaan}}{\text{Kapasitas Produksi}} \times \frac{\text{Total waktu proses}}{\text{Total waktu proses}} = \frac{63}{2,60} \times \frac{3210,85}{420} = 185,24 \text{ hari.}$$

Lalu dengan metode Metode Algoritma *Nawaz Enscore and Ham* waktu penyelesaian job bisa diminimasi menjadi 17,20 hari. Sehingga penjadwalan baru dengan metode Algoritma *Nawaz Enscore and Ham* mampu mengatasi permasalahan yang ada di perusahaan. Oleh karena itu hasil yang diperoleh mampu mengatasi permasalahan yang ada.

Berdasarkan seluruh perhitungan dari kedua metode diatas. Yaitu Metode Aktual Perusahaan yang menggunakan prinsip *First Come First Serve* dan Metode Algoritma *Nawaz Enscore and Ham* diperoleh perbandingan nilai makespan yaitu sebagai berikut :

**Tabel 4. 28** Perbandingan makespan masing – masing metode

Metode	Urutan Job	Makespan (Menit)
<i>First Come First Serve</i>	Bak A – Bak B – Bak C – Bak D	3509,05 menit
Algoritma <i>Nawaz Enscore and Ham</i>	Bak D – Bak B – Bak A – Bak C	3210,85 menit

Dari hasil simulasi diatas, didapatkan bahwa urutan job dengan metode Algoritma *Nawaz Enscore and Ham* yaitu Bak D – Bak B – Bak A – Bak C dan nilai makespan penjadwalan dengan metode Algoritma *Nawaz Enscore and Ham* memberikan nilai makespan yang lebih kecil daripada metode yang digunakan

oleh perusahaan yang menggunakan prinsip penjadwalan FCFS (*First Come First Service*). Dimana pada metode Algoritma *Nawaz Enscore and Ham* menghasilkan nilai makespan sebesar 3210,85 menit sedangkan pada metode Aktual Perusahaan yang menggunakan prinsip *First Come First Serve* menghasilkan nilai makespan sebesar 3509,05 menit. Sehingga diperoleh perbaikan atau minimasi waktu penyelesaian produksi sebesar 298,2 menit.

Penjadwalan sangat perlu dilakukan dalam perusahaan agar produk yang dihasilkan dapat selesai tepat waktu. Proses penjadwalan dapat berhasil jika sebelum melakukan produksi pemesanan bahan baku dijadwalkan terlebih dahulu dengan tepat sesuai dengan waktunya sehingga pada akhirnya dapat selesai tepat waktu untuk memenuhi kebutuhan konsumen.

Setelah dilakukan penjadwalan ternyata waktu penyelesaian produksi (makespan) semakin minimum. Minimumnya makespan menyebabkan waktu menganggur pada mesin dapat dikurangi. Minimumnya makespan membuat produk yang dihasilkan akan selesai tepat waktu.

Analisis pemecahan masalah dalam penelitian ini dilakukan dengan membandingkan penjadwalan produksi menggunakan metode aktual perusahaan dengan metode usulan yaitu Metode Algoritma *Nawaz Enscore and Ham*. Parameter performansi digunakan untuk membandingkan dan menentukan metode yang lebih efektif diterapkan pada perusahaan. Parameter performansi yang digunakan yaitu :

#### 1. *Efficiency Index* (EI)

Perbandingan antara Metode Aktual Perusahaan dengan Metode Algoritma *Nawaz Enscore and Ham* yaitu :

$$EI = \frac{\text{Makespan Perusahaan}}{\text{Makespan NEH}}$$

$$EI = \frac{3509,05}{3210,85} = 1,093$$

Hasil perhitungan yang diperoleh nilai  $EI > 1$  yaitu 1,093 sehingga mengalami peningkatan efektifitas. Hal ini menunjukkan bahwa penjadwalan produksi dengan Metode Algoritma *Nawaz Enscore and Ham* memiliki

performansi yang lebih baik dari segi makespan dibandingkan dengan Metode Aktual Perusahaan.

## 2. *Relative Error* (RE)

*Relative Error* digunakan untuk mengetahui seberapa jauh perbedaan makespan yang dihasilkan oleh metode yang digunakan. *Relative Error* diperoleh dengan rumus :

$$RE = \frac{\text{Makespan Perusahaan} - \text{Makespan NEH}}{\text{Makespan Perusahaan}} \times 100\%$$

$$RE = \frac{3509,05 - 3210,85}{3509,05} \times 100\% = 8,50 \%$$

Jadi besar selisih nilai makespan yang dihasilkan pada Metode Aktual Perusahaan dengan Metode Algoritma Nawaz Enscore and Ham adalah sebesar 8,50 %.

## 4.5 Perbandingan *Idle Time* Metode *FCFS* dan *Nawaz Enscore and Ham*

Metode awal yang digunakan pada perusahaan yaitu *First Come First Serve* dimana yang pertama datang akan dilayani. Metode usulan dari peneliti yaitu *Nawaz Enscore and Ham*. Metode *FCFS* didapatkan simulasi dengan urutan Bak A – Bak B – Bak C – Bak D dengan nilai *makespan* 3509,05 yang mempunyai nilai *idle time* berjumlah 2676,2 menit. Metode *Nawaz Enscore and Ham* didapatkan simulasi Bak D – Bak B – Bak A – Bak C dengan nilai *makespan* 3210,86 yang mempunyai nilai *idle time* berjumlah 2431,14.

**Tabel 4. 29** Metode *FCFS*

No	Mesin	Waktu Menganggur ( <i>Idle Time</i> )
1	Mesin 1	-
2	Mesin 2	-
3	Mesin 3	471,19 menit
4	Mesin 4	-
5	Mesin 5	-
6	Mesin 6	-
7	Mesin 7	700,63 menit
8	Mesin 8	1504,28 menit



**Tabel 4. 30** Metode *Nawaz Enscore and Ham*

No	Mesin	Waktu Menganggur ( <i>Idle Time</i> )
1	Mesin 1	-
2	Mesin 2	-
3	Mesin 3	520,12 menit
4	Mesin 4	-
5	Mesin 5	-
6	Mesin 6	-
7	Mesin 7	601,34 menit
8	Mesin 8	1309,68 menit

Selisih *idle time* yang didapat yaitu 244,96. Semakin sedikit waktu menunggu mesin menunjukkan bahwa penggunaan mesin semakin optimal.



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penulisan Tugas Akhir ini dapat diambil kesimpulan yaitu sebagai berikut :

1. Penjadwalan produksi pada CV. New Bekaje Pati ini menggunakan prinsip *First Come First Serve* (FCFS) dimana *order* yang tiba lebih awal akan dikerjakan terlebih dahulu. *Order* yang berada di antrian belakang harus menunggu sampai semua *order* yang berada didepannya selesai dikerjakan. Urutan penjadwalan produksi yang terjadi pada bulan September yaitu Bak A – Bak B – Bak C – Bak D, dengan urutan produksi ini menghasilkan makespan sebesar 3509,05 menit. Karena menggunakan metode tersebut, perusahaan masih memiliki *idle time* yang tinggi, sehingga menyebabkan keterlambatan pada proses produksi selanjutnya.
2. Dari hasil pengolahan data secara manual dengan menggunakan metode Algoritma *Nawaz Enscore and Ham*, diperoleh usulan urutan pengerjaan job yaitu Bak D – Bak B – Bak A – Bak C dengan nilai makespan yang lebih kecil yaitu sebesar 3210,85 menit. Maka metode Algoritma *Nawaz Enscore and Ham* menunjukkan lebih minimal dalam segi waktu penyelesaian produksi atau makespan. Jadi metode Algoritma *Nawaz Enscore and Ham* dapat diterapkan di perusahaan untuk mengurangi permasalahan yang ada di perusahaan. *Efficiency Index* (EI) > 1 yaitu 1,093 sehingga mengalami peningkatan efektifitas. Hal ini menunjukkan bahwa penjadwalan produksi dengan Metode Algoritma *Nawaz Enscore and Ham* memiliki performansi yang lebih baik dari segi makespan dibandingkan dengan Metode Aktual Perusahaan. Jadi besar selisih nilai makespan yang dihasilkan pada Metode Aktual Perusahaan dengan Metode Algoritma *Nawaz Enscore and Ham* adalah sebesar 8,50 %.

## 5.2 Saran

Dari pengamatan dan hasil usulan masalah yang dihadapi maka perlu perbaikan pada masa yang akan datang yaitu antara lain :

1. Perlunya dilakukan penjadwalan di CV. New Bekaje Pati diharapkan produk dapat selesai tepat waktu sehingga produktivitas meningkat, selain itu juga dapat mengurangi waktu menganggur (*idle time*).
2. CV. New Bekaje Pati sebaiknya melakukan penjadwalan produksi dengan menggunakan metode Algoritma *Nawaz Enscore and Ham* karena urutan job yang diperoleh dapat meminimalkan waktu penyelesaian produk atau makespan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanti, S., Adianto, A., & Miharja, R. (2019). Usulan Penjadwalan Produksi Benang Menggunakan Metode Neh Dan Metode Algoritma Johnson Untuk Meminimasi Waktu Produksi Di Pt. Laksana Kurnia Mandiri Sejati. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 6(3), 157–164.
- Asih, P., Mindhayani, I., & Prakasa, T. (2022). Analisis Penjadwalan Proses Packing Arumanis Dengan Menggunakan Metode CDS (Campbell Dudeck Smith) dan NEH (Nawas, Ensore, and HAM) Studi Kasus di UMKM Arumanis Haji Ardi Sleman. *Jurnal Rekayasa Industri (Jri)*, 4(1), 44–51.
- Baker, K. . (1974). *Introduction to Sequencing and Scheduling*. John Wiley & Sons, Inc.
- Baroto, T. (2002). *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. 15, Ghalia Indonesia.
- Ernanda, D. (2017). Pengaruh Store Atmosphere, Hedonic Motive Dan Service Quality Terhadap Keputusan Pembelian Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Indonesia (STIESIA) Surabaya. *Jurnal Ilmu Dan Riset Manajemen*, Vol. 06, 7–8.
- Gaspersz, V. (2001). *Production Planning and Inventory Control Berdasarkan Pendekatan Sistem Terintegrasi MRP II dan JIT Menuju Manufacturing 21*. PT. Gramedia. 11-17.
- Ginting, R. (2009). *Penjadwalan Mesin*, 31-33
- Khrisman, R., Febrianti, E., & Herlina, L. (2017). Penjadwalan Produksi Flow Shop Menggunakan Metode Campbell Dudek Smith (CDS) dan Nawaz Ensore Ham (NEH). *Jurnal Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa*, 5(3), 1432.
- Kuncoro, C. (2013). *Algoritma Pour Dan Algoritma Neh Di Pt . Kertas Oleh Candra Kuncoro Penjadwalan Produksi Kertas Menggunakan Algoritma*. 34.
- Lubis, N. I. (2017). *Analisis Penjadwalan Produksi Flowshop dengan*

*Membandingkan Metode Harmony Search dan Algoritma Nawaz, Enscore and Ham (NEH) di PP. Suryamas Lestari Prima.* Vol. 2/1/22-23.

Masudin, I., Utama, D. M., & Susastro, F. (2014). Penjadwalan Flowshop Menggunakan Algoritma Nawaz Enscore Ham. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 13(1), 54–59.

Nisa Masruroh. (2016). *Analisa Penjadwalan Produksi Dengan Menggunakan Metode Ampbell Dudeck Smith, Palmer, Dan Dannenbring Di Pt. Loka Refraktor Surabaya*. 158–171.

Nurfajri, D. (2019). Optimasi Penjadwalan Produksi Hinge Rib 1 dengan Metode Nawaz Enscore Ham (NEH) di PT Dirgantara Indonesia. *Optimasi Penjadwalan Produksi Hinge Rib 1 ....*, 2654, 1–5.

Nurhasanah, N., Zakky Haidar, F., Hidayat, S., Hasanati, ul, Putri Listianingsih, A., Devi Utami Agustini, dan, Kunci, K., Kerja, E., Baku, W., Produksi, P., & FlexSIM, S. (2014). Penjadwalan Produksi Industri Garmen Dengan Simulasi Flexsim. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 2(3), 141–148.

Saiful, M., Rapi, A., & Flannery, W. (2014). Penjadwalan Produksi Dengan Metode Branch and Bound Pada Pt . Xyz. *Bksti*, 2–6.

Taillard, É. D. (1994). Parallel Taboo Search Techniques for the Job Shop Scheduling Problem. *ORSA Journal on Computing*, 6(2), 108–117.

