

**PENYUSUNAN PENJADWALAN PRODUKSI DENGAN
MENGUNAKAN METODE *CAMPBELL DUDEK SMITH*
(CDS) DAN *NAWAZ ENSCORE HAM* (NEH) GUNA
MEMINIMALISIR KETERLAMBATAN PENGIRIMAN
(Studi Kasus: UMKM Family Aluminium)
LAPORAN TUGAS AKHIR**



DISUSUN OLEH:

Puji Ayu Lestari

NIM 3160200001

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

2024

**PENYUSUNAN PENJADWALAN PRODUKSI DENGAN
MENGUNAKAN METODE *CAMPBELL DUDEK SMITH* (CDS) DAN
NAWAZ ENSCORE HAM (NEH) GUNA MEMINIMALISIR
KETERLAMBATAN PENGIRIMAN
(Studi Kasus: UMKM Family Aluminium)
LAPORAN TUGAS AKHIR**

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



**DISUSUN OLEH :
PUJI AYU LESTARI
NIM 31602000001**

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

2024

FINAL PROJECT

***Production Scheduling Preparation Using Campbell Dudek Smith (CDS) and
Nawaz Ensore Ham (NEH) Methods to Minimize Delivery Delays
(Case Study: UMKM Family Aluminum)***

*Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree (SI) at
Departement of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Technology,
Universitas Sultan Agung Islamic*



Arranged By :

PUJI AYU LESTARI

NIM 31602000001

***DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG***

2024

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “PENYUSUNAN PENJADWALAN PRODUKSI DENGAN MENGGUNAKAN METODE *CAMPBELL DUDEK SMITH* (CDS) DAN *NAWAZ ENSCORE HAM* (NEH) GUNA MEMINIMALISIR KETERLAMBATAN PENGIRIMAN (STUDI KASUS : *UMKM FAMILY ALUMINIUM*)” ini disusun oleh:

Nama : Puji Ayu Lestari

NIM : 31602000001

Program Studi : Teknik Industri

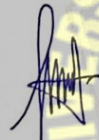
Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada:

Hari :

Tanggal :

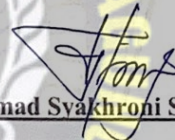
Pembimbing I

Pembimbing II



Muhammad Sagaf, ST.,MT

NIDN. 0623037705

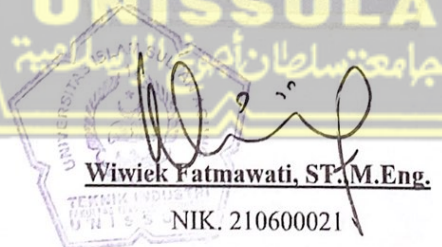


Akhmad Syakhroni ST.,M.Eng

NIDN. 0616037601

Mengetahui,

Ketua Program Studi



Wiwiek Fatmawati, ST.,M.Eng.

NIK. 210600021

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “PENYUSUNAN PENJADWALAN PRODUKSI DENGAN MENGGUNAKAN METODE *CAMPBELL DUDEK SMITH* (CDS) DAN *NAWAZ ENSCORE HAM* (NEH) GUNA MEMINIMALISIR KETERLAMBATAN PENGIRIMAN (STUDI KASUS: UMKM FAMILY ALUMINIUM)” ini telah dipertahankan oleh dosen penguji Tugas Akhir pada:

Hari :

Tanggal :



TIM PENGUJI

Anggota

Wiwiek Fatmawati, ST., M.Eng.

NIDN. 0622107401

Ketua Penguji

Ir. Eli Mas'idah, MT.

NIDN. 0615066601

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Puji Ayu Lestari

NIM : 31602000001

Judul Tugas Akhir : PENYUSUNAN PENJADWALAN

PRODUKSI DENGAN MENGGUNAKAN

METODE *CAMPBELL DUDEK SMITH* (CDS)

DAN *NAWAZ ENSCORE HAM* (NEH) GUNA

MEMINIMALISIR KETERLAMBATAN

PENGIRIMAN (Studi Kasus: UMKM Family

Aluminium)

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 keseluruhan maupun sebagian, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka, dan apabila dikemudian 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, 6 September 2024

Yang Menyatakan



Puji Ayu Lestari

SURAT PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Puji Ayu Lestari

NIM : 31602000001

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas akhir dengan Judul: **PENYUSUNAN PENJADWALAN PRODUKSI DENGAN MENGGUNAKAN METODE CAMPBELL DUDEK SMITH (CDS) DAN NAWAZ ENSCORE HAM (NEH) GUNA MEMINIMALISIR KETERLAMBATAN PENGIRIMAN (Studi Kasus: UMKM Family Aluminium)**

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 terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang, 06 September 2024

Yang Menyatakan


Puji Ayu Lestari



HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT. Atas segala rahmat, karunia dan juga kesempatan dalam menyelesaikan tugas akhir skripsi dan segala kekurangannya. Sujud syukur saya ucapkan kepadamu ya Rabb, karena telah menghadiahkan orang-orang yang berati disekelilingku. Yang selalu memberikan semangat dan do'a sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Karya sederhana ini saya persembahkan untuk orang tua saya, apa yang saya dapatkan hari ini belum dapat membayar semua kebaikan, keringat dan juga air mata bagi saya. Terima kasih atas segala do'a dan dukungan kalian baik dalam bentuk materi atau dukungan moral dan jerih payah. Terima kasih juga saya ucapkan kepada dosen-dosen Teknik Industri Unissula yang telah memberikan ilmu kepada saya.



HALAMAN MOTTO

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, karena itu bila kau telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh dan hanya kepada Tuhanmu lah kamu berharap” (Q.S Al Insyirah: 6-8)

“Selalu ada harga dalam sebuah proses. Nikmati saja lelah-lelah itu. Lebarakan lagi rasa sabar itu. Semua yang kau investasikan untuk menjadikan dirimu serupa yang kau impikan, mungkin tidak akan selalu berjalan lancar. Tapi, gelombang-gelombang itu yang bisa kau ceriaikan” (Boy Candra)



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, puji syukur atas kehadiran Allah SWT, yang sudah memberi rahmat dan hidayah-Nya dengan begitu penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul penelitian “Penyusunan Penjadwalan Produksi Dengan Menggunakan Metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) dan *Nawaz, Enscore Ham* (NEH) Guna Meminimalisir Keterlambatan Pengiriman (Studi Kasus : UMKM Family Aluminium)”. Sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW yang menjadi panutan dalam menjalani kehidupan dan sangat dinanti-nantikan syafa’at nya kelak pada hari akhir.

Pada proses penyusunan laporan tugas akhir ini dimana menjadi syarat mahasiswa memperoleh gelar sarjana (S1) di program studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang, tentunya banyak pihak yang membantu penulis menyelesaikan laporan tugas akhir. Oleh karena itu, penulis sangat berterimakasih pada :

1. Allah SWT yang sudah memberi rahmat dan hidayah nya kepada saya sehingga bisa menyelesaikan tugas akhir sesuai dengan waktu yang diharapkan.
2. Kedua, kepada orang tua saya Bapak Sutarno dan Ibu Duriyah beserta adik-adik saya adalah orang yang berjasa dalam hidup saya. Yang telah memberikan banyak kasih sayang, motivasi, semangat dan dukungan serta doa, semoga seluruh pengorbanan orang tua saya dibalas kebaikan dan keberkahan dari Allah SWT.
3. Ibu Dr. Ir. Novi Marlyana, ST., MT., IPU., ASEAN. Eng., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
4. Ibu Wiwiek Fatmawati, ST., M.Eng., selaku Kepala Program Studi Teknik Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
5. Dosen pembimbing, Bapak M. Sagaf, ST.,MT dan Bapak Akhmad Syakhroni, ST.,M.Eng., yang telah membimbing saya dalam proses penyelesaian laporan Tugas Akhir ini.

6. Dosen penguji, ibu Ir. Eli Mas'idah, MT. yang telah memberikan pengarahan, kritik, maupun saran dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir ini.
7. Bapak dan Ibu dosen program studi Teknik Industri Unissula yang telah membimbing dan mengajar saya selama di bangku perkuliahan.
8. Terima kasih, kepada Pihak UMKM Family Aluminium yaitu Bapak Umar selaku pemilik perusahaan dan segenap karyawan yang telah mengizinkan dan membantu saya dalam melakukan penelitian Tugas Akhir ini.
9. Sahabat- sahabat saya (Fidia Safa, Putri Aulia, Alfi Akmal, Fitria Disma, Adelia, Sarmila, Icha, Shofa, Sitroh, Anisa, Fatim, Mbak mermaid, Monic dan Petruk) yang selalu mendengarkan keluh kesah saya, menemani, menghibur, mendoakan, memberikan semangat kepada saya.
10. Terima kasih kepada teman- teman Teknik Industri 2020 yang telah kebersamai saya selama dibangku perkuliahan.
11. Terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dan memberikan semangat pada saat penyelesaian laporan Tugas Akhir ini.
12. Dan yang terakhir, saya ucapkan kepada saya sendiri Puji Ayu Lestari, karena sudah berjuang dan bertahan sejauh ini.

Penulis menyadari bahwasanya masih terdapat banyak kekurangan dalam laporan Tugas Akhir ini. Dengan begitu, kritik dan saran dari pembaca masih begitu sangat diharapkan. Harapannya semoga laporan Tugas Akhir ini bisa dikembangkan dan bermanfaat bagi para pembaca.

Wassalamualaikum Wr. Wb

Semarang, September 2024

Penulis

DAFTAR ISI

LAPORAN TUGAS AKHIR	I
<i>FINAL PROJECT</i>.....	II
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	IV
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	V
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	VI
SURAT PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	VII
HALAMAN PERSEMBAHAN	VIII
HALAMAN MOTTO	IX
KATA PENGANTAR.....	X
DAFTAR GAMBAR	XV
DAFTAR TABEL	XVI
ABSTRAK	XVIII
<i>ABSTRACT</i>	XIX
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	13
1.3 Pembatasan Masalah.....	13
1.4 Tujuan.....	14
1.5 Manfaat.....	14
1.6 Sistematika Penulisan.....	14
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	9
2.1 Tinjauan Pustaka.....	16
2.2 Landasan Teori.....	32
2.2.1 Penjadwalan Produksi.....	32
2.2.2 Pengertian Penjadwalan Produksi.....	32
2.2.3 Fungsi Penjadwalan Produksi.....	33
2.2.4 Tujuan Penjadwalan Produksi.....	33
2.2.5 Istilah-Istilah Dalam Pekerjaan.....	34
2.2.6 Jenis-Jenis Penjadwalan.....	35

2.2.7	Tipe Penjadwalan Produksi.....	39
2.2.8	Metode <i>Campbell Dudek Smith</i> (CDS).....	41
2.2.9	Metode <i>Nawaz Ensore Ham</i> (NEH).....	45
2.2.10	<i>Gantt Chart</i>	45
2.2.11	<i>Efficiency Index dan Relative Error</i>	46
2.3	Hipotesa dan Kerangka Teori.....	46
2.3.1	Hipotesa.....	46
2.3.2	Kerangka Teori.....	47
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		40
3.1	Pengumpulan Data.....	49
3.2	Teknik Pengumpulan Data.....	49
3.3	Hipotesa.....	50
3.4	Metode Analisa.....	50
3.5	Pembahasan.....	50
3.6	Penarikan Kesimpulan.....	50
3.7	Diagram Alir.....	51
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		52
4.1	Pengumpulan Data.....	52
4.1.1	Gambaran Umum Perusahaan.....	53
4.1.2	Alur Proses Produksi.....	53
4.1.3	Lantai Produksi UMKM Family Aluminium.....	54
4.1.4	Data Perhitungan masing-masing Proses Produksi.....	56
4.1.5	Data Produksi.....	59
4.1.6	Data Stasiun Kerja.....	59
4.1.7	Data Pengamatan Waktu Proses.....	60
4.1.8	Data Waktu Proses Produksi.....	61
4.2	Pengolahan Data.....	61
4.2.1	Penjadwalan Perusahaan Saat Ini.....	62
4.2.2	Penjadwalan Metode <i>Campbell Dudek Smith</i> (CDS).....	64

4.2.3	Penjadwalan Metode <i>Nawaz Ensore Ham</i> (NEH).....	72
4.2.4	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Penjadwalan dengan Metode FCFS,CDS, dan NEH.....	85
4.3	Analisa Dan Interpretasi.....	91.
4.3.1	Analisa Penjadwalan Perusahaan.....	91
4.3.2	Analisa Penjadwalan Metode <i>Campbell Dudek Smith</i> (CDS).....	92
4.3.3	Analisa Penjadwalan Metode <i>Nawaz Ensore Ham</i> (NEH).....	93
4.3.4	Interpretasi.....	94
4.4	Pembuktian Hipotesa.....	94
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		95
5.1	Kesimpulan	95
5.2	Saran	96
DAFTAR PUSTAKA.....		97



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Alur Proses Produksi.....	2
Gambar 2.1 Pola aliran <i>Flow Shop</i>	28
Gambar 2. 2 Pola aliran <i>General Flowshop</i>	28
Gambar 2. 3 Pola aliran <i>jobshop</i>	29
Gambar 2. 4 Aliran proses tipe job shop	31
Gambar 2. 5 Aliran kerja <i>flowshop</i> murni	32
Gambar 2. 6 Aliran kerja <i>flowshop</i> umum	33
Gambar 2. 7 Kerangka Teori	39
Gambar 3. 1 Diagram Alir	44
Gambar 4. 1 Alur Proses Produksi	45
Gambar 4. 2 Proses Pemotongan.....	46
Gambar 4. 3 Proses Pelubangan Aluminium	47
Gambar 4. 4 Proses Pelubangan Aluminium.....	47
Gambar 4. 5 Proses Pemotongan Kaca dan Pemasangan.....	48
Gambar 4. 6 Proses <i>Finishing</i>	48
Gambar 4. 7 <i>Gantt Chart</i> Penjadwalan Perusahaan Saat Ini	55
Gambar 4. 8 <i>Gantt Chart</i> Penjadwalan Metode CDS	61
Gambar 4. 9 <i>Gantt Chart</i> Penjadwalan Produksi Metode NEH.....	72

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data <i>Complain</i>	3
Tabel 1.2 Data Keterlambatan Pengiriman.....	4
Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka.....	15
Tabel 2.2 Karakteristik Metode	22
Tabel 2.5 Contoh tabel proses <i>jobshop</i>	30
Tabel 4.1 Rekap waktu proses produksi keterlambatan tahun 2023.....	49
Tabel 4.2 Data Produksi 15 Oktober 2023 UMKM Family Aluminium.....	51
Tabel 4.3 Data Stasiun Kerja UMKM Family Aluminium.....	52
Tabel 4.4 Data Kode Operasi Stasiun kerja UMKM Family Aluminium	52
Tabel 4.5 Data Waktu Proses <i>Job</i>	53
Tabel 4.6 Data Total Waktu Proses 5 <i>Job</i>	62
Tabel 4.7 Perhitungan <i>Makespan</i> Perusahaan Saat Ini	63
Tabel 4.8 Waktu Proses Produksi pada 5 Mesin.....	64
Tabel 4.9 Iterasi 1 CDS.....	65
Tabel 4.10 Pengurutan <i>Job</i>	65
Tabel 4.11 Iterasi 2 CDS.....	66
Tabel 4.12 Pengurutan <i>Job</i>	66
Tabel 4.13 Iterasi 3 CDS.....	59
Tabel 4.14 Pengurutan <i>Job</i>	67
Tabel 4.15 Iterasi 4 CDS.....	60
Tabel 4.16 Pengurutan <i>Job</i>	60
Tabel 4.17 Urutan <i>Job</i> Perhitungan Metode CDS	68
Tabel 4.18 Perhitungan <i>Makespan</i> Menggunakan Metode CDS.....	61
Tabel 4.19 Total Waktu Proses Setiap <i>Job</i>	62
Tabel 4.20 Urutan <i>Job</i> dari Terbesar ke Terkecil.....	63
Tabel 4.21 <i>Makespan</i> Calon Urutan Parsial C-D	63
Tabel 4.22 <i>Makespan</i> Calon Urutan Parsial D-C	64
Tabel 4.23 <i>Makespan</i> Calon Urutan Parsial C-D-A	64
Tabel 4.24 <i>Makespan</i> Calon Urutan Parsial C-A-D	65
Tabel 4.25 <i>Makespan</i> Calon Urutan Parsial D-C-A	65

Tabel 4.26 <i>Makespan</i> Calon Urutan Parsial D-C-A-E	73
Tabel 4.27 <i>Makespan</i> Calon Urutan Parsial D-C-E-A	73
Tabel 4.28 <i>Makespan</i> Calon Urutan Parsial D-E-C-A	67
Tabel 4.29 <i>Makespan</i> Calon Urutan Parsial E-D-C-A	67
Tabel 4.30 <i>Makespan</i> Calon Urutan Parsial E-D-C-A-B	68
Tabel 4.31 <i>Makespan</i> Calon Urutan Parsial E-D-C-B-A	68
Tabel 4.32 <i>Makespan</i> Calon Urutan Parsial E-D-B-C-A	69
Tabel 4.33 <i>Makespan</i> Calon Urutan Parsial E-B-D-C-A	69
Tabel 4.34 <i>Makespan</i> Calon Urutan Parsial E-D-B-C-A	70
Tabel 4.35 Rekapitulasi <i>Makespan Nawaz Ensore Ham</i>	71
Tabel 4.36 <i>Makespan Penjadwalan Metode Nawaz Ensore Ham</i>	72
Tabel 4.37 Perhitungan <i>Makespan</i> Perusahaan Saat Ini	74
Tabel 4.38 Perhitungan <i>Makespan</i> Metode <i>Campbell Dudek Smith</i>	76
Tabel 4.38 Perhitungan <i>Makespan</i> Metode <i>Nawaz Ensore Ham</i>	78
Tabel 4.39 <i>Idle Time</i> Stasiun Kerja dengan Metode <i>First Come First Served</i> (FCFS)	79
Tabel 4.40 <i>Idle Time</i> Stasiun Kerja dengan Metode <i>Campbell Dudek Smith</i> (CDS)	80
Tabel 4.41 <i>Idle Time</i> Stasiun Kerja dengan Metode <i>Nawaz Ensore Ham</i> (NEH)	81
Tabel 4.42 Perbandingan Metode	84
Tabel 4.43 Perbandingan <i>Efficiency Index</i>	84
Tabel 4.44 Perbandingan <i>Relative Error</i>	85

ABSTRAK

UMKM Family Aluminium yang berlokasi di Desa Manggian, Kec. Sayung adalah salah satu usaha yang bergerak dibidang pembuatan *furniture* aluminium yang memproduksi Almari, Rak piring dan meja TV yang berbahan dari Aluminium. Adapun sistem produksi yang diaplikasikan yaitu *make to order*. Dalam proses produksinya UMKM Family Aluminium biasa menjumpai kesulitan untuk memenuhi permintaan konsumen dengan tepat waktu. Adanya permasalahan yang dihadapi perusahaan dikarenakan tidak adanya perhitungan pasti mengenai proses penjadwalan hanya mengandalkan perkiraan saja. Penjadwalan perusahaan saat ini mempunyai urutan *job* A-B-C-D-E dengan total 2720,61 menit atau 45,34 jam atau 7 hari kerja. Perusahaan sering mengalami keterlambatan pengiriman oleh karena itu, diperlukan adanya perhitungan penjadwalan produksi yang handal sebagai pendukung terhadap kinerja yang optimal dengan meminimasi *Makespan*. Setelah dilakukan perhitungan mengaplikasikan metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) diperoleh urutan *job* C-D-A-E-B dengan bernilai 2450,51 atau 40,84 jam atau 6 hari kerja. Berdasar metode *Nawaz Enscore Ham* (NEH) didapatkan urutan *job* E-D-C-A-B dengan bernilai 2091,73 atau 34,86 jam atau 5 hari kerja. Sistem penjadwalan dengan metode CDS menghasilkan *Idle Time* 1916,33 menit dan metode NEH 1441,45 menit. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode NEH adalah metode paling efektif karena dapat meminimasi *makespan* perusahaan dalam memenuhi target batas waktu penyelesaian seluruh produk.

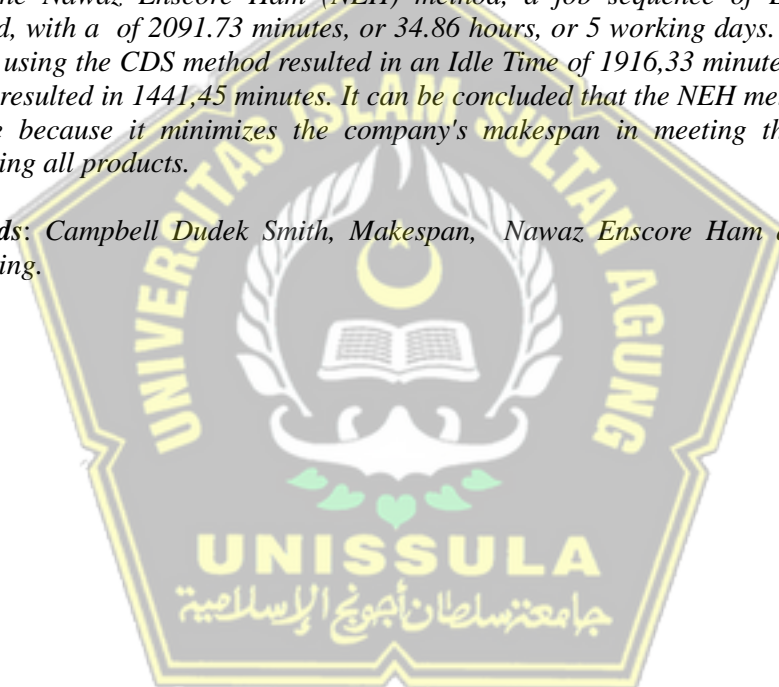
Kata Kunci : *Campbell Dudek Smith, Makespan, Nawaz Enscore Ham* dan Penjadwalan Produksi



ABSTRACT

UMKM Family Aluminium, located in Manggian Village, Sayung District, is a business specializing in the production of aluminum furniture, including wardrobes, plate racks, and TV tables made from aluminum. The production system used is make-to-order. During the production process, UMKM Family Aluminium often faces challenges in meeting customer demand on time. The company struggles due to the lack of precise scheduling calculations, relying only on estimates. Currently, the company's job sequence is A-B-C-D-E, with a total of 2720.61 minutes, or 45.34 hours, or 7 working days. The company frequently experiences delivery delays, highlighting the need for reliable production scheduling calculations to support optimal performance and minimize Makespan. After applying the Campbell Dudek Smith (CDS) method, a job sequence of C-D-A-E-B was obtained, with a of 2450.51 minutes, or 40.84 hohurs, or 6 working days. Using the Nawaz Enscore Ham (NEH) method, a job sequence of E-D-C-A-B was achieved, with a of 2091.73 minutes, or 34.86 hours, or 5 working days. The scheduling systems using the CDS method resulted in an Idle Time of 1916,33 minutes, and the NEH method resulted in 1441,45 minutes. It can be concluded that the NEH method is the most effective because it minimizes the company's makespan in meeting the deadline for completing all products.

Keywords: Campbell Dudek Smith, Makespan, Nawaz Enscore Ham and Production Scheduling.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

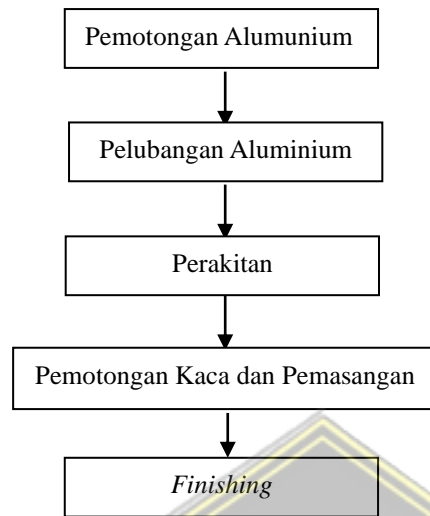
Proses penjadwalan yang baik pada bidang industri manufaktur sangat penting, karena akan meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem produksi, sehingga akan menekan pengurangan terhadap biaya produksi. Diketahui secara praktis dan teoritis, suatu hal yang baik terhadap proses penjadwalan punya tingkat kesulitan yang tinggi pula di lapangan. Ini didasarkan pada hal memperhatikan parameter yang banyak dan menyusun terhadap suatu penjadwalan(Solikhah, Nia, dan Maharani 2017).

Penjadwalan adalah proses mengatur, memilih, dan menetapkan waktu untuk sumber daya saat ini guna mendapatkan *output* yang diinginkan pada waktu yang diharapkannya(Baker K.R.,2009). Penjadwalan produksi ini diaplikasikan pada sebuah perusahaan yang diketahui memakai sistem *make to order*, di mana ia menciptakan sebuah produk yang relevan dengan permintaan pelanggan, penjadwalan produksi sangat penting. Ini dapat membantu perusahaan mengetahui urutan proses produksi yang nantinya dapat menguntungkan mereka.

Dengan mempertimbangkan masalah diatas, harapan yang dicapai terhadap penjadwalan produksi dapat mengatur terhadap ketetapan pekerjaan namun disini tetap mempertahankan kualitas produknya, dimana diketahui dengan melakukan perhitungan terhadap *makespan* dan mengurangi *idle time*. *Makespan* adalah jumlah keseluruhan waktu yang dibutuhkan guna menyelesaikan suatu tugas(Annisya dan Saifudin 2020). Sedangkan *idle time* adalah waktu menganggur ketika karyawan melakukan hal-hal yang tidak meningkatkan produktivitas perusahaan(Juwita, Suhardi, dan Sely Apriliana 2019).

UMKM Family Aluminium diketahui sebagai perusahaan yang berfokus dibidang pembuatan bermacam *furniture* aluminium yang berlokasi di Desa Manggian, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak. Yang di kelola oleh Bapak Umar, dengan jumlah karyawan yaitu 8 orang dan memiliki jam operasional kerja dimana dimulai pukul 09.00-17.00, produk-produk yang diproduksi antara lain rak piring, almari pakaian, dan meja tv. Sementara mesin-mesin yang dipergunakan

pada saat proses produksi yaitu mesin pemotong, bor duduk, bor tangan, cater potong kaca dan kikir besi. Alur proses produksi di UMKM Family aluminium



Gambar 1. 1 Alur Proses Produksi

Dari alur proses produksi diatas proses yang memerlukan waktu paling banyak yaitu pada proses perakitan. Perusahaan ini mengaplikasikan sistem *make to order* untuk memenuhi permintaan pelanggan, yang berarti jenis dari *furniture* yang dibuat harus relevan terhadap pesanan pelanggan. Selain itu, Perusahaan ini menggunakan pola produksi *Flow Shop* dengan urutan produksi yang sama. Mereka juga mengaplikasikan sistem penjadwalan *First Come First Served* (FCFS), dimana mengurutkan produksi yang relevan dengan pesanan yang tiba dulu dan kemudian dikerjakan. Perusahaan memiliki masalah dengan sistem produksinya karena mereka tidak memiliki perhitungan pasti tentang proses penjadwalan, Pihak Perusahaan hanya dapat memperkirakan waktu produksi total (*Makespan*) dan Perusahaan tidak tahu berapa lama waktu menganggur (*idle time*) disetiap proses. Untuk bahan baku yang dipergunakan yaitu aluminium selalu tersedia dan tidak pernah ada kendala untuk masalah bahan baku dikarenakan ketersediaan stok cukup untuk memenuhi seluruh pesanan hingga beberapa bulan kedepan.

Hal ini menyebabkan ketidak tepatan terhadap jadwal pengiriman barang dan tidak terpenuhinya permintaan pelanggan sesuai dengan kesepakatan jadwal. Permasalahan terkait terlambatnya barang yang akan dikirim bisa menyebabkan

pelanggan mengeluh. Diketahui pada Tabel di bawah ini adalah data *complain* family aluminium.

Tabel 1.1 Data *Complain*

No	Pihak Pemesan	Bulan/tahun	<i>Complain</i>
1.	Subur Makmur	Januari 2022	Keterlambatan pada pemesanan almari kecil, dan Meja TV
2.	<i>Furniture</i> Surabaya	Maret 2022	Keterlambatan pada pemesanan rak piring kecil, almari kecil dan <i>complain</i> harga
3.	Jaya Aluminium Grabag	Mei 2022	Keterlambatan pada pemesanan almari pakaian besar dan <i>complain</i> harga
4.	El Jaya Purwodadi	Juli 2022	Keterlambatan pada pemesanan rak piring kecil dan almari kecil
5.	Mebel Malang Gaten	Oktober 2022	Keterlambatan pada pemesanan almari (50x100x185), Meja TV dan <i>complain</i> harga
6.	El Jaya Purwodadi	Desember 2022	Keterlambatan pada pemesanan pada Rak piring (90x35x165) dan Rak piring (120x35x165)
7.	El Jaya Purwodadi	Februari 2023	Keterlambatan pemesanan pada Rak piring kecil, Almari besar
8.	El Jaya Purwodadi	Maret 2023	Keterlambatan pemesanan pada Almari pakaian kecil, Rak piring kecil dan Rak piring besar
9.	Mebel Malang Gaten	Juni 2023	Keterlambatan pemesanan pada Rak piring kecil dan Rak piring besar, Meja Tv
10.	El Jaya Purwodadi	Oktober 2023	Keterlambatan pengiriman pada pemesanan Almari kecil, Almari besar, Rak piring kecil, Rak piring besar, Meja TV

Dalam menangani keluhan pelanggan. Solusi yang ditawarkan oleh UMKM Family Aluminium untuk menjanjikan pengiriman di hari berikutnya tidak efektif karena jika sering terjadi komplain karena keterlambatan pengiriman barang, kepercayaan pelanggan akan hilang. Berikut ini merupakan data pengiriman barang selama satu tahun pada UMKM Family Aluminium:

Tabel 1.2 Data Keterlambatan Pengiriman

No	Pihak Pemesan	Daerah Tujuan	Tanggal Pemesanan	Tanggal pengiriman	Produk Pesanan Konsumen	Jumlah Produk	Tanggal Pengiriman Aktual	Produk Terlambat Jadi	Jumlah Produk	Keterangan
1	EL JAYA	Purwodadi	23 Januari 2023	27 Januari 2023	1. Almari besar 2. Rak piring kecil	3 22	28 Januari 2023	1. Almari besar 2. Rak piring kecil	3 22	Terlambat 1 hari
2	EL JAYA	Purwodadi	04 Februari 2023	09 Februari 2023	1. Rak piring kecil 2. Almari besar	32 3	11 Februari 2023	1. Rak piring kecil 2. Almari besar	32 3	Terlambat 2 hari
3	EL JAYA	Purwodadi	27 Maret 2023	30 Maret 2023	1. Almari kecil 2. Rak piring kecil 3. Rak piring besar	15 10 10	31 Maret 2023	1.almari kecil 2.Rak piring kecil 3.Rak piring besar	15 10 10	Terlambat 1 hari
4	EL JAYA	Purwodadi	18 Mei 2023	21 Mei 2023	1. Almari kecil 2. Rak piring kecil	9 24	23 Mei 2023	1. Almari kecil 2. Rak piring kecil	9 24	Terlambat 2 hari
5	Mebel Malang Gaten	Magelang	25 Mei 2023	29 Mei 2023	1. Almari kecil 2. Rak piring kecil	7 27	31 Mei 2023	1. Almari kecil 2. Rak piring kecil	7 27	Terlambat 2 hari
6	Mebel Malang Gaten	Magelang	24 Juni 2023	27 Juni 2023	1. Rak piring kecil 2. Rak piring besar 3. Meja Tv	16 8 10	29 Juni 2023	1. Rak piring kecil 2. Rak piring besar 3. Meja Tv	16 8 10	Terlambat 2 hari
7	EL JAYA	Purwodadi	06 Juli 2023	12 Juli 2023	1. Almari kecil 2. Rak piring kecil	9 26	14 Juli 2023	1. Almari kecil 2. Rak piring kecil	9 26	Terlambat 2 hari
8	EL JAYA	Purwodadi	30 Juli 2023	3 Agustus 2023	1. Almari kecil 2. Almari Besar	8 8	4 Agustus 2023	1. Almari kecil 2. Almari besar	8 8	Terlambat 1 hari

9	EL JAYA	Purwodadi	17 Agustus 2023	23 Agustus 2023	3. Rak piring kecil 4. Rak piring besar	10 3	24 Agustus 2023	3. Rak piring kecil 4. Rak piring besar	10 3	Terlambat 1 hari
10	EL JAYA	Purwodadi	30 Agustus 2023	04 September 2023	1. Almari besar 2. Rak piring besar	9 24	05 September 2023	1. Almari besar 2. Rak piring besar	9 24	Terlambat 1 hari
11	EL JAYA	Purwodadi	15 September 2023	20 September 2023	1. Almari kecil 2. Rak piring kecil 3. Rak piring besar	11 15 10	22 September 2023	1. Almari kecil 2. Rak piring kecil 3. Rak piring besar	11 15 10	Terlambat 2 hari
12	EL JAYA	Purwodadi	15 Oktober 2023	19 Oktober 2023	1. Almari kecil 2. Almari besar 3. Rak piring kecil 4. Rak piring besar 5. Meja TV	15 10 15 12 8	21 Oktober 2023	1. Almari kecil 2. Almari besar 3. Rak piring kecil 4. Rak piring besar 5. Meja TV	15 10 15 12 8	Terlambat 2 hari
13	Mebel Malang Gaten	Magelang	25 Desember 2023	29 Desember 2023	1. Almari besar 2. Rak piring kecil 3. Rak piring besar	9 10 15	31 Desember 2023	1. Almari Besar 2. Rak Piring kecil 3. Rak piring besar	9 10 15	Terlambat 2 hari

Sumber : UMKM Family Aluminium

Pada tabel 1.2 tersebut diketahui ada 13 point terdapat pengiriman barang yang tidak relevan dengan kesepakatan yang sudah dibuat di awal bersama pelanggan terkait pelaksanaan pengiriman barang sesuai tanggal yang sudah ditentukan bersama. Akan tetapi, pada tanggal itu, barang permintaan pelanggan juga belum terselesaikan dengan sepenuhnya, dengan begitu perusahaan menunda pengiriman hingga hari berikutnya. Seperti yang ditunjukkan dalam tabel 1.2 terdapat beberapa paket pengadaan barang yang mengalami terlambatnya terhadap mengirim barang yang berdampak pada pengiriman aktual guna terpenuhinya kekurangan dari total keseluruhan pesanan. Jika kejadian ini dialami terus-menerus, kemungkinan kehilangan pelanggan meningkat. Hal ini berakibat pada berkurangnya keuntungan perusahaan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasar latar belakang masalah, dengan begitu bisa dibuat perumusan terkait pokok permasalahan dari penelitian yang dikerjakan, antara lain:

- a. Bagaimana cara menentukan jadwal produksi yang efektif dalam waktu penyelesaian operasi agar permintaan konsumen dapat terpenuhi tepat waktu?
- b. Bagaimana hasil perbandingan penjadwalan yang telah dilakukan serta urutan *job* diperoleh?
- c. Metode manakah yang memiliki efisiensi penjadwalan terbaik untuk perusahaan?

1.3 Pembatasan Masalah

Adapun pembatasan masalah pada penyusunan laporan ini yaitu:

- a. Penelitian ini dilakukan di UMKM Family Aluminium
- b. Penelitian dilakukan pada Januari 2023 – Desember 2023 (1tahun)
Hal-hal yang diteliti berupa, apa saja produk yang dihasilkan, jenis dan jumlah mesin yang dipergunakan, data permintaan periode sebelumnya
- c. Penelitian dilakukan pada proses produksi.

- d. Tidak memakai uji kecukupan data dan uji keseragaman data karena terbatasnya jumlah produksi pada perusahaan.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasar latar belakang masalah, dengan begitu tujuan yang digapai pada penelitian ini yaitu:

- a. Cara melakukan perhitungan penjadwalan untuk menjadwalkan produksi dengan baik dan menghindari keterlambatan pengiriman.
- b. Untuk mengetahui hasil perbandingan penjadwalan Perusahaan dengan penjadwalan metode usulan serta mengetahui urutan *job*.
- c. Untuk mengetahui metode penjadwalan yang efektif untuk diterapkan diperusahaan.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang bisa didapatkan dari penelitian ini yaitu:

- a. Untuk Perusahaan
Bisa menjadi pertimbangan dalam menetapkan jadwal produksi dan tanggal jatuh tempo produksi guna pencegahan terhadap terlambatnya pengiriman produk kepada pelanggan.
- b. Untuk Peneliti
Memberikan peneliti kesempatan untuk mengaplikasikan berbagai teori yang sudah dipelajari dan menerapkan pemikiran yang sistematis dalam mengatasi masalah penjadwalan produksi di UMKM Family Aluminium.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memastikan apakah penyusunan laporan ini dikerjakan dengan baik, dengan begitu dibuat sistematika penulisan dengan rinciannya yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berfungsi sebagai pengantar untuk permasalahan yang dipaparkan yaitu latar belakang tentang belum optimalnya penjadwalan produksi di UMKM Family Aluminium. Perumusan masalah berdasar permasalahan

yang diketahui, pembatasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini membahas materi yang menjadi landasan teori yang mendukung dan berkaitan dengan tema penelitian yaitu teori mengenai penjadwalan produksi yang mengurangi nilai *Makespan* .

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisikan tentang tempat penelitian, objek penelitian dan tahapan penelitian. Adapun tahapan penelitian terdiri dari penentuan topik penelitian atau identifikasi masalah, penentuan perumusan masalah, tujuan penelitian, melakukan studi literatur, melakukan pengumpulan data, melakukan analisa, dan penutup.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang pembahasan terkait dengan pengumpulan data penelitian dan pengolahan data penelitian serta pembahasan mengenai hasil dari pengolahan data penelitian yang dilakukan.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan yang dirumuskan berdasar pada hasil penelitian yang sudah dikerjakan dimana diketahui diperoleh dari hasil pengumpulan data penelitian serta saran penelitian yang dikerjakan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Adapun di bagian ini meliputi hasil penelitian terdahulu dan memberi suatu informasi yang dapat dijadikan sebagai acuan pada masalah penelitian ini. Dari hasil perhitungan metode CDS menghasilkan urutan penjadwalan J2-J4-J5-J1-J3 dimana diketahui bernilai 1449805 detik dan *mean flow time* bernilai 888889 detik. Selanjutnya metode NEH menghasilkan urutan penjadwalan J2-J4-J3-J5-J1 dimana diketahui bernilai 1449805 dengan nilai *mean flow time* bernilai 855998 detik. Dan untuk metode palmer menghasilkan urutan penjadwalan J3-J5-J1-J2-J4 dimana diketahui bernilai 1598660 detik. Untuk metode yang dipergunakan oleh Perusahaan adalah metode *Earlist Due date* (EDD) dengan urutan J1-J2-J3-J4-J5 dimana diketahui *makespan* bernilai 140290 detik. Metode yang paling tepat dipergunakan adalah metode CDS dengan urutan penjadwalannya J2-J4-J5-J1-J3 dimana diketahui bernilai 1449805 detik dan *mean flow time* bernilai 888889 detik (Annisya dan Saifudin 2020).

Penelitian kedua yang sudah dikerjakan oleh Puji Asih, Iva Mindhayani dan Tatak Prakoso yaitu pada tahun 2022 dimana judulnya “Analisis Penjadwalan Proses Packing Arumanis Dengan Menggunakan Metode CDS (*Campbell Dudek Smith*) dan NEH (*Nawaz Ensore Ham*) Studi Kasus di UMKM Arymanis Haji Ardi Sleman”. Diketahui tujuannya guna mengetahui perbandingan terhadap waktu penyelesaian dan mengetahui metode yang bisa menyelesaikan proses produksi yang paling singkat, karena permasalahan yang dihadapi yaitu masalah tidak tepatnya jadwal pengiriman pesanan yang dikarenakan oleh penjadwalan proses *packing* yang biasa mengalami proses terlambat. Metode yang dipergunakan adalah metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) dan *Nawaz Ensore Ham* (NEH) dimana hasil yang diperoleh akan dibandingkan dengan penjadwalan yang sudah diaplikasikan oleh Perusahaan, dari hasil perhitungan penjadwalan Diketahui perusahaan punya urutan 1-2-3-4 dimana diketahui 44.395.142,92 bernilai detik. Untuk penjadwalan Metode CDS punya urutannya yaitu 4-3-2-1

dimana diketahui bernilai 44.335.921,92 Detik. Dan untuk penjadwalan NEH punya urutannya yaitu 2-1-3-4 dimana diketahui bernilai 44.515.921,12. Adapun ketepatan metode yang dipergunakan yaitu metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) karena punya terkecil yaitu bernilai 44.335.821,12 detik dimana presentase perbandingannya antara metode CDS dan NEH yaitu 0,4% (Asih, Mindhayani, dan Prakasa 2022).

Penelitian ketiga yang dilakukan oleh Novika Zuya dan Mentari Oktaria Gurusinga pada tahun 2023 dengan judul “Usulan Penjadwalan *Job* Menggunakan Metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) serta Metode *Nawaz Ensore Ham* (NEH) Guna Meminimalkan *Makespan* Proses Produksi Pistol Mainan Di PT. ABC.” Penelitian ini tujuannya untuk mengetahui urutan proses dan waktu proses yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas agar keterlambatan dapat diminimalkan. Metode *Nawaz Ensore Ham* (NEH) dan *Campbell Dudek Smith* (CDS) yang dipergunakan dimana diperoleh *makespan* dengan algoritma CDS bernilai 1724, sedangkan untuk perhitungan NEH diperoleh hasil penjadwalan bernilai 1394 jam dengan urutan *job* nya JA-JC-JD-JE-JB. Dengan demikian metode *Nawaz Ensore Ham* (NEH) lebih baik diterapkan diperusahaan karena memiliki penghematan waktu proses bernilai 252 menit (Zuya dan Gurusinga 2023).

Penelitian keempat yang dilakukan oleh Rosi Indah Safitri pada tahun 2019 dengan judul “Analisis Sistem Penjadwalan Produksi Berdasar Pesanan Pelanggan dengan Metode FCFS, LPT, SPT dan EDD Pada PD. X”. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui metode pengurutan pekerjaan terbaik yang bisa mengoptimisasi proses produksi supaya mengoptimalkan waktu penyelesaiannya. Adapun metode yang dipergunakan peneliti dalam mengerjakan penelitian ini adalah *job sequencing* yang memuat dari *First Come First Serve* (FCFS), *Earlist Due Date* (EDD), *Short Processing Time* (SPT) dan *Long Processing Time* (LPT) (Safitri 2019).

Penelitian kelima yang dilakukan oleh Muhammad Irsyad Nuriza dan Teguh Oktiarso pada tahun 2020 dimana judulnya “Penjadwalan Produksi Dengan Algoritma *Dannenbring* dan *Branch and Bound* pada Produksi Atap Galvalium Di PT NS Bluescope Lysaght Indonesia”. Tujuan dari penelitian tersebut yaitu guna

memperoleh hasil yang baik dimana nilai *Makespan* nya terkecil dari hasil urutan mengaplikasikan metode *Branch and Bound* dan *Dannebring*, dengan begitu bisa menentukan metode terbaik yang dapat diterapkan diperusahaan. Adapun permasalahan yang terjadi di PT NS Bluescope ini yaitu masih terlambatnya dalam menyelesaikan pemesanan untuk memenuhi permintaan konsumen. Oleh karena itu perlu dilakukan penjadwalan produksi. Metode yang dipergunakan metode *Branch and Bound* dan *Dannebring*. Berdasar hasil perhitungan metode *Branch and Bound* menghasilkan nilai bernilai 639,580 detik dengan urutan proses 1-4-3-2. Sedangkan metode *Dannebring* menghasilkan nilai *Makespan* bernilai 677,740 dengan urutan 3-2-4-1. Dengan demikian, metode yang tepat diterapkan Perusahaan yaitu metode *Branch and Bound* (Irsyad dan Oktiarso 2020).

Penelitian keenam yang dikerjakan oleh Ni Kadek Desi Puja, Luh Putu Ida Harini dan Ni Ketut Tari Tastrawati dimana judulnya “Analisis Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) dan *Dannenbring* Dalam Meminimumkan Total Waktu Produksi Beras.” Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk memperoleh hasil yang optimal pada tiap kegiatan produksi, Perusahaan seharusnya punya ketepatan terhadap strategi dan rencananya supaya memperoleh produk secara tepat waktu. Adapun metode yang dipergunakan ialah metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) dan *Dannenbring*. Berdasar pada hasil perhitungan total waktu yang minimum terhadap penyelesaian pekerjaan guna perhitungan tanggal 2 Januari hingga 31 Januari 2021 mengaplikasikan metode *Campbell Dudek Smith* yang bernilai lebih kecil atau sama dengan hasil perhitungannya mengaplikasikan metode *Dannenbring*, seperti halnya pekerjaan tanggal 5, 24, dan 31 Januari 2021 didapatkan total waktu penyelesaian pekerjaan minimum dengan perbandingannya ditanggal 5 Januari 2021 bernilai 28.389 : 28.445, tanggal 24 Januari 2021 bernilai 31.259 : 31.307, dan tanggal 31 Januari 2021 bernilai 20.46: 20.667. Sementara pada lainnya didapatkan total waktu penyelesaian minimum yang nilainya sama. Dengan begitu bisa ditarik simpulan bahwa pada kasus ini penjadwalan produksi beras di CV. Puspa mengaplikasikan

metode *Campbell Dudek Smith* lebih efisien daripada metode *Dannenbring*(ANTARI, HARINI, dan TASTRAWATI 2021).

Penelitian ketujuh yang dilakukan oleh I D Utami, I Kuswandi, D E Wibowo dengan judul “*Comparation of Scheduling Methods: Campbell Dudek Smith, Palmer and Dannenbring to Minimaze Makespan*”. Tujuannya yaitu mampu menghasilkan nilai *makespan*, mengurangi keterlambatan, dan memenuhi permintaan pelanggan sesuai jadwal yang telah disepakati. Adapun metode yang dipergunakan ialah metode *Campbell Dudek Smith* (CDS), *Palmer* dan *Dannenbring*. Berdasar hasil perhitungan penjadwalan menunjukan bahwa metode *campbell dudek smith* adalah yang terbaik untuk meminimumkan *makespan*. Diketahui urutan penjadwalan dimulai dari *job* 13-6-5-3-10-4-9-1-7-8-18-11-14-19-17-2-20-12-15-16. Penjadwalan FCFS memiliki *maskepan* bernilai 47,99 jam hingga 46,03 jam, dengan begitu metode CDS bisa mengurangi bernilai 1,96 jam, atau 117,84 menit(Utami, Kuswandi, dan Wibowo 2020).

Penelitian kedelapan yang dilakukan oleh I Rizkya, K Syahputri, R M Sari, I Siregar, M M Tambunan, Anizar, U Tarigan, N Isnaini dengan judul “*Nawaz Ensore Ham (NEH) Algorithm To Minimazation of Makespan In Furniture Company*”. Tujuan dari penelitian ini yaitu meminimalkan total waktu pengerjaan produk sehingga produk dapat selesai tepat waktu. Metode yang dipergunakan yaitu metode *Nawaz Ensore Ham* (NEH). Hasil penjadwalannya yaitu Hasil yang diperoleh dari algoritma menunjukan bahwa waktu yang diperlukan guna menyelesaikan produk lebih singkat di dibandingkan dengan metode sebenarnya yang diterapkan Perusahaan, algoritma NEH mampu meminimalkan *makespan* bernilai 5,07 % dibandingkan sistem penjadwalan FCFS. Kinerja algoritma NEH juga terbukti lebih baik dibandingkan metode sebenarnya dengan nilai indeks efisiensinya 1,05 %. Dengan urutan *job* E- *Job* D- *Job* F- *Job* C-*Job* B-*Job* A. nilai 1470,69 jam(Rizkya et al. 2019).

Penelitian kesembilan dilakukan oleh Chamdan Mashuri, Ahmad Heru Mujianto, Hadi Sucipto, Rinaldo Yudianto Arsam, dan Ginanjar Setyo Permadi dengan judul “*Production Time Optimization Using Campbell Dudek smith (CDS) Algorithm for Production Scheduling*”. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk

mengoptimalkan sumber daya yang dipergunakan supaya produksi bisa memperoleh produk dalam kuantitas dan kualitas yang diinginkan, dengan begitu Perusahaan bisa mencapai sebuah tujuannya. Hasil dari penjadwalan yang dilakukan diperoleh enam iterasi, diperoleh nilai *makespan* minimum bernilai 210,12 menit dengan *work order* 20, grid 18, grid 16, wajan 14, dan wajan 12. Dengan demikian, nilai *makespan* minimum bernilai 210, 12 menit diperoleh dengan urutan produk wajan 20, wajan 18, wajan 16, dan wajan 12. Hasil uji penerapan akurasi pertama dan kedua menunjukkan 99,99 % dan 99,96% masing-masing dibandingkan perhitungan yang dilakukan secara manual (Mashuri et al. 2019).

Penelitian kesepuluh dilakukan oleh Diki Arifandi, Trifandi Lasalewo, dan Hasanudin dengan judul “Analisis Metode NEH Untuk Meminimalkan Makespan Pada penjadwalan Produksi di Rumah Industri Wahyu”. Tujuannya yaitu guna mendapatkan penjadwalan yang terbaik yang bisa memenuhi permintaan konsumen dengan ketepatan waktu dan tidak terlambat. Adapun metode yang dipergunakan yaitu *Nawaz Enscore Ham* (NEH). Hasil dari perhitungan penjadwalan *Nawaz Enscore Ham* (NEH) yaitu *Makespan* mengaplikasikan metode NEH dengan bernilai 3.44 jam serta urutan *job* yaitu J2-J1-J3. Diketahui *Makespan* yang didapatkan dari penjadwalan di rumah industri wahyu yaitu bernilai 9,39 jam dengan urutannya yaitu J1-J2-J3. Adapun metode *Nawaz Enscore Ham* (NEH) memperoleh nilai minimum, demikian hingga lebih efisien guna diaplikasikan di rumah industri wahyu (Arifandi, Lasalewo, dan Hasanuddin 2022).

Penelitian kesebelas dilakukan oleh Wingga Wahyu Bagaskara, Nuzulia Khoiriyah, Akhmad Syakhroni dengan judul “Strategi Penjadwalan Produksi dengan Metode *Campbell Dutex Smith* dan *Heuristic Palmer*”. Tujuannya guna mengatur produksi secara efisien sehingga tidak terjadinya penumpukan pekerjaan, meminimalisir waktu menganggur dan meminimalisir waktu pengerjaan total (*Makespan*). Adapun metode yang dipergunakan yaitu *Campbell Dutex Smith* (CDS) dan Palmer. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwasanya dalam penggunaan metode CDS terdapat dua jenis perhitungan: CDS

konvensional menghasilkan nilai total -nya 305 menit dengan urutannya 1-4-3-2. CDS parsial menghasilkan nilai total -nya 310 menit dengan urutannya 4-1-3-2 dan *heuristik palmer* menghasilkan nilai bernilai 315 menit dengan urutan 3-1-2-4, jadi yang paling optimal yaitu metode CDS Konvensional(Bagaskara, Khoiriyah, dan Syakhroni 2023).



Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka

No	Nama Peneliti/Tahun	Judul	Sumber Referensi	Metode	Permasalahan	Hasil
1	(Shinta dwi Annisya dan Journil Aidil Saifudin 2020)	“Analisis Penjadwalan Produksi Batu Tahan Api Dengan Menggunakan Metode <i>Campbell Dudek Smith</i> (CDS), <i>Nawaz Enscore Ham</i> (NEH), dan <i>Palmer</i> Untuk Mengurangi Makespan Di PT. X”	Jurnal Manajemen Industri dan Teknologi Vol. 1 , No. 3 , Tahun 2020, Hal. 165-176	<i>Campbell Dudek Smith</i> (CDS), <i>Nawaz Enscore Ham</i> (NEH) dan <i>Palmer</i>	Perusahaan ini selalu menekankan pentingnya waktu ketika memenuhi kebutuhan pelanggan. Meskipun daya mesin yang dipunyai masih memadai, hasil produksinya belum bisa memenuhi permintaan konsumen dengan ketepatan waktu, yang menyebabkan terjadinya pengiriman terlambat.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode <i>Campbell Dudek Smith</i> (CDS) memberikan minimum dengan urutannya penjadwalan J2-J4-J5-J1-J3. Dimana diketahui bernilai 1449805 detik, dan waktu aliran rata-rata bernilai 888889 detik. penghematan -nyabernilai 140290 detik atau setara 38 jam 58 menit 10 detik (8,82%) dari kondisi awal
2	(Puji Asih, Iva Mindhyani, Tatak Prakoso 2022)	“Analisis Penjadwalan Proses <i>Packing Arumanis</i> Dengan Menggunakan Metode CDS (<i>Campbell Dudek Smith</i>) dan NEH (<i>Nawaz Enscore Ham</i>) Studi Kasus di UMKM Arumanis Haji Ardi Sleman”	Jurnal ReKayasa Industri(JRI), Vol. 4 No. 1 April 2022 p-ISSN: 2714-8882 / e-ISSN: 2714-8874	Metode <i>Campbell Dudek Smith</i> (CDS) dan <i>Nawaz Enscore Ham</i> (NEH)	Perusahaan menghadapi masalah terkait jadwal pengiriman pesanan yang tidak tepat, akibat seringnya keterlambatan dalam proses penjadwalan <i>packing</i> produk.	penjadwalan Perusahaan punya urutannya 1-2-3-4 dengan bernilai 44.395.142,92 detik. Penjadwalannya pada Metode CDS punya urutan yaitu 4-3-2-1 dengan bernilai 44.335.921,92. Dan untuk penjadwalannya pada NEH punya urutan yaitu 2-1-3-4 dengan diketahuibernilai 44.515.921,12.

Tabel 2.1 Lanjutan

3	(Novika Zuya dan Mentari Oktaria Gurusinga 2023)	<p>“Usulan Penjadwalan Jobmenggunakan <i>Campbell Dudek Smith</i> (CDS) serta Metode <i>Nawaz Enscore Ham</i> (NEH) Meminimalkan <i>Makespan</i> Proses Produksi Pistol Mainan Di PT. ABC”</p>	<p>Talenta Publiser 6(1).doi:10.32734/ee.v6i1.1904</p>	<p><i>Campbell Dudek and Smith</i> (CDS) dan <i>Nawaz Enscore Ham</i> (NEH)</p>	<p>Perusahaan kurang optimal dalam memenuhi permintaan konsumen, hal ini akan mengakibatkan terjadi nya keterlambatan pengiriman yang menyebabkan <i>complain</i> pihak konsumen.</p>	<p>Ketepatan metode untuk dipergunakan yaitu metode <i>Campbell Dudek Smith</i> (CDS) dikarenakan punya nilai terkecil yaitu bernilai 44.335.821,12 detik dengan presentase perbandingannya antara kedua metodelyaitu 0,4%.</p>
4	(Rosi Indah Safitri 2019)	<p>“Analisis Sistem Penjadwalan Produksi Berdasar Pesanan Pelanggan dengan Metode FCFS, LPT, SPT dan EDD</p>	<p>Jurnal Teknik Industri (2019) Vol. 1 No. 2, 26-30</p>	<p>Metode FCFS, LPT, SPT dan EDD</p>	<p>Sekarang perusahaan sistem penjadwalan berbasis First Come First Serve (FCFS).</p>	<p><i>Makespan</i> dengan algoritma CDS bernilai 1724, sedangkan untuk perhitungan NEH diperoleh hasil penjadwalan bernilai 1394 jam dengan urutan job nya JA-JC-JD-JE-JB. Dengan demikian metode <i>Nawaz Enscore Ham</i> (NEH) lebih baik diterapkan diperusahaan karena memiliki penghematan waktu proses bernilai 252 menit.</p>

5	(Muhammad Irsyad Nuriza dan Teguh Oktiarso 2020)	"Penjadwalan Produksi Dengan Algoritma <i>Dannenbring</i> dan <i>Branch and Bound</i> pada Produksi Atap Galvalium Di PT NS Bluescope Lysaght Indonesia"	JOURNAL OF INTEGRATED SYSTEM VOL. 3 NO.2, DESEMBER 2020: 148-160	<i>Dannenbring</i> dan <i>Branch and Bound</i>	Meskipun menggunakan metode ini, masih terdapat keterlambatan penyelesaian produk yang dipesan oleh pelanggan.	panjadwalan perusahaan yaitu 9,39 jam dengan urutannya J1-J2-J3. Metode <i>Nawaz Enscor Ham</i> (NEH) lebih efisien untuk diaplikasikan di rumah industri walyu.
6.	(Ni Kadek Desi Puja Antari, Luh Putu Ida Harini, dan Ni Ketut Tari Tastrawati 2021)	"Analisis Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode <i>Campbell</i> <i>Dudek</i> dan <i>Dannenbring</i> Dalam Meminimumkan Total Waktu Produksi Beras"	E-Jurnal Matematika Vol. 10(4), November 2021, pp. 215-221	Metode <i>Campbell</i> , <i>Dudek</i> , <i>Smith</i> (CDS) dan <i>Dannenbring</i>	Produksi di perusahaan ini didasarkan pada sistem Pemesanan berupa <i>job order</i> sehingga sering kali menyebabkan akumulasi pekerjaan yang menumpuk	Berdasar hasil perhitungan metode <i>Branch and Bound</i> memperoleh nilai bernilai 639,580 detik dengan urutan prosesnya 1-4-3-2. Sedangkan metode <i>Dannenbring</i> menghasilkan nilai -nyaberilai 677,740 dengan urutan 3-2-4-1. Dengan demikian, metode yang tepat diterapkan Perusahaan yaitu metode <i>Branch and Bound</i>
					Berdasar hasil dan pembahasan, bisa ditarik simpulan bahwa perhitungan total waktu penyelesaian pekerjaan yang minimum untuk tanggal 2 Januari hingga 31 Januari 2021 dengan mengaplikasikan metode <i>Campbell</i>	

Tabel 2.1 Lanjutan

	7.	(I D Utami, I Kuswandi, D E Wibowo 2020)	“ <i>Comparison of Scheduling Methods: Campbell Dudek Smith, Palmer Dannenbring to Minimize Makespan</i> ”	<i>International Conference on Scienste Technology,Journal of Physics:Conference Series</i> ,1569 (2020) 032019 IOP Publishingdoi:10.1088/1742-6596/1569/3/03209	Metode <i>Campbell, Dudek, Smith (CDS), Palmer Dannenbring</i> dan	Perusahaan ini mengalami permasalahan pada proses produksi komponen tertunda, perakitan dan pengiriman barang tertunda, hal ini dikarenakan produksi yang masih belum sesuai dengan rencana, dan pengiriman ke area perakitan yang sering tertunda sehingga proses perakitan terhambat.	<i>Dudek Smith</i> menghasilkan nilai yang lebih kecil atau setara dibandingkan dengan hasil perhitungan mengaplikasikan metode <i>Dannenbring</i> . Hasil dari penjadwalan menunjukkan bahwa metode <i>campbell dudek smith</i> adalah yang terbaik untuk meminimumkan . Urutan penjadwalannya dimulai dari job 13-6-5-3-10-4-9-1-7-8-18-11-14-19-17-2-20-12-15-16. Kemudian penjadwalan FCFS memiliki <i>maskepan</i> bernilai 47,99 jam hingga 46,03 jam, dengan begitu metode CDS bisa mengurangi -nyabernilai 1,96 jam, atau 117,84 menit.
8.	(I Rizkya, K Syahputri, R M Sari, I Siregar, M Tambunan, Anizar, U Tarigan, N Isnaini 2019)	“ <i>Nawaz Ensore Ham (NEH) Algorithm To Minimization of Makespan In Furniture Company</i> ”	IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 505 (2019) 012077 doi:10.1088/1757-	Metode <i>Nawaz Ensore Ham (NEH)</i>	Perusahaan sering mengalami keterlambatan pengiriman ke pelanggan karena waktu pemrosesan produk yang lama. Sistem penjadwalan yang	Hasil yang diperoleh dari algoritma menunjukkan bahwa waktu yang diperlukan guna menyelesaikan produk lebih singkat di bandingkan dengan metode sebenarnya yang	

9.	(Chamdan Mashuri, Ahmad Heru Mujianto, Hadi Sucipto, Rinaldo Yudianto Arsam, dan Ginanjar Setyo Permadi 2019)	"Production Optimization Using Campbell Dudek smith (CDS) Algorithm for Production Scheduling."	E3S Web of Conferences 125 , 2 030 9 (2019) ICENIS 2019 https://doi.org/10.1051/e3sconf/2019125231009	Metode <i>Campbell Dudek Smith</i> (CDS)	Permasalahan yang dihadapi yaitu kurangnya optimalisasi dibagian produksi, diantara yang mempengaruhinya yaitu waktu produksi setiap mesin dan ketidakaturan terhadap permintaan produksi.	dipergunakan FCFS tidak dapat membuat penjadwalan yang sesuai dengan kondisi Perusahaan. Dan menyebabkan durasi waktu total (<i>due date</i>) untuk seluruh pesanan dan yang didapatkan tidak memenuhi batas waktu.	diterapkan Perusahaan, algoritma NEH mampu meminimalkan bernilai 5,07 % dibandingkan sistem penjadwalan FCFS. Kinerja algoritma NEH juga terbukti lebih baik dibandingkan metode sebenarnya dengan nilai indeks efisiensinya 1,05 %. Dengan urutan job E- Job D- Job F- Job C-Job B- Job A. nilai 1470,69 jam.
			899X/505/1/012077		Permasalahan yang dihadapi yaitu kurangnya optimalisasi dibagian produksi, diantara yang mempengaruhinya yaitu waktu produksi setiap mesin dan ketidakaturan terhadap permintaan produksi.	diterapkan Perusahaan, algoritma NEH mampu meminimalkan bernilai 5,07 % dibandingkan sistem penjadwalan FCFS. Kinerja algoritma NEH juga terbukti lebih baik dibandingkan metode sebenarnya dengan nilai indeks efisiensinya 1,05 %. Dengan urutan job E- Job D- Job F- Job C-Job B- Job A. nilai 1470,69 jam.	Penerapan algoritma CDS untuk mengoptimalkan waktu produksi perusahaan dengan 12 produk yang dihasilkan pada masing-masing jenis panci mendapatkan enam iterasi dan dari enam iterasi itu nilai minimum -nya adalah bernilai 210,12 menit dengan <i>work order</i> 20 - grid 18 - grid 16 -wajan 14 - wajan 12. Berdasar hasil tersebut diperoleh nilai minimum bernilai 210,12 menit dengan urutan produk

Tabel 2.1 Lanjutan

10	(Diki Arifandi, Trifandi Lasalewo, dan Hasanudin 2022)	"Analisis Metode NEH Untuk Meminimalkan <i>Makespan</i> Pada penjadwalan Produksi di Rumah Industri Wahyu"	Jambura Industrial Review (JIREV)DOI10.3790 5/jirev.2.2.65-74	Metode <i>Nawaz Enscore Ham</i> (NEH)	Terjadi terlambatnya ketika penyelesaian produk yang dipesan oleh para konsumen. Ketepatan waktu dalam penyelesaian produk ini sangat mempengaruhi terhadap kepuasan pelanggan dan bisa meningkatkan permintaan terhadap produk tersebut.	<p>wajannya 20</p> <p>- wajan 18 - wajan 16 - wajan 14 - wajan 12. Adapun hasil uji penerapan akurasinya memperhatikan bernilai 99,99% untuk pertama kali dan bernilai 99,96% untuk kedua kalinya daripada perhitungan manual. Berdasar hasil tersebut bisa membantu optimalnya proses produksi.</p> <p><i>Makespan</i> mengaplikasikan metode NEH dengan nilai bernilai 3.44 jam serta urutannya yaitu J2-J1-J3. <i>Makespan</i>-nya yang diperoleh dari penjadwalan di rumah industri wahyu bernilai 9,39 jam dengan urutan J1-J2-J3. Adapun metode <i>Nawaz Enscore Ham</i> (NEH) memperoleh nilai seminim mungkin, dengan begitu lebih efisien untuk diaplikasikan dirumah industri wahyu.</p>
----	--	--	---	---------------------------------------	---	--

Tabel 2.1 Lanjutan

11.	(Wingga Bagaskara, Khoiriyah, Syakhroni 2023)	"Strategi Produksi dengan Metode <i>Campbell Dudex Smith</i> dan <i>Heuristic Palmer</i> "	Jurnal Teknik Industri (JURTI) Vol. 2, No. 1, Bulan Juni tahun 2023, pp. 37 - 45	Metode <i>Campbell Dudex Smith</i> dan <i>Heuristic Palmer</i>	Diketahui waktu pengerjaan total () dan waktu menganggur (<i>idle</i>) tidak diketahui secara pasti. Akibatnya sulit untuk menentukan jadwal proses produksi dan tidak relevansinya terhadap pemenuhan permintaan barang tidak relevan dengan tanggal akhir yang sudah disepakati dengan pelanggan.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa CDS konvensional menghasilkan nilai total -nya bernilai 305 menit dengan urutannya 1-4-3-2. CDS parsial memperoleh nilai total -nya bernilai 310 menit dengan urutannya 4-1-3-2 dan heuristik palmer memperoleh nilai -nya bernilai 315 menit dengan urutannya 3-1-2-4, jadi yang paling optimal yaitu metode CDS Konvensional
-----	---	--	--	--	---	---

Ada beberapa metode yang bisa dipergunakan untuk menghitung terhadap penjadwalan produksi, diantaranya *Campbell Dudek Smith (CDS)*, *Nawaz Enscore Ham (NEH)*, *Dannenbring*, *Palmer*, *Branch and Bound*, FCFS, LPT, SPT, dan EDD.

Tabel 2.2 Karakteristik Metode

METODE	KARAKTERISTIK
<i>Campbell Dudek Smith</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengembangkan peraturan <i>johnson</i> 2. Bisa menyelesaikan masalah penjadwalan <i>flowshop</i> Dimana tiap pekerjaan atau tugas diharuskan melewati tiap mesin. 3. Metode ini cocok dalam jumlah pekerjaan dan mesin yang berbeda karena menggunakan banyak tahapan iterasi (alternatif urutan pekerjaan) 4. Pengurutan pekerjaan dilakukan berdasar waktu proses kerja yang paling singkat saat produksi. 5. Dapat menawarkan banyak opsi penjadwalan alternatif
<i>Nawaz Enscore Ham</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Job</i> dengan durasi proses yang lebih lama harus mendapat prioritas lebih tinggi dibandingkan <i>job</i> dengan durasi yang lebih pendek. 2. Bisa dipergunakan penjadwalan produksi dengan banyak variasi produknya. 3. Urutan <i>job</i> dapat dimulai secara menurun berdasar pada waktu proses total setiap <i>job</i>.
<i>Palmer</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode ini mengurutkan pekerjaan tugas menurut indeks prioritas, dengan nilai tertinggi dijadwalkannya dulu. 2. Sekadar menghasilkan satu pilihan penjadwalan
<i>Dannenbring</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengembangkan peraturan <i>johnson</i> 2. Menyelesaikan masalah dengan mesin yang lebih dari dua 3. Dipergunakan guna mencari nilai <i>makespan</i> yang paling kecil dengan menyesuaikan posisi <i>job</i> berdasar waktu proses paling kecil sampai paling besar.
<i>First Come First served (FCFS)</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengutamakan pekerjaan yang tiba lebih dulu guna diproses lebih dulu 2. Proses ini mudah diterapkan dan diatasi karena tidak mengutamakan prioritas tugas dan permintaan, melainkan hanya waktu diperkirakannya yang dibutuhkan guna menyelesaikan tiap tugasnya.

Tabel 2.2 Lanjutan

<i>Shortest Processing Time (SPT)</i>	1. Menyusun prioritas penyelesaian terhadap proses produksi berdasar tecepatnya durasi proses. Dengan pendekatan ini, pekerjaan yang selesai lebih cepat memungkinkan mesin-mesin di tahap berikutnya untuk menerima tugas lebih awal.
<i>Earliest Due Date (EDD)</i>	1. Menyusun urutan pekerjaan berdasar batas waktu (<i>due date</i>) yang terdekat. Yang punya tenggat awal terhadap suatu pekerjaan harusnya dijadwalkan lebih awal dibandingkan yang punya tenggat waktunya lebih lambat.
<i>Longlest Processing Time (LPT)</i>	1. Metode yang punya prinsip berbeda dari SPT, yaitu mengutamakan penyelesaian proses produksi berdasar durasi proses yang paling lama.

Dalam penelitian ini penulis hanya memilih 2 metode yaitu “*Campbell Dudek Smith (CDS)*” dan “*Nawaz Enscore Ham (NEH)*”. Karena dalam permasalahan yang dihadapi yaitu keterlambatan pengiriman barang yang terjadi secara terus menerus, kedua metode ini lebih optimal guna menangani permasalahan tersebut, dimana nantinya bisa dilihat perbandingan bagaimana perhitungan dengan urutan terkecil, dan bagaimana perhitungan dengan urutan yang terbesar terlebih dahulu. Penulis tidak memilih *Dannenbring* karena memiliki proses perhitungan yang sama seperti metode CDS, yaitu mengaplikasikan algoritma *johnson*. Selanjutnya untuk metode palmer karena hanya memiliki satu opsi penjadwalan dan perhitungan sederhana, untuk metode FCFS memiliki kelemahan yaitu mengabaikan informasi krusial mengenai tenggat waktu pengiriman dan durasi proses yang diperlukan. Selanjutnya metode LPT perhitungan hampir sama dengan metode NEH diambil waktu yang lama, metode SPT punya kelemahan dalam menunda pekerjaan yang memerlukan durasi lama, dengan begitu apabila tenggat waktu pekerjaan itu mendekat, maka pekerjaan baru selesai jauh sesudah tenggat waktu tempo yang diinginkan. Sedangkan metode EDD penulis tidak mengambil metode ini dikarenakan metode ini punya kelemahan dalam meningkatkan jumlah pekerjaan yang terlambat dan memperbesar rata-rata keterlambatan (*mean tardiness*). Berdasar pernyataan bahwa metode tersebut kurang efektif dalam penjadwalan. metode *CDS* sudah

mengkaji beberapa metode dengan begitu luas dan mengkaji juga terhadap kinerja yang dikerjakan sebagaimana yang bisa dilakukan perbandingan metode CDS dan NEH pada umumnya diketahui lebih efektif daripada dengan metode *Dannenbring*, palmer, FCFS, LPT, SPT dan EDD.

2.2 Landasan Teori

Penjadwalan merupakan hal krusial bagi perusahaan guna mendapat manfaat yang optimal dari sumber daya produksi yang dipunyai. Berikut adalah tinjauan pustaka yang menjelaskan permasalahan terkait penelitian Tugas Akhir ini:

2.2.1 Penjadwalan Produksi

Adapun Penjadwalan adalah alat pengambilan keputusan krusial dalam industri manufaktur maupun jasa. Dalam dunia yang semakin kompetitif saat ini, optimalnya dan keefektifan terhadap penjadwalan produksi sangat diperlukan supaya permintaan pelanggan bisa terpenuhi secara baik, hal tersebut akan berdampak positif bagi perusahaan.

2.2.2 Pengertian Penjadwalan Produksi

Henry Laurence Gantt adalah orang yang pertama yang memperkenalkan sistem penjadwalan atau penjadwalan. Sistem ini pertama kali diperhatikan sekitar awal tahun 1900-an. Penjadwalan mulai masuk keriset operasi pada tahun 1950-an. *Dynamic programming* dipergunakan untuk memecahkan masalah penjadwalan tersebut. Seiring perkembangan teknologi penjadwalan, para programmer, ahli riset operasi, dan insinyur industri mulai tertarik untuk mempelajari terkait kompleksnya masalah penjadwalan.

Adapun penjadwalan ditafsirkan sebagai penempatan sumber daya guna menyelesaikan sejumlah tugas pada periode khusus. Penjadwalan dapat memilih urutan operasi (*routing*), waktu mulainya dan selesainya (*timing*), dan urutan produksi (*sequencing*). Masalah dengan penjadwalan ini selalu berhubungan dengan posisi urutan produksi, yang ditafsirkan sebagai pemutusan urutan kedatangan dari berbagai tugas yang seharusnya diselesaikan pada periode khusus. (Bakery K.R., 1974)

Adapun perencanaan dan penjadwalan berbeda dalam hal kerangka waktu (*time frame*). Perencanaan adalah tugas yang lebih rinci untuk mengerjakan suatu kegiatan dalam jangka periode yang pendek (jam, hari, atau minggu). Fokus utama program ini adalah sumber daya terbatas yang tersedia untuk menyelesaikan tugas setiap saat (Michael,1993)

2.2.3 Fungsi Penjadwalan Produksi

Untuk memastikan proses produksi berjalan lancar dan tepat waktu, penjadwalan produksi sangat penting, mengurangi waktu produksi, dan memproduksi produk dengan kualitas dan kuantitas yang diinginkan agar tepat waktu(Nasution H.A.,1990).

2.2.4 Tujuan Penjadwalan Produksi

Adapun menurut Baker (1974), terkait penjadwalan punya berbagai tujuan diantaranya:

1. Meningkatkan produksi mesin, sehingga bisa membantu pengurangan dalam waktu nganggur;
2. Meminimalisir inventaris barang setengah jadi, atau kata lain pekerjaan pada proses, sehingga membantu pengurangan biaya penyimpanan dimana dengan pengurangan terhadap jumlah pekerjaan rata-rata yang menunggu pada antrian mesin dikarenakan mesin terlalu sibuk;
3. Memperkecil waktu keterlambatannya akibat tempo waktu terlewat dengan meminimalisir jumlah pekerjaan yang tertunda dan waktu keterlambatan maksimal.
4. Mengurangi biaya produksi
5. Menjaga batas waktu, karena jika terlambat, ada denda atau hukuman (*pinalty*).

Tujuan penjadwalan menurut Nasution (1999) yaitu:

1. Mengoptimalkan pemakaian sumber daya atau mempersingkat waktu tunggu untuk menurunkan total waktu proses dan produktivitasnya.
2. Memperkecil persediaan terhadap barang setengah jadi atau memperkecil jumlah pekerjaan yang menunggu dalam antrian waktu proses selesai. Dengan sumber daya yang ada, masih ada pekerjaan yang harus

diselesaikan. Menurut teori Barker, jika aliran kerja jadwal konstan, antrian yang mengurangi waktu alir rata-rata akan memperkecil persediaan barang setengah jadi rata-rata.

3. Memperkecil jumlah pekerjaan dengan tempo waktu penyelesaiannya, yang bisa memperkecil biaya keterlambatannya.
4. Membantu terkait penentuan putusan rencana daya pabrik dan jenis daya yang diperlukan, dengan begitu dapat menghindari mahal biaya.

Adapun salah satu hal yang harus dipertimbangkan saat merencanakan jadwal produksi adalah ketersediaan sumber daya, yaitu tenaga kerja, peralatan, dan bahan baku. Penjadwalan bisa dianggap sebagai proses yang berubah-ubah dikarenakan sumber daya, terutama bahan baku dan operator, dapat berubah-ubah. Akan ada penjadwalan tambahan yang harus ditentukan kapan pekerjaan dapat dimulai dan diselesaikan untuk membantu MPS.

2.2.5 Istilah-istilah Dalam Pekerjaan

Baker (2009) menyebutkan istilah berikut saat berbicara tentang penjadwalan:

1. Waktu siap, yang memperlihatkan ketika pekerjaan siap untuk dikerjakannya.
2. Waktu menunggu, yang menunjukkan berapa lama suatu pekerjaan telah selesai sebelum diproses.
3. Waktu yang dipergunakan guna menyelesaikan tugas
4. Waktu aliran ditafsirkan sebagai jumlah waktu yang dipergunakan guna menyelesaikan tugas antara pekerjaan j dan pekerjaan j selesai diperlukan guna menyelesaikan operasi j pada mesin, termasuk waktu persiapan dan pengaturan, dihitung dalam waktu proses $C_j = F_j + r_j$.
5. Waktu proses adalah waktu yang dipergunakan guna menyelesaikan suatu proses operasi atau proses ke- i dari pekerjaan ke- j . Ini juga meliputi waktu guna menyiapkan dan mengatur proses.
6. Tenggat waktu penyelesaian pekerjaan ke- j

7. Keterlambatan adalah jumlah waktu yang berlalu antara *deadline*. Jika $L_j = C_j - d_j < 0$, maka penyelesaian memenuhi batas akhirnya, dan jika $L_j = C_j - d_j > 0$, maka penyelesaian melewati batas akhirnya.
8. Keterlambatan, yang merupakan keterlambatan yang bernilai positif, didefinisikan sebagai tingkat keterlambatan yang signifikan dalam menyelesaikan tugas.
9. Keterlambatan yang bernilai negative dikenal sebagai keterlambatan.

2.2.6 Jenis-Jenis Penjadwalan

Adapun total pekerjaan yang akan dilakukan dan jumlah mesin yang dapat dipergunakan akan sangat memengaruhi jadwal produksi (Nasution H.A., 1999)

1. Penjadwalan terhadap jumlah pekerjaan
2. Ketersediaan jumlah alat
3. Pengukuran terhadap berhasilnya pelaksanaan jadwal
4. Strategi untuk merekrut karyawan
5. Tipe aliran dalam proses produksi

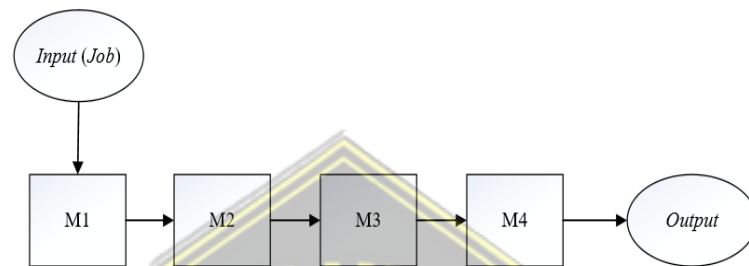
Adapun menurut Conway (2001), permasalahan terkait penjadwalan bisa dikategorikan berdasar beberapa factor:

1. Total mesin, ini dibagi ke dalam dua hal:
 - a. Penjadwalan untuk satu mesin, dan
 - b. Jadwal dua mesin
2. Dua jenis pola pada kedatangan *Job*:
 - a. Statik: semuanya tugas muncul dengan barengan dan siap untuk dieksekusi pada mesin yang tidak bekerja;
 - b. Dinamis: semua tugas muncul secara random selama penjadwalan.
3. Informasi deterministik dan stokastik adalah dua komponen sistem informasi.

Informasi ini meliputi informasi terkait karakteristik pekerjaan, contohnya jumlah, kapasitas, fleksibilitas, dan efisiensi pemakaian untuk berbagai tugas. Ini juga mencakup informasi terkait karakteristik mesin, seperti saat kedatangan, batas waktu penyelesaian, operasi yang banyak, dan waktu proses tiap-tiap operasi.

1. Aliran proses: Ini terdiri dari tiga bagian: “*pure flowshop*, *general flowshop* dan *jobshop*.” Ini adalah penjelasan tentang ketiganya itu.

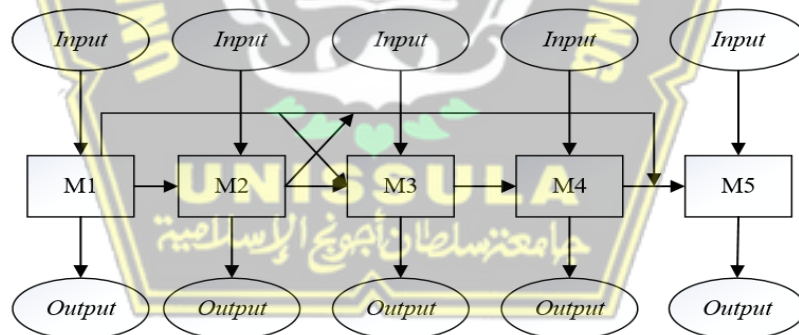
- a. *Pure Flowshop*, diketahui punya pola aliran proses yang sama. Tiap *job* melalui semua proses mesin dari awal hingga akhir dengan relevan urutannya tertentu.



Gambar 2. 1 Pola aliran *Flow Shop*

Sumber : (Conway, 2001) pada (Putra 2019)

- b. *General Flowshop*, diketahui punya pola aliran proses yang berbeda. Tiap-tiap *job* tidak harus melalui semua mesin yang aktif.



Gambar 2.2 Pola aliran *General Flowshop*

Sumber : (Conway, 2001) pada (Putra 2019)

Contohnya dari proses *flowshop* tabel bisa diperlihatkan pada tabel dibawah

Tabel 2.3 Contoh tabel *flowshop*

Mesin \ job	A	B	D
1	M1	M2	M3
2	M1	M2	M3
3	M1	M2	M3

Sumber : (Conway, 2001) pada (Putra 2019)

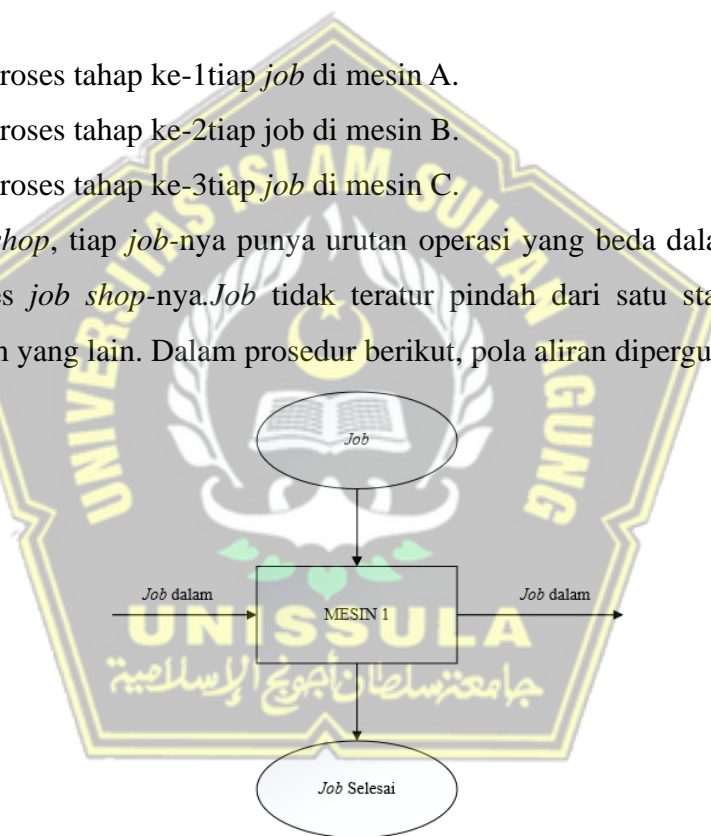
Penjelasan:

M1: durasi proses tahap ke-1 tiap *job* di mesin A.

M2: durasi proses tahap ke-2 tiap *job* di mesin B.

M3: durasi proses tahap ke-3 tiap *job* di mesin C.

- c. *Job shop*, tiap *job*-nya punya urutan operasi yang beda dalam pola aliran proses *job shop*-nya. *Job* tidak teratur pindah dari satu stasiun kerja ke mesin yang lain. Dalam prosedur berikut, pola aliran dipergunakan:

**Gambar 2.3** Pola aliran *jobshop*

Sumber : (Conway, 2001) pada (Putra 2019)

Contohnya dari proses *jobshop* tabel bisa diperlihatkan pada tabel dibawah

Tabel 2.4 Contoh tabel proses *jobshop*

Job \ Mesin	A	B	D
1	M1	M1	M1
2	M2	M2	M2
3	M3	M3	M3

Sumber : (Conway, 2001) pada (Putra 2019)

Adapun proses aliran pekerjaan antara stasiun kerja atau mesin mengikuti pola yang sama dengan sistem di toko kerja, dimana mesin diurutkan berdasar fungsinya. Beberapa aspek dari proses inidiantaranya:

1. Alat-alat untuk menangani bahan dan produksi serbaguna bisa disesuaikan untuk mengatasi berbagai jenis produk.
2. Berbagai produk diproses pada lot atau batch.
3. Pemrosesan pesanan memerlukan pengendalian dan perencanaan yang *komprehensif* mengenai perubahan pola aliran dan jarak antara stasiun kerja.
4. Suatu pengendalian memerlukan informasi detail terkait pekerjaan dan rantai produksi, seperti urutan prosesnya, prioritas permintaannya, waktu yang diperlukan untuk tiap pekerjaannya, status pekerjaannya dalam proses, daya stasiun kerja dan daya stasiun kerja kritis yang dibutuhkan dalam jangka waktu tertentu.
5. Stasiun kerja mengalami variasi beban yang mencolok dan punya tingkat pemanfaatan yang bervariasi.
6. Perencanaan pembelian harus disesuaikan dengan tersedianyaberbagai sumber, termasuk material, staf, dan peralatan.
7. Sejumlah material yang dipergunakan dalam proses cenderung meningkat selama aliran proses, yang mengakibatkan antrian dan diketahui *work in process* yang begitu panjang,

8. Waktu total dari awal operasi hingga selesai operasi terakhir relatif lebih lama daripada dengan jumlah waktu operasi jika menggunakan metode penjadwalan tradisional, dan
9. Untuk pekerja langsung seringkali punya kemampuan dan keterampilan yang lebih baik dari pada pekerja untuk proses aliran. Di mana tiap *job* melalui urutan yang sama pada mesin, setiap proses *Flowshop* memiliki kesamaan pada pola alirnya. mengutarakan bahwasanya penjadwalan mesin produksi dibagi ke dalam dua kategori: penjadwalan mesin tunggal dan paralel. Dalam penjadwalan mesin tunggal, beberapa pekerjaan sering dikumpulkan pada satu mesin.

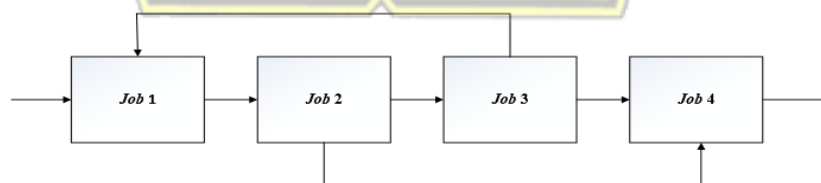
Di sisi lain, karena keterbatasan mesin untuk satu mesin, itu harus segera diselesaikan supaya tidak terjadi penumpukkan yang lebih besar.

2.2.7 Tipe penjadwalan Produksi

Penjadwalan produksi *jobshop* dan *Flowshop* terbagi menjadi dua kategori berdasar urutan produksi (Uttari, 2008)

1. Tipe *Job shop*

Ini melibatkan pola aliran pekerjaan melewati mesin dengan urutan yang tidak tetap. Hal ini juga berarti bahwa setiap pekerjaan bisa dijadwalkan pada satu atau lebih mesin dengan jenis pemrosesan yang sama atau berbeda. Proses yang dilakukan oleh *job shop* adalah sebagai berikut:



Gambar 2. 4 Aliran proses tipe *job shop*

Sumber : (Conway, 2001) pada Ulya (2022) pada (Dwi Susanti dan Pudji Widjajati 2023)

Adapun ini berbeda dari penjadwalan *flowshop*, ini dikarenakan:

- a. *Job shop* mengelola berbagai jenis produk dengan pola aliran yang beragam melalui berbagai pusat kerja.

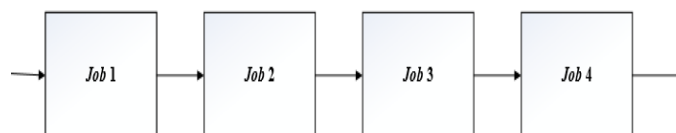
- b. Di *job shop*, peralatan dipergunakan secara bersamaan untuk berbagai pesanan selama proses produksi, sementara di *flow shop*, peralatan dipergunakan secara khusus untuk memproduksi satu jenis produk.
- c. Perbedaan dalam prioritas mungkin menentukan pekerjaan yang beda. Ini berarti bahwa pemesanan tertentu yang dipilih harus diproses segera setelah dikirim ke kantor. Karena *output* yang dibuat untuk tersedia seragam, *Flow shop* tidak mengalami masalah di atas. Tidak seperti tanggal pemrosesan, prioritas order *Flow shop* terutama disebabkan oleh pengirimannya. Dalam penjadwalan *job shop*, setiap operasi diwakili dalam triplet (i,j,k), yang artinya operasi ke-j, pekerjaan ke-i, memerlukan mesin ke-k. Untuk menyelesaikan masalah penjadwalan produksi *job shop*, anda dapat menggunakan metode penjadwalan *active* dan *non-delay*.

2. Tipe *Flow Shop*

Adapun pola tugas ini melakukan proses yang sama (searah) disebut penjadwalan *Flowshop*. Model *Flowshop* dianggap sebagai kumpulan operasi dengan struktur khusus dipergunakan. Adanya aliran kerja ini merupakan ciri dari jadwal *Flowshop*. Pola *Flowshop* murni dan umum adalah dua kategori utama (Arman, 1999).

a. *Flowshop* murni.

Situasi di mana setiap tugas harus menjalani satu proses pada setiap tahapannya, seperti harus melewati mesin 1, lalu ke mesin 2, selanjutnya ke mesin 3, dan begitu seterusnya sampai ke proses yang akhir, ini disebut sebagai sistem produksi *Flow shop* murni. Untuk gambar berikut menggambarkan sistem produksi dengan tipe ini.

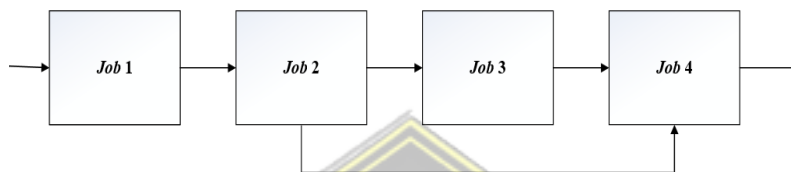


Gambar 2. 5 Aliran kerja *flowshop* murni

Sumber:(Conway, 2001) pada ulya (2022) pada (Dwi Susanti dan Pudji Widjajati 2023)

b. *Flowshop* umum.

Adapun situasi dimana sebuah *job* bisa melewati semua mesin produksi secara terurut, dari mesin yang awal sampai dengan yang terakhir, atau sekadar melewati beberapa mesin yang letaknya saling berdekatan dan mengikuti jalur yang sama, menggambarkan pola *Flow shop* umum. Contoh sistem produksi dengan pola ini diperlihatkan berikut ini.



Gambar 2.6 Aliran kerja *flowshop* umum

Sumber : (Conway, 2001) pada ulya (2022) pada (Dwi Susanti dan Pudji Widjajati 2023)

Ada tiga metode yang bisa dipergunakan guna menyelesaikan permasalahan penjadwalan produksi *flow shop*:

1. Metode *Campbell Dudek Smith*
2. Metode *Palmer*
3. Metode *Nawaz Ensore Ham*

2.2.8 Metode *Campbell Dudek Smith* (CDS)

Algoritma *johnson* memerlukan setiap mesin untuk menyelesaikan tugas. Metode *CDS* ditafsirkan sebagai evolusi dari algoritma ini. Setiap mesin beroperasi menurut urutan proses produksi. Tujuan penjadwalan adalah guna memperoleh urutan tugas terbaik dengan nilai terkecil. Saat ini, teori penjadwalan didasarkan pada algoritma *johnson*, suatu aturan yang dirancang untuk meminimalkan dua mesin. (Campbell, 1970)

Algoritma *johnson* dipergunakan untuk memformulasikan masalah *johnson* dimana j *job* yang diolah pada 2 mesin dimana diketahui $t_{j,1}$ merupakan durasi proses di mesin 1 dan $t_{j,2}$ merupakan durasi proses di mesin 2. Prosedur perhitungannya dilakukan seperti berikut:

1. Menentukan nilai $(t_{j,1}, \dots, t_{j,2})$.

2. Apabila waktu proses minimalnya ditemukan pada mesin pertama (misalnya, $t_{j,1}$), tempatkan *job* tersebut pada awal deret penjadwalan.
3. Jika waktu proses minimal ditemukan pada mesin ke-2 (misalnya, $t_{j,2}$), tempatkan *job* itu pada posisi akhir deret penjadwalan, dan
4. Hapus pekerjaan-pekerjaan itu dari daftar dan susunlah mereka kedalam deret penjadwaan. Waktu total $t_{1,1}$ adalah waktu proses job 1 pada mesin 1. Waktu total $t_{1,2}$ adalah $t_{1,1} + t_{2,1}$, waktu total $t_{2,1}$ adalah $t_{1,1} + t_{2,1}$, waktu total $t_{2,2}$ adalah maksimum $\{t_{1,2} + t_{2,2}\} + t_{2,2}$, dan seterusnya. Berikut ini prosedur persamaan algoritma CDS dengan menghitung persamaan matematis:

$$\begin{aligned} t_{i,1}^k &= \sum_{k=1}^k t_{i,k} \\ t_{i,2}^k &= \sum_{k=1}^k t_{1,m-k+1} \end{aligned} \quad (1)$$

Jika ada pekerjaan yang sisa, ulangilah langkah pertama; apabila tidak, penjadwalan sudah selesai.

Penggunaan aturan Johnson *multi-stage* terhadap masalah yang baru yang asalnya dari penggunaan sebelumnya dengan waktu pemrosesan tahap adalah bagian dari metode CDS.

1. Dalam konteks ini, aturan Johnson dipergunakan pada tahap awal dan kedua, serta pada tahap akhir. Dengan kata lain, aturan ini diterapkan pada waktu pemrosesan awal dan akhir dalam setiap tahapan proses.

Untuk tiap tahapan, pesanan pekerjaan yang didapatkan dipergunakan guna mengevaluasi apakah mereka sesuai dengan masalah sesuai kenyataannya. Untuk menangani hubungan pada tahapan itu, metode tertentu mungkin dapat mengevaluasi kesesuaian setiap pilihan pada tahapan tertentu. Para penulis mengaplikasikan aturan kedua pekerjaan pada tahap sebelumnya untuk mengusulkan hubungan di antara pasangan pekerjaan dalam penyajian awal.

Metode CDS menggabungkan stasiun kerja saat ini menjadi dua kelompok mesin, dan urutan prioritas terbaik dipilih berdasar waktu proses tercepat. Job ditampilkan di urutan depan jika waktu proses terkecil ditemukan di mesin

pertama, dan di urutan belakang jika waktu proses terkecil ditemukan di mesin kedua. Proses penjadwalan algoritma CDS adalah sebagai berikut:

1. Ambil urutan yang pertama $k = 1$. Untuk seluruh tugas yang ada, cari nilai t_k dan t_k yang merupakan waktu proses mesin pertama dan kedua pada iterasi ke- k
2. Apabila waktu minimum diperoleh oleh mesin pertama (misalnya t_k), tempatkan tugas pada urutan yang awal, dan jika waktu minimal diperoleh oleh mesin kedua (misalnya t_k), tempatkan tugas pada urutan terakhir.
3. Pindahkan berbagai tugas itu dari daftar dan urutkan mereka. Apabila ada tugas yang tersisa, ulangilah langkah 1, dan jika tidak, pengurutan telah selesai.

Dalam jurnal "*A new heuristic for the n-job, m-machine flowshop problem*", Hamid Davoud Pour (2010) menyatakan bahwa Campbell et al. (1970) mengusulkan generalisasi *heuristic* dari algoritma tiga-mesin *Johnson*. Metode ini menghasilkan sekumpulan $m-1$ masalah dua-mesin buatan dari masalah m -mesin yang asli, di mana tiap masalah kemudian diselesaikan mengaplikasikan algoritma dua-mesin *Johnson*. Solusi terbaik dari $m-1$ solusi itu jadi solusi heuristik guna masalah m -mesin, seperti yang diungkapkan oleh *Dannenbring* (1977). melihat berbagai *algorithm* untuk banyak masalah *scheduling*, baik besar maupun kecil, dan menemukan bahwa CDS *algorithm* lebih baik daripada *algorithm* lainnya. Ini berarti, Campbell dkk. (1970) mengusulkan terhadap generalisasi heuristik dari algoritma *Johnson* untuk tiga mesin. Metode ini mendapatkan sekumpulan $m-1$ masalah dua-mesin dari masalah m -mesin yang sebenarnya, yang selanjutnya diselesaikan mengaplikasikan algoritma dua-mesin *Johnson*. Solusi heuristik terbaik dari sekumpulan $m-1$ itu dipergunakan sebagai solusi guna masalah m -mesin. *Dannenbring* (1977) mengomparasikan algoritma itu untuk berbagai masalah penjadwalan, baik yang besar maupun kecil, dan memberi simpulan bahwasannya algoritma CDS unggul dalam konteks ini.

Adapun metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) mungkin sebagai pendekatan heuristik yang paling penting untuk masalah penyesuaian.

Kekuatannya berasal dari dua sifatnya: (1) ini mengaplikasikan aturan pada model heuristic, dan (2) secara umum mendapat sejumlah jadwal yang memungkinkan untuk memilih jadwal terbaik.

Selanjutnya Campbell dkk. (1970) mengembangkannya terhadap perpanjangan algoritma Johnson, menurut Gupta dan Chauhan (2014) dalam jurnal "*A Heuristic Algorithm for Scheduling in a Flow Shop Environment To Minimize Makespan.*" Dengan mengubah mesin asli m menjadi dua mesin bantu, Campbell, Dudek, dan Smith (CDS) heuristic mendapatkan urutan $m-1$. Kemudian, dengan menggunakan aturan *Johnson* berulang kali, mereka memecahkan masalah dua mesin. Urutan terbaik akhirnya dipilih. Dibandingkan dengan varian heuristic lainnya, CDS heuristic menunjukkan kinerja yang lebih baik. Dalam algoritma CDS, aturan *Johnson* dipergunakan untuk masalah baru dalam berbagai tahap. Ini berarti bahwa aturan *Johnson* dipergunakan pada tahap pertama dan kedua, serta pada operasi yang diabaikan pada tahap kedua. Dengan kata lain, aturan *Johnson* dipergunakan pada jumlah pertama dan terakhir pada kedua waktu pemrosesan dalam tahap yang umum.

Untuk tiap tahapannya, pesanan pekerjaan yang dihasilkan dipergunakan guna mengevaluasi apakah mereka sesuai dengan masalah sesuai kenyataannya. Guna menangani hubungan pada tahapan tersebut, metode tertentu mungkin dapat mengevaluasi kesesuaian setiap pilihan pada tahapan tertentu. Para penulis mengaplikasikan aturan kedua pekerjaan itu pada tahap yang sebelumnya untuk mengusulkan hubungan di antara pasangan pekerjaan dalam penyajian awal.

Campbell Dudek Smith menyelidiki metodenya secara menyeluruh dan membandingkannya dengan heuristic Palmer untuk beberapa masalah. Mereka menemukan bahwasanya metode CDS secara umum lebih efektif daripada Palmer dan *Dannenbring* baik untuk permasalahan besar maupun kecil. Selain itu, jumlah waktu yang dibutuhkan guna mempertimbangkan juga sama (Campbell, 1970).

2.2.9 Nawaz Enscore Ham

Algoritma heuristic ini menyarankan supaya *job* dengan total waktu proses yang lebih lama diberi prioritas lebih tinggi dibanding dengan *job* yang total waktu prosesnya lebih pendek (Ariyanti, et al., 2018, seperti yang dikutip dalam

Annisya dan Saifudin 2020). Menurut Ginting (dikutip dalam Kurniawati dan Karim, 2016) sebagaimana disebutkan oleh Annisya dan Saifudin (2020), prosedur dalam metode NEH adalah sebagai berikut:

1. Menghitung banyaknya iterasi pada metode *Nawaz Ensore Ham* dengan persamaan berikut :

$$\text{Banyaknya Iterasi} = n \times \left(\frac{n+1}{2}\right) - 1 \quad (2)$$

Dimana n adalah jumlah *job* yang akan dijadwalkan.

2. Hitung terkait waktu total proses masing-masing *job*.
3. Urutkan pada *job* berdasar waktu proses terbesar.
Selanjutnya, mulailah dengan menguji dua urutan pertama dan hitung dari kedua kemungkinan urutan itu. Pilihlah urutan yang memiliki (C_{max}) dan *mean flow time* (\bar{F}) parsial yang terkecil. Urutan dengan terbesar akan dibuang atau tidak digunakan.
4. Setelah menentukan *makespan* untuk urutan dua *job*, tambahkan urutan tersebut ke dalam urutan parsial dengan memilih urutan yang menghasilkan terkecil.
5. Jika ada calon urutan parsial baru dengan *makespan* parsial yang sama, pilihlah calon yang memiliki *mean flow time* parsial yang lebih rendah. Jika *mean flow time* juga sama, pilihlah calon urutan parsial secara acak.
6. Teruskan perhitungan tersebut secara berkelanjutan hingga ditemukan urutan dengan terkecil.

2.2.10 Gantt Chart

Adapun diagram ini ditafsirkan sebagai diagram perencanaan yang dipergunakan guna mengatur waktu dan sumber daya. Ini adalah ilustrasi Teknik non matematis yang banyak dipergunakan dan sangat disukai oleh para manager dikarenakan mudah dibaca dan dipahami dan membantu pengguna memastikan bahwasanya semua kegiatan sudah direncanakan, urutan kinerja telah diperhitungkan, perkiraan waktu aktivitas sudah dicatat, dan total waktu proyek yang sudah dibuat. *Gantt chart* memiliki balok horizontal, atau bar horizontal, di seluruh garis waktu proyek. Penjadwalan operasi berulang juga dapat dilakukan dengan *Gantt chart*. Ini dipergunakan guna penjadwalan sederhana atau proyek

kecil atau tidak rumit, sedangkan network dipergunakan untuk penjadwalan proyek yang rumit (A. T. HIDAYAT, 2011) pada (Widyastuti, Irawan, dan Windarto 2019).

2.2.11 *Efficiency Index dan Relative Error*

Efficiency Index (EI) adalah alat untuk mengukur efisiensi penjadwalan produksi. Jika nilai *Efficiency Index* (EI) kurang dari 1, metode perusahaan lebih efektif dibandingkan metode lain; jika nilai EI lebih besar dari 1, metode alternatif lebih efektif dibandingkan metode perusahaan; atau apabila nilai EI lebih besar dari 1, kedua metode memiliki efektivitas yang setara. Strategi terbaik ditentukan dengan perhitungan EI. Ini rumusnya: (Mardiani 2021).

$$EI = \frac{\text{Makespan Perusahaan}}{\text{Makespan Alternatif}} \quad (3)$$

Relative Error (RE) dipergunakan guna menila perbedaan Makespan antara metode baru dan metode yang sebelumnya. Rumusnya yaitu: (Mardiani 2021).

$$RE = \frac{\text{Makespan perusahaan} - \text{Makespan alternatif}}{\text{Makespan alternatif}} \times 100\% \quad (4)$$

2.3 *Hipotesa dan Kerangka Teoritis*

Adapun hipotesa merupakan dugaan sementara terhadap masalah yang akan diteliti sedangkan kerangka teoritis merupakan dasar konseptual penelitian, dalam hal ini ialah penjadwalan dengan metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) dan *Nawaz Ensore Ham* (NEH), yang akan dijelaskan sebagai berikut :

2.3.1 *Hipotesa*

UMKM Family Aluminium telah memproduksi berbagai produk yang dapat dikirimkan ke pelanggan dengan mengaplikasikan aturan FCFS (*First Come First Served*) sebagai jadwal perusahaan dan metode produksi sesuai permintaan. Dalam nyatanya, proses penyelesaian produk pada sistem perusahaan diketahui masih kurang optimal, dengan keterlambatan yang sering terjadi. Jika ini berlanjut, kepercayaan pelanggan dapat hilang. Selama ini, satu-satunya cara untuk menentukan waktu penyelesaian produksi adalah dengan menggunakan perkiraan atau insting, tetapi sekarang tidak ada perhitungan yang pasti untuk

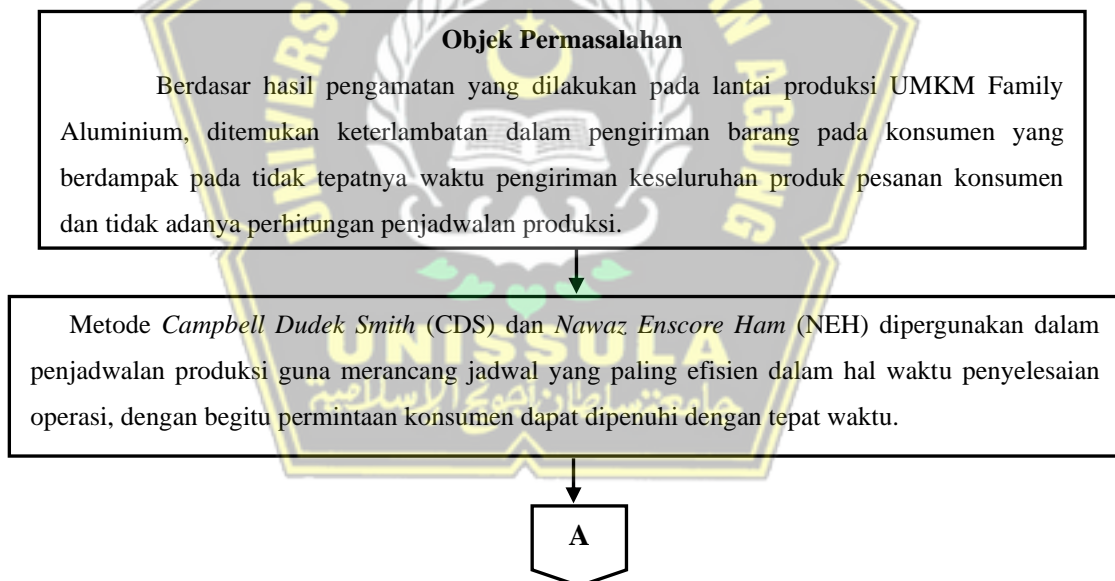
setiap proses produksi produk. Agar produksi tidak tertunda dikemudian hari. Maka dari itu diperlukan perhitungan proses produksi yang optimal dari masalah diatas.

Beberapa metode, seperti metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) dan *Nawaz Enscore Ham* (NEH), dapat dipergunakan guna menentukan proses produksi yang optimal, yang menjadi metode penulis guna menentukan proses produksi yang optimal.

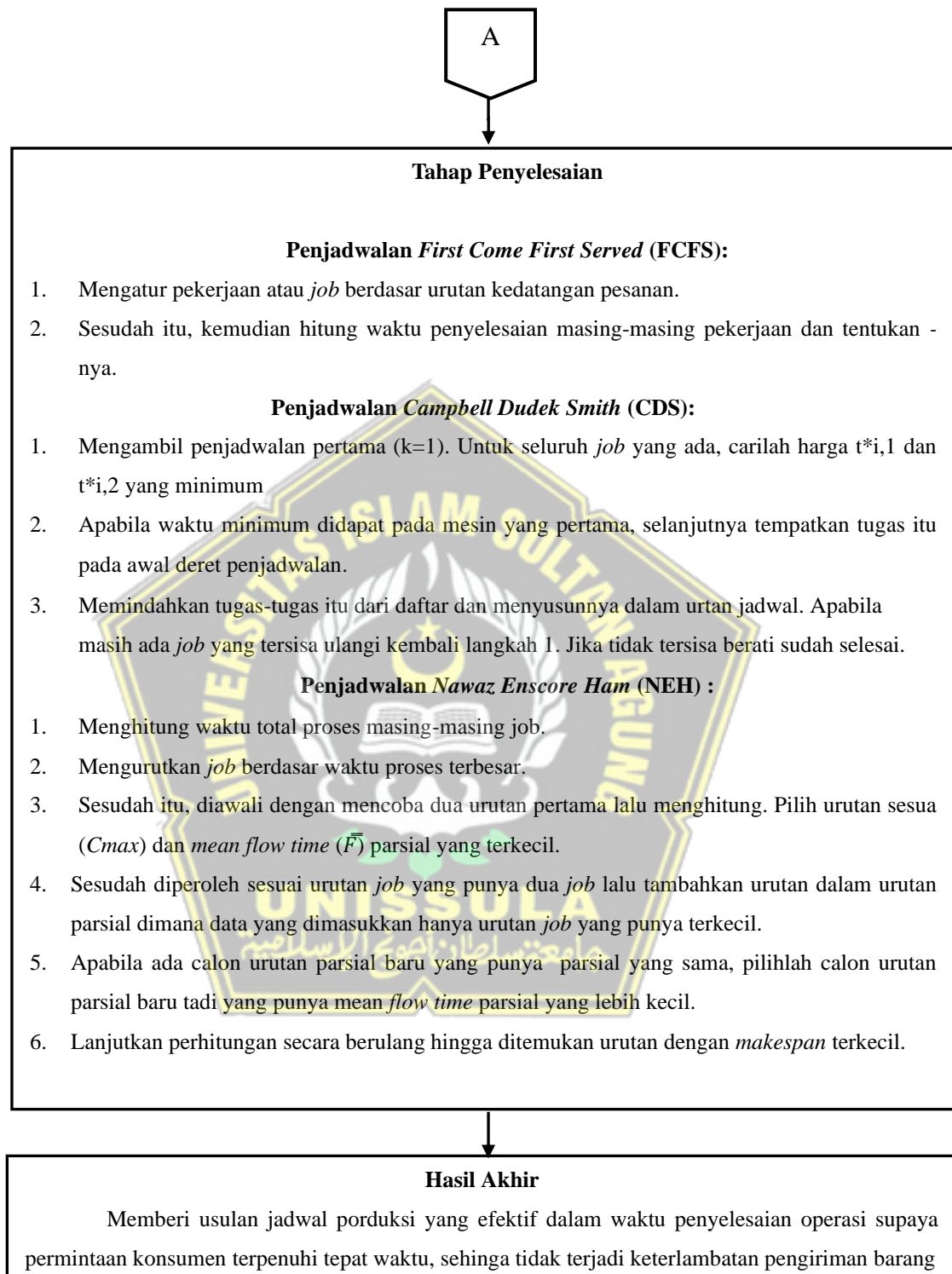
Adapun metode ini bisa menghitung waktu penyelesaian proses produksi (*Makespan*), serta urutan *job* yang paling optimal. Sebagai acuan untuk penjadwalan produksi perusahaan, ketiga metode ini bisa menentukan urutan *job* dan nilai terkecil.

2.3.2 Kerangka Teoritis

Adapun skema dari kerangka teoritis penelitian ini yaitu:



Gambar 2. 7 Kerangka Teori



Gambar 2.7 Lanjutan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pengumpulan Data

Pada tahapan ini, proses pengumpulan data yang dibutuhkan guna penelitian dilakukan. Adapun data yang terkumpul akan diolah menggunakan metode yang relevan guna mencapai tujuan yang sudah disepakati sebelumnya. Data yang diperlukan itu meliputi:

a. **Data Primer**

Adapun data ini ditafsirkan merujuk pada informasi yang didapat langsung dari sumber aslinya, tanpa perantara dimana bisa berupa pendapat individu ataupun kelompok, hasil pengamatan terhadap objek fisik, aktivitas atau peristiwa yang diuji. Dalam konteks ini, data primer dikumpulkan melalui observasi langsung terhadap penjadwalan produksi perusahaan serta wawancara bersama pihak terkait di perusahaan.

b. **Data Sekunder**

Ini ditafsirkan sesuai data yang dikolektifkan oleh peneliti dengan tidak langsung. Biasanya, data ini berupa dokumen, arsip, file, atau catatan bisnis. Data didapatkan dengan dokumentasi perusahaan dan literatur yang relevan dengan konteks penelitian selama waktu yang telah ditentukan. Pada penelitian ini, data sekundernya mencakup informasi terkait penyelesaian dan penerimaan produk oleh konsumen selama satu tahun.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Langkah ini bertujuan sebagai pengumpulan data sepanjang penelitian. Beberapa tindakan yang bisa didapat dalam proses pengumpulan data meliputi:

a. **Observasi lapangan**

Tujuannya untuk mengetahui kondisi sekarang dari perusahaan.

b. **Wawancara**

Untuk mendapatkan informasi lebih lanjut, wawancara dilakukan dengan pemilik UMKM Family Aluminium.

c. **Studi Pustaka**

Ini melibatkan pencarian referensi dari berbagai sumber, termasuk jurnal, buku-buku, sebuah artikel ilmiah, dan lain sebagainya, yang bisa sebagai pendukung penelitian dan membantu dalam memecahkan permasalahan yang relevan dengan masalah yang dikaji.

3.3 Pengujian Hipotesa

Penulis membuat hipotesa sebagai tanggapan awal terhadap temuan penelitian sebelumnya. Hipotesis nya adalah bahwa penelitian ini akan menemukan waktu penyelesaian produksi dan urutan mesin yang optimal untuk UMKM Family Aluminium untuk mengurangi keterlambatan produksi.

3.4 Metode Analisis

Proses perhitungan analisis dilakukan setelah proses pengumpulan data selesai. Metode CDS dan NEH dipergunakan oleh penulis dalam hal ini. Setelah memilih dua metode terbaik dari berbagai pilihan, langkah berikutnya yaitu membandingkan kedua metode tersebut dengan pendekatan yang dipergunakan oleh perusahaan. Setelah itu, *makespan* dan urutan mesin terbaik akan diputuskan.

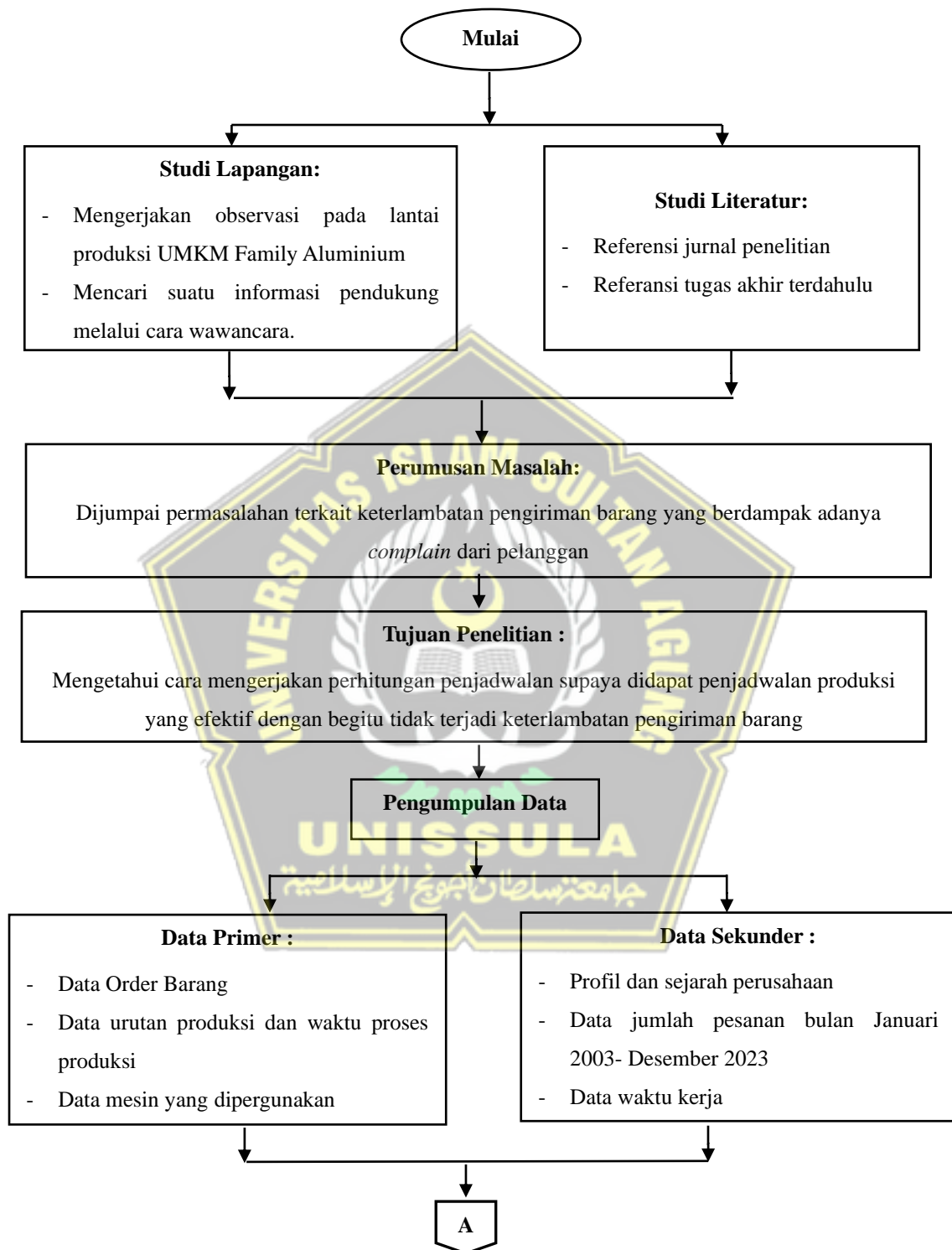
3.5 Pembahasan

Kerangka teori, sistematika penulisan, dan topik penelitian adalah subjek penelitian saat ini. Penelitian ini mengidentifikasi masalah dan solusi terbaik untuk dipergunakan oleh perusahaan.

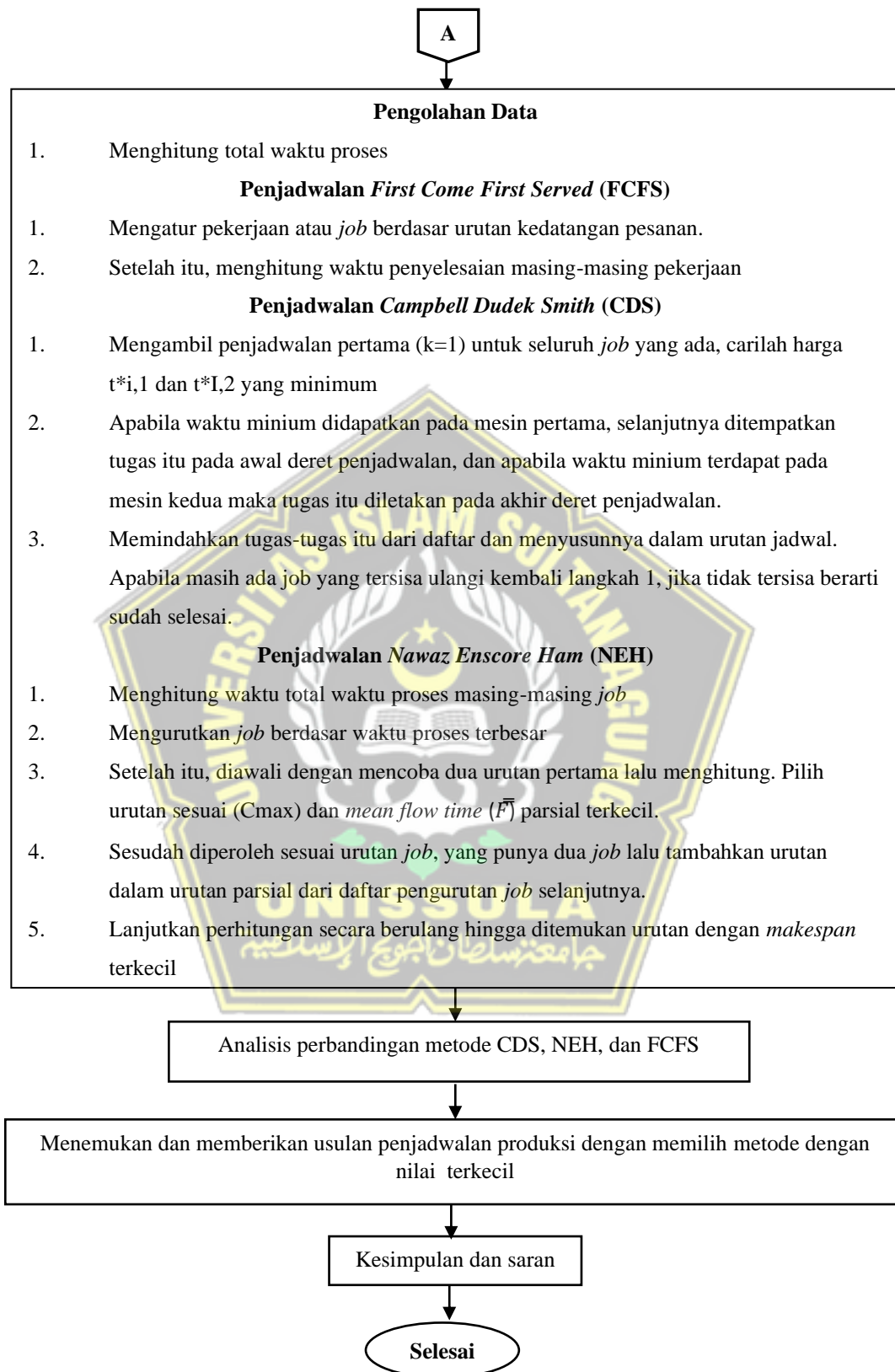
3.6 Penarikan Kesimpulan

Adapun tahap ini ditafsirkan sebagai tahap akhir dari sebuah penelitian; tanpa adanya kesimpulan, penelitian tidak akan dapat menyelesaikan masalah. Penelitian ini akan membuat penjadwalan produksi UMKM Family aluminium lebih terukur dan pasti.

3.7 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram alir



Gambar 3. 1 Lanjutan

BAB 1V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

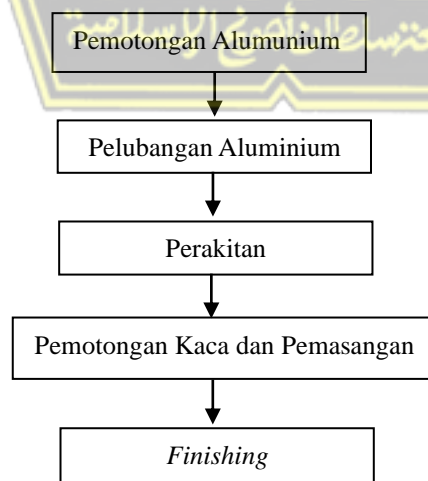
Adapun data yang dikolektifkan pada penelitian ini adalah data yang didapat dari perusahaan dengan cara penelitian secara langsung dan wawancara kepada pihak terkait. Di bawah ini adalah data-data yang diperoleh saat penelitian di UMKM Family Aluminium.

4.1.1 Gambaran Umum Perusahaan

UMKM Family Aluminium adalah perusahaan yang bergerak di bidang *furniture* aluminium yang berlokasi di Desa Manggian, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak, dengan hasil produksi Almari pakaian, Rak piring dan Meja Tv. Perusahaan ini memiliki jam kerja senin – sabtu yang dimulai jam 09.00 sampai jam 17.00 WIB dengan istirahat selama 1 jam. UMKM Family Aluminium ini memiliki 8 karyawan. Perusahaan ini memiliki beberapa produk *furniture* aluminium dengan jadwal produksi yang sangat padat, untuk itu peran dari penjadwalan produksi sangat penting dan menjadi hal utama agar dapat bersaing dengan kompetitor lainnya.

4.2.1 Alur Proses Produksi

Proses produksi UMKM Family Aluminium mulai dari penyiapan bahan baku sampai dengan proses *finishing*. Berikut alur proses produksi perusahaan :



Gambar 4.1 Alur Proses Produksi

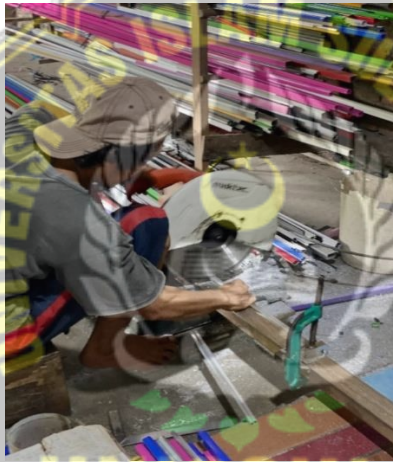
Dari seluruh runtutan proses produksi yang paling banyak memakan waktu adalah proses perakitan. Dikarenakan pada proses tersebut terdapat kegiatan memodifikasi bentuk alumunium, contohnya seperti melengkungkan agar sesuai dengan bentuk yang diharapkan.

4.1.3 Lantai Produksi UMKM Family Aluminium

Pelaksanaan proses produksi UMKM Family Aluminium memiliki 5 Stasiun Kerja, yaitu sebagai berikut:

1. Proses Pemotongan Aluminium

Proses pemotongan aluminium merupakan langkah awal dari pembuatan sebuah produk. Pada tahapan ini pekerja melakukan persiapan bahan baku dan dilanjutkan dengan penyesuaian ukuran pesanan. Alat yang dipergunakan pada proses ini adalah mesin pemotong.



Gambar 4. 2 Proses Pemotongan

2. Proses Pelubangan Aluminium

Proses pelubangan aluminium merupakan proses melubangi aluminium yang sebelumnya sudah melalui proses pemotongan agar nantinya dapat dirakit menjadi sebuah produk. Pada proses pelubangan ini mesin yang dipergunakan adalah mesin bor duduk.



Gambar 4.3 Proses Pelubangan Aluminium

3. Proses Perakitan

Proses perakitan adalah proses merakit bahan yang sudah dipotong menjadi produk yang diinginkan dan sesuai oleh pesanan pelanggan, contohnya seperti rak piring, almari pakaian, dan meja TV. Mesin yang dipergunakan dalam proses perakitan ini adalah bor tangan.



Gambar 4.4 Proses Pelubangan Aluminium

4. Proses Pemotongan Kaca dan Pemasangan

Proses pemotongan kaca adalah proses memotong lempengan kaca menjadi ukuran yang lebih kecil sesuai dengan produk yang akan dibuat. Alat yang dipergunakan untuk proses ini adalah *Glass Cutter*. Kemudian dilanjutkan dengan proses pemasangan. Proses pemasangan adalah kegiatan memasang kaca yang sudah dipotong sesuai ukuran ke produk yang sudah dirakit.



Gambar 4.5 Proses Pemotongan Kaca dan Pemasangan

5. *Proses Finishing*

Proses finishing merupakan tahap akhir dari pembuatan produk. Pada tahap ini, dilakukan proses penyelesaian dari produk yang sudah dirakit sebelumnya. Contoh proses penyelesaian yang dilakukan seperti pengikiran sudut almari yang awalnya tajam agar menjadi tumpul. Alat yang dipergunakan adalah kikir besi.



Gambar 4.6 *Proses Finishing*

4.1.4 Data Perhitungan Masing-Masing Waktu Proses Produksi

Hasil rekap waktu proses produksi keterlambatan tahun 2023 disajikan pada tabel berikut :

Tabel 4.1 Rekap waktu proses produksi keterlambatan tahun 2023

TABEL REKAP DATA KETERLAMBATAN 2023					
NO	TANGGAL ORDERAN	TANGGAL PENGIRIMAN	TANGGAL PENGIRIMAN AKTUAL	WAKTU PRODUKSI	TANGGAL PENGIRIMAN
1.	23 januari 2023	27 januari 2023	28 Januari 2023	Memiliki 1829,83 menit atau 30,49 jam atau 4,35 (5 hari)	Mengalami Keterlambatan 1 hari dikarenakan permasalahan pada mesin
2.	4 Februari 2023	09 Februari 2023	11 Februari 2023	Memiliki 2643,97 menit atau 44,06 jam atau 6,29 (7 hari)	Mengalami keterlambatan 2 hari dikarenakan kurangnya perhitungan waktu produksi
3.	27 Maret 2023	30 maret 2023	31 Maret 2023	Memiliki 1872,86 menit atau 31,21 jam atau 4,45 (5 hari)	Mengalami keterlambatan 1 hari dikarenakan kurangnya perhitungan waktu produksi
4.	18 Mei 2023	21 Mei 2023	23 Mei 2023	Memiliki 2514,42 menit atau 40,90 jam atau 5,98 (6 hari)	Mengalami keterlambatan 2 hari dikarenakan kurangnya perhitungan waktu produksi
5.	25 Mei 2023	29 Mei 2023	31 Mei 2023	Memiliki 2289,89 menit atau 38,16 jam atau 5,45 (6 hari)	Mengalami keterlambatan 2 hari dikarenakan kurangnya perhitungan waktu produksi
6.	24 Juni 2023	27 Juni 2023	29 Juni 2023	Memiliki 1854,30 menit atau 30,90 jam atau 4,41 (5 hari)	Mengalami keterlambatan 2 hari dikarenakan kurangnya perhitungan waktu produksi
7.	06 Juli 2023	12 Juli 2023	14 Juli 2023	Memiliki 2236,89 menit atau 37,28 jam atau 5,32 (6 hari)	Mengalami keterlambatan 2 hari dikarenakan kurangnya perhitungan waktu produksi
8.	30 Juli 2023	3 Agustus 2023	4 agustus 2023	Memiliki 1398,70 menit atau 23,31 jam atau 3,33 (4 hari)	Mengalami keterlambatan 1 hari dikarenakan banyak karyawan yang libur
9.	17 Agustus 2023	23 Agustus 2023	24 Agustus 2023	Memiliki 2516,13 menit atau 41,94 jam atau 6,99 (7 hari)	Mengalami keterlambatan 1 hari dikarenakan

Tabel 4.1 Lanjutan

TABEL REKAP DATA KETERLAMBATAN 2023					
NO	TANGGAL ORDERAN	TANGGAL PENGIRIMAN	TANGGAL PENGIRIMAN AKTUAL	WAKTU PRODUKSI	TANGGAL PENGIRIMAN
				jam atau 5,99 (6 hari)	kurangnya perhitungan waktu produksi
10.	30 Agustus 2023	04 September 2023	05 September 2023	Memiliki 1626,56 menit atau 27,11 jam atau 3,87 (4 hari)	Mengalami keterlambatan 1 hari dikarenakan kurangnya perhitungan waktu produksi
11.	15 september 2023	20September 2023	22 September 2023	Memiliki 1760,83 menit atau 29,35 jam atau 4,19 (5 hari)	Mengalami keterlambatan2 hari dikarenakan permasalahan pada mesin
12.	15 Oktober 2023	19 Oktober 2023	21 Oktober 2023	Memiliki 2720,61 menit atau 45,34 jam atau 6,47 (7 hari)	Mengalami keterlambatan2 hari dikarenakan kurangnya perhitungan waktu produksi
13.	25 Desember 2023	29 Desember 2023	31 Desember 2023	Memiliki 1965,91 menit atau 32,77 jam atau 4,68 (5 hari)	Mengalami keterlambatan1 hari dikarenakan kurangnya perhitungan waktu produksi

Berdasar tabel 4.1 dapat disimpulkan bahwa item pesanan dan jumlah *makespan* paling banyak terdapat pada tanggal 15 Oktober 2023. Sehingga data pesanan pada tanggal 15 Oktober 2023 dijadikan acuan untuk melakukan pengolahan data.

4.1.5 Data Produksi

Pada tabel berikut disajikan data produksi 5 produk UMKM Family Aluminium pada tanggal 15 Oktober 2023, data tersebut akan dipergunakan sebagai acuan perhitungan penjadwalan produksi agar meminimalisir keterlambatan pengiriman.

Tabel 4.2 Data Produksi 15 Oktober 2023 UMKM Family Aluminium

No	Item	Kode Item	Jumlah Order (unit)	Estimated time
1.	Almari pakaian (50x100x185)	A	15	19 Oktober 2023
2.	Almari pakaian (50x125x185)	B	10	
3.	Rak piring ukuran (90x35x165)	C	15	
4.	Rak piring ukuran (120x35x165)	D	12	
5.	Meja TV	E	8	
Total			60	

4.1.6 Data Stasiun Kerja

Lantai produksi UMKM Family Aluminium memiliki lima tahapan proses produksi yang dilakukan selama proses produksi, baik secara manual maupun menggunakan mesin. Jumlah pekerja atau mesin yang beroperasi selama proses produksi ditunjukkan pada tabel 4.3 ini. Kode operasi diberikan kepada setiap stasiun kerja untuk memudahkan proses pengolahan data.

Tabel 4.3 Data Stasiun Kerja UMKM Family Aluminium

No	Stasiun Kerja	Jumlah Mesin/Pekerja
1.	Proses Pemotongan Aluminium	1
2.	Proses Pelubangan Aluminium	1
3.	Proses Perakitan	4
4.	Proses Pemotongan kaca dan Pemasangan	1
5.	Proses <i>Finishing</i>	1

Berikut ini merupakan kode operasi yang diurutkan berdasar pengerjaannya.

Tabel 4.4 Data Kode Operasi Stasiun kerja UMKM Family Aluminium

Kode	Nama Stasiun Kerja
SK 1	Proses Pemotongan Aluminium
SK 2	Proses Pelubangan Aluminium
SK 3	Proses Perakitan
SK 4	Proses Pemotongan kaca dan Pemasangan
SK 5	Proses <i>Finishing</i>

4.1.7 Data Pengamatan Waktu Proses

Untuk mengumpulkan data tentang waktu proses, setiap stasiun kerja di UMKM Family Aluminium menggunakan *Stopwatch* untuk mengamati waktu pengerjaan. Proses pengambilan data dan waktu proses masing-masing stasiun kerja akan dijelaskan di sini.

1. Proses Pemotongan Aluminium (SK 1)
Proses pemotongan aluminium, pengukuran waktu proses pemotongan aluminium diambil sejak awal persiapan bahan baku hingga semua bahan baku sudah terpotong sesuai ukuran.
2. Proses Pelubangan Aluminium (SK 2)
Proses pelubangan aluminium, pengukuran waktu proses diambil dari awal dilakukan pelubangan pada bahan baku yang sudah terpotong hingga semua bahan baku selesai dilubangi sehingga mempermudah proses perakitan.

3. Proses Perakitan (SK 3)
Proses perakitan, pengukuran waktu proses diambil dari awal menyusun bahan baku hingga seluruh bahan baku sudah terakit menjadi sebuah produk.
4. Proses Pematangan Kaca dan Pemasangan (SK 4)
Proses pematangan kaca dan pemasangan, pengukuran waktu proses diambil dari awal mempersiapkan lempengan kaca sampai kaca sudah selesai terpotong sesuai ukuran.
5. Proses *Finishing*(SK 5)
Proses *finishing*, pengukuran waktu proses diambil sejak awal mempersiapkan produk yang sudah dirakit dan sudah dipasang kaca sampai produk selesai secara keseluruhan menjadi produk siap kirim.

4.1.8 Data Waktu Proses Produksi

Adapun proses pengambilan data untuk waktu proses produksi dimulai dari Mei hingga Juni 2024. Setiap pekerjaan disesuaikan dengan pesanan yang diberikan pada tanggal 15 Oktober 2023, dan alat bantu *stopwatch* dipergunakan untuk menghitung waktu proses untuk setiap stasiun kerja. Data waktu proses untuk tiap pekerjaan ditunjukkan di bawah ini.

Tabel 4.5 Data Waktu Proses *Job*

Pengukuran	Stasiun Kerja (Menit)				
	1	2	3	4	5
<i>Job A</i>	13,32	4,04	141,08	15,48	7,12
<i>Job B</i>	13,51	4,14	155,07	14,06	7,28
<i>Job C</i>	15,04	8,43	110,11	17,21	13,15
<i>Job D</i>	18,43	8,02	170,17	18,56	12,22
<i>Job E</i>	16,81	5,78	212,47	15,34	9,05

4.2 Pengolahan Data

Di bagian ini, data penelitian mengenai waktu proses akan dianalisis dengan metode FCFS (perusahaan metode), Metode *Campbell Dudek Smith* (CDS), dan *Nawaz Ensore Ham* (NEH). Hasil dari ketiga metode ini akan dievaluasi guna menentukan mana yang lebih efektif.

Adapun sebelum memulai perhitungan melalui Metode CDS dan NEH, perlu dilakukan perhitungan total waktu proses tiap *job* pada tiap stasiun kerja. Ini dilakukan dengan mengaplikasikan data waktu proses (tabel 4.5), jumlah pesanan (tabel 4.2), dan kapasitas mesin (tabel 4.3). Waktu proses, jumlah pesanan, dan kapasitas masing-masing proses memengaruhi total waktu proses pesanan. Contoh berikut menunjukkan perhitungan total waktu proses *Job A* pada stasiun kerja (SK1):

$$\text{Total Waktu Proses} = \frac{\text{waktu siklus (menit)} \times \text{jumlah pesanan (unit)}}{\text{kapasitas per proses (unit)}}$$

$$\text{Total Waktu Proses} = \frac{13,32 \times 15}{1}$$

$$= 199,80 \text{ Menit}$$

Tabel 4.6 Data Total Waktu Proses 5 *Job*

Pengukuran	Stasiun Kerja (Menit)				
	1	2	3	4	5
<i>JobA</i>	199,80	60,60	529,05	232,20	106,80
<i>Job B</i>	135,10	41,40	387,68	140,60	72,80
<i>JobC</i>	225,60	126,45	412,91	258,15	197,25
<i>JobD</i>	221,16	96,24	510,51	222,72	146,64
<i>JobE</i>	134,48	46,24	424,94	122,72	72,40

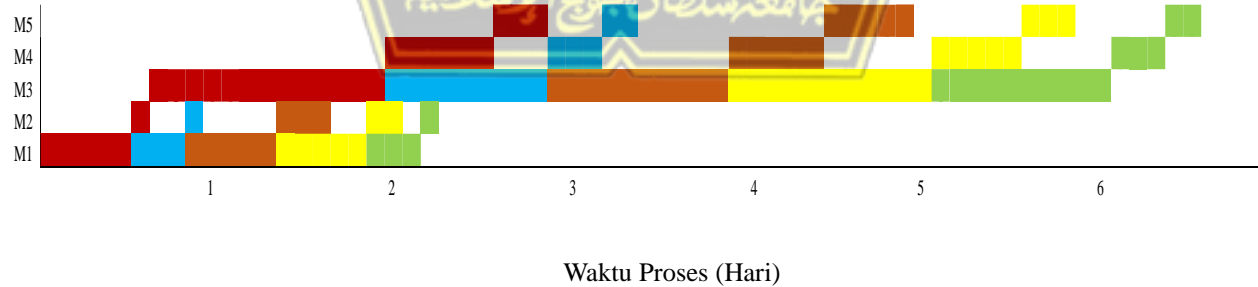
4.2.1 Penjadwalan Perusahaan Saat Ini

Adapun metode *First Come First Served* (FCFS) dipergunakan oleh UMKM Family Aluminium untuk menjadwalkan produk yang telah dipesan. Tabel berikut menunjukkan urutan pekerjaan A, B, C, D, dan E yang dibuat pada tanggal 15 Oktober 2023. Diketahui hasil perhitungan *makespan* dengan penjadwalan perusahaan saat ini dapat dilihat:

Tabel 4.7 Perhitungan Makespan Perusahaan Saat Ini

Job	SK 1 (Menit)			SK 2 (Menit)			SK 3 (Menit)			SK 4 (Menit)			SK 5 (Menit)		
	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI
A	0	199,80	199,80	199,80	60,60	260,40	260,40	529,05	789,45	789,45	232,20	1021,65	1021,65	106,80	1128,45
B	199,80	135,10	334,90	334,90	41,40	376,30	789,45	387,68	1177,13	1177,13	140,60	1317,73	1317,73	72,80	1390,53
C	334,90	225,60	560,50	560,50	126,45	686,95	1177,13	412,91	1590,04	1590,04	258,15	1848,19	1848,19	197,25	2045,44
D	560,50	221,16	781,66	781,66	96,24	877,90	1590,04	510,51	2100,55	2100,55	222,72	2323,27	2323,27	146,64	2469,91
E	781,66	134,48	916,14	916,14	46,24	962,38	2100,55	424,94	2525,49	2525,49	122,72	2648,21	2648,21	72,40	2720,61

Keterangan : JOB A ■ JOB C ■ JOB E ■
 JOB B ■ JOB D ■



Gambar 4.7 Gantt Chart Penjadwalan Perusahaan Saat Ini

Berdasar kondisi aktual UMKM Family Aluminium pada tanggal 15 Oktober 2023, urutan *job* yang dipergunakan perusahaan adalah A-B-C-D-E dengan total 2720,61 menit atau 45,34 jam atau 6,47 hari (7 hari) kerja.

4.2.2 Penjadwalan dengan Metode *Campbell Dudek Smith* (CDS)

Perhitungan metode penjadwalan *Campbell Dudek Smith* yang dikerjakan melalui pengurutan 5 *job* terhadap 5 mesin. Dengan mengaplikasikan rumus $k = m - 1$, dimana m adalah banyaknya jumlah mesin atau pekerja, dan jumlah mesin pada perusahaan adalah 5, maka banyaknya kombinasi urutan pekerjaan atau iterasi akan dicari:

$$K = m - 1$$

$$K = 5 - 1$$

$$K = 4$$

Banyaknya iterasi yang dilakukan sampai dengan empat iterasi :

Tabel 4.8 Waktu Proses Produksi pada 5 Mesin

<i>Job</i>	Stasiun Kerja (Menit)				
	1	2	3	4	5
A	199,80	60,60	529,05	232,20	106,80
B	135,10	41,40	387,68	140,60	72,80
C	225,60	126,45	412,91	258,15	197,25
D	221,16	96,24	510,51	222,72	146,64
E	134,48	46,24	424,94	122,72	72,40

1. Iterasi 1

Iterasi pertama (K1) dilakukan dengan menentukan $t_{i,1}^1$ dan $t_{i,2}^1$ dengan menggunakan rumus persamaan (1). Untuk $t_{i,1}^1$ diambil dari waktu proses t1 dan $t_{i,2}^1$ diambil dari waktu proses t5.

$$t_{i,1}^k = t_{i,1} \text{ (SK 1)}$$

$$t_{i,2}^k = t_{i,5} \text{ (SK 2)}$$

Tabel 4.9 Iterasi 1 CDS

Job	waktu proses (menit)	
	t1	t5
A	199,80	106,80
B	135,10	72,80
C	225,60	197,25
D	221,16	146,64
E	134,48	72,40

Job diurutkan berdasar nilai $t_{i,1}^1$ dan $t_{i,2}^1$. Jika waktu minimum diperoleh Tugas ditempatkan di awal deret penjadwalan pada mesin pertama, dan di posisi akhir deret penjadwalan ketika mesin kedua menghabiskan waktu. Pekerjaan diurutkan dari nilai waktu proses terkecil hingga terbesar.

Tabel 4.10 Pengurutan Job

Urutan	Waktu proses (menit)	Keterangan
1	72,40	Urutan pertama (terletak pada $t_{i,2}$) yaitu Job E
2	72,80	Urutan kedua (terletak pada $t_{i,2}$) yaitu JobB
3	106,80	Urutan ketiga (terletak pada $t_{i,2}$) yaitu JobA
4	134,48	Urutan keempat (terletak pada $t_{i,2}$) yaitu JobD
5	135,10	Urutan kelima (terletak pada $t_{i,2}$) yaitu JobC
6	146,64	Job sudah terpilih
7	197,25	Job sudah terpilih
8	199,80	Job sudah terpilih
9	221,16	Job sudah terpilih
10	225,60	Job sudah terpilih

Berdasar keterangan tabel di atas, dengan begitu didapat urutan job C-D-A-B-E.

2. Iterasi 2

Pada iterasi kedua (k2) dimulai dari menentukan $t_{i,1}^2$ dan $t_{i,2}^2$. Penentuan $t_{i,1}^2$ adalah $t_1 + t_2$ dan $t_{i,2}^2$ adalah dari waktu proses t_5+t_8 .

$$t_{i,1}^2 = t_{i,1} (\text{SK 1}) + t_{i,2} (\text{SK 2})$$

$$t_{i,2}^2 = t_{i,5} (\text{SK 5}) + t_{i,4} (\text{SK 4})$$

Contoh *Job A* pada $t_{i,1}^2$:

$$t_{i,1}^2 = t_{i,1} + t_{i,2}$$

$$t_{i,1}^2 = 199,80 + 60,60$$

$$t_{i,1}^2 = 260,40$$

Contoh *Job A* pada $t_{i,2}^2$:

$$t_{i,2}^2 = t_{i,5} + t_{i,4}$$

$$t_{i,2}^2 = 106,80 + 232,20$$

$$t_{i,2}^2 = 339,00$$

Tabel 4.11 Iterasi 2 CDS

<i>Job</i>	Waktu proses (menit)	
	t1+t2	t5+t4
A	260,40	339,00
B	176,50	213,40
C	352,05	455,40
D	317,40	369,36
E	180,72	195,12

Tabel 4.12 Pengurutan *Job*

Urutan	Waktu proses (menit)	Keterangan
1	176,50	Urutan pertama (terletak pada $t_{i,1}$) yaitu <i>JobB</i>
2	180,72	Urutan kedua (terletak pada $t_{i,1}$) yaitu <i>JobE</i>
3	195,12	<i>Job</i> sudah terpilih
4	213,40	<i>Job</i> sudah terpilih
5	260,40	Urutan ketiga (terletak pada $t_{i,1}$) yaitu <i>JobA</i>
6	317,40	Urutan keempat (terletak pada $t_{i,1}$) yaitu <i>JobD</i>
7	339,00	<i>Job</i> sudah terpilih
8	352,05	Urutan kelima (terletak pada $t_{i,1}$) yaitu <i>JobC</i>
9	369,36	<i>Job</i> sudah terpilih
10	455,40	<i>Job</i> sudah terpilih

Dari keterangan tabel diatas, maka diperoleh urutan *job* B-E-A-D-C

3. Iterasi 3

Pada iterasi ketiga (k3) dimulai dengan menentukan $t_{i,1}^3$ dan $t_{i,2}^3$. Penentuan $t_{i,1}^3$ yaitu waktu proses $t_1+t_2+t_3$ dan $t_{i,2}^3$ yaitu dari waktu proses $t_5+t_4+t_3$.

Tabel 4.13 Iterasi 3 CDS

Job	Waktu proses (menit)	
	$t_1+t_2+t_3$	$t_5+t_4+t_3$
A	789,45	868,05
B	564,18	601,08
C	764,96	868,31
D	827,91	879,87
E	605,66	620,06

Tabel 4.14 Pengurutan Job

Urutan	Waktu proses (menit)	Keterangan
1	564,18	Urutan pertama (terletak pada $t_{i,1}$) yaitu JobB
2	601,08	Job sudah terpilih
3	605,66	Urutan kedua (terletak pada $t_{i,1}$) yaitu JobE
4	620,06	Job sudah terpilih
5	764,96	Urutan ketiga (terletak pada $t_{i,1}$) yaitu JobC
6	789,45	Urutan keempat (terletak pada $t_{i,1}$) yaitu JobA
7	827,91	Urutan kelima (terletak pada $t_{i,1}$) yaitu JobD
8	868,05	Job sudah terpilih
9	868,31	Job sudah terpilih
10	879,87	Job sudah terpilih

Dari keterangan tabel diatas, maka diperoleh urutan job B-E-C-A-D.

4. Iterasi 4

Pada iterasi ketiga (k3) dimulai dari menentukan $t_{i,1}^4$ dan $t_{i,2}^4$. Penentuan $t_{i,1}^4$ adalah waktu proses $t_1+t_2+t_3+t_4$ dan $t_{i,2}^4$ adalah dari waktu proses $t_5+t_4+t_3+t_2$.

Tabel 4.15 Iterasi 4 CDS

Job	waktu proses (menit)	
	$t_1+t_2+t_3+t_4$	$t_5+t_4+t_3+t_2$
A	1021,65	928,65
B	704,78	642,48
C	1023,11	994,76
D	1050,63	976,11
E	728,38	666,30

Tabel 4.16 Pengurutan *Job*

Urutan	Waktu proses (menit)	Keterangan
1	642,48	Urutan pertama (terletak pada $t_{i,2}$) yaitu <i>Job</i> B
2	666,30	Urutan kedua (terletak pada $t_{i,2}$) yaitu <i>Job</i> E
3	704,78	<i>Job</i> sudah terpilih
4	728,38	<i>Job</i> sudah terpilih
5	928,65	Urutan ketiga (terletak pada $t_{i,2}$) yaitu <i>Job</i> A
6	976,11	Urutan keempat (terletak pada $t_{i,2}$) yaitu <i>Job</i> D
7	994,76	Urutan kelima (terletak pada $t_{i,2}$) yaitu <i>Job</i> C
8	1021,65	<i>Job</i> sudah terpilih
9	1023,11	<i>Job</i> sudah terpilih
10	1060,63	<i>Job</i> sudah terpilih

Pada iterasi keempat diperoleh urutan *job* C-D-A-E-B.

Berdasar hasil pengolahan empat iterasi diatas, urutan *job* dapat ditentukan sebagaimana pada tabel berikut ini :

Tabel 4.17 Urutan *Job* Perhitungan Metode CDS

Iterasi	Urutan <i>Job</i>	Makespan(menit)
1	C-D-A-B-E	2812,26
2	B-E-A-D-C	2957,89
3	B-E-C-A-D	2583,95
4	C-D-A-E-B	2450,51

Berdasar urutan *job* yang dihasilkan oleh hasil perhitungan metode CDS, diketahui bahwa iterasi ke-4, yang memiliki urutan *job* C-D-A-E-B, memiliki *makespan* bernilai 2450,51 menit. Tabel perhitungan metode CDS ditunjukkan di bawah ini.

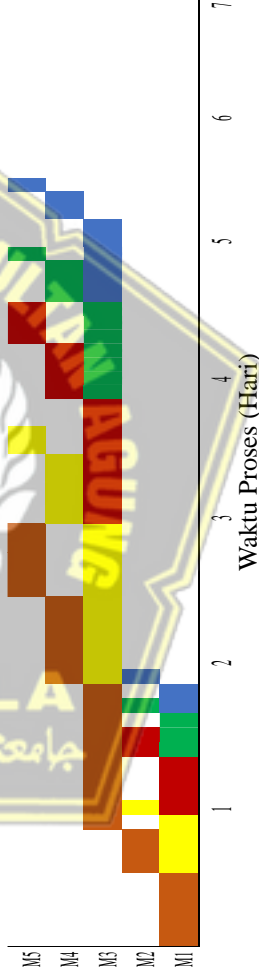
Tabel 4.18 Perhitungan *Makespan* Menggunakan Metode CDS

Job	SK 1 (Menit)			SK 2 (Menit)			SK 3 (Menit)			SK 4 (Menit)			SK 5 (Menit)		
	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI
C	0	225,60	225,60	225,60	126,45	352,05	352,05	412,91	764,96	764,96	258,15	1023,11	1023,11	197,25	1220,36
D	225,60	173,16	398,76	398,76	52,52	1083,01	1083,01	458,51	1541,52	1541,52	201,24	1742,76	1742,76	92,56	1835,32
A	398,76	165,87	564,63	1083,01	72,18	1251,37	1251,37	382,88	1924,40	1924,40	167,04	2091,44	2091,44	109,98	2201,42
E	564,63	108,08	672,71	1251,37	33,12	1284,49	1284,49	310,14	2234,54	2234,54	112,48	2347,02	2347,02	58,24	2405,26
B	672,71	84,05	756,76	1284,49	28,90	1313,39	1313,39	265,59	2500,13	2500,13	76,70	2576,83	2576,83	45,25	2450,51

Keterangan: **JOB A** ■ **JOB C** ■ **JOB E** ■

JOB B ■

JOB D ■



Gambar 4. 8 Gantt Chart Penjadwalan Metode CDS

Berdasar hasil perhitungan penjadwalan produksi mengaplikasikan metode *Campbell Dudek Smith* (CDS), urutan terbaik yaitu *Job C-D-A-E-B*. Hasil perhitungan ini menghasilkan *Makespan* bernilai 2450,51 menit, atau 5,83 hari kerja, atau 6 hari kerja. Kemudian, *Gantt Chart* akan dibuat untuk menunjukkan hasil penjadwalan terbaik dan membuatnya lebih mudah dipahami oleh pihak perusahaan. *Chart* ini juga akan dipergunakan untuk proses produksi berikutnya.

4.2.3 Penjadwalan dengan Metode *Nawaz Ensore Ham* (NEH)

Metode *Nawaz Ensore Ham* berfokus pada mencari solusi terbaik dengan cara menukar posisi *job* untuk mendapatkan berbagai kemungkinan urutan *job*. Banyak iterasi pada metode *Nawaz Ensore Ham* yaitu $(n*(n+1)/2-1)$. Dimana n adalah jumlah *job* yang akan dijadwalkan. Dalam penelitian ini ada lima *job*. Berdasar persamaan (2) :

$$\begin{aligned} \text{Banyaknya iterasi} &= 5 \times \left(\frac{5+1}{2}\right) - 1 \\ &= 5 \times (3) - 1 \\ &= 14 \end{aligned}$$

Pada metode *Nawaz Ensore Ham* ini akan ada 14 iterasi.

1. Langkah pertama yang dilakukan dengan menggunakan metode *Nawaz Ensore Ham* adalah menghitung jumlah total waktu proses untuk setiap *job*.

Tabel 4.19 Total Waktu Proses Setiap *Job*

Pengukuran	Stasiun Kerja (Menit)					Total
	1	2	3	4	5	
<i>Job A</i>	199,80	60,60	529,05	232,20	106,80	1128,45
<i>Job B</i>	135,10	41,40	387,68	140,60	72,80	777,58
<i>Job C</i>	225,60	126,45	412,91	258,15	197,25	1220,36
<i>Job D</i>	221,16	96,24	510,51	222,72	146,64	1197,27
<i>Job E</i>	134,48	46,24	424,94	122,72	72,40	800,78

2. Pengurutan *job*, menurut jumlah waktu proses dimulai dari yang terbesar hingga yang terkecil.

Tabel 4.20 Urutan *Job* dari Terbesar ke Terkecil

Pengukuran	Stasiun Kerja (Menit)					Total
	1	2	3	4	5	
<i>Job C</i>	225,60	126,45	412,91	258,15	197,25	1220,36
<i>Job D</i>	221,16	96,24	510,51	222,72	146,64	1197,27
<i>Job A</i>	199,80	60,60	529,05	232,20	106,80	1128,45
<i>Job E</i>	134,48	46,24	424,94	122,72	72,40	800,78
<i>Job B</i>	135,10	41,40	387,68	140,60	72,80	777,58

3. Melakukan iterasi dengan dua urutan pertama dari daftar pengurutan *job* dan pilih urutan dengan terkecil. Urutan dengan terkecil ini akan dipergunakan sebagai referensi guna perhitungan selanjutnya. Perhitungan dilakukan berdasar *job* berikutnya dan lalu diurutkan lagi dan dihitung nya. Lakukan perhitungan ini terus-menerus hingga mendapatkan urutan dengan terkecil.

Contoh perhitungan metode *Nawaz Enscore Ham* adalah:

- a. Ambil dua *job*, yaitu *job C* dan *Job D*
- b. Kemudian buat alternatif *job* urutan parsial dengan kemungkinan urutan :
 - C-D
 - D-C
- c. Menghitung
 - Iterasi 1 Urutan *job C-D*

Tabel 4.21 *Makespan* Calon Urutan Parsial C-D

SK (Menit)	JOB C			JOB D		
	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI
SK 1 (Menit)	0,00	225,60	225,60	225,60	221,16	446,76
SK 2 (Menit)	225,60	126,45	352,05	446,76	96,24	543,00
SK 3 (Menit)	352,05	412,91	764,96	764,96	510,51	1275,47
SK 4 (Menit)	764,96	258,15	1023,11	1275,47	222,72	1498,19
SK 5 (Menit)	1023,11	197,25	1220,36	1498,19	146,64	1644,83

- Iterasi 2 Urutan *job* D-C

Tabel 4.22 Makespan Calon Urutan Parsial D-C

SK (Menit)	JOB D			JOB C		
	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI
SK 1 (Menit)	0,00	221,16	221,16	221,16	225,60	446,76
SK 2 (Menit)	221,16	96,24	317,40	446,76	126,45	573,21
SK 3 (Menit)	317,40	510,51	827,91	827,91	412,91	1240,82
SK 4 (Menit)	827,91	222,72	1050,63	1240,82	258,15	1498,97
SK 5 (Menit)	1050,63	146,64	1197,27	1498,97	197,25	1696,22

Berdasar iterasi diatas diketahui nilai terkecil adalah urutan *job* C-D dan memiliki bernilai 1644,83 menit. Untuk itu urutan yang dipilih sebagai urutan parsial baru perhitungan selanjutnya adalah C-D.

d. Perhitungan selanjutnya yaitu dengan mengambil satu *job* (urutan ketiga dari daftar urutan *job*) yaitu *Job* A.

e. Kemudian membuat alternatif calon urutan parsial baru, dengan kemungkinan urutan :

- Iterasi 3 Urutan *job* C-D-A

Tabel 4.23 Makespan Calon Urutan Parsial C-D-A

SK (Menit)	JOB C			JOB D			JOB A		
	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI
SK 1 (Menit)	0,00	225,60	225,60	225,60	221,16	446,76	446,76	199,80	646,56
SK 2 (Menit)	225,60	126,45	352,05	446,76	96,24	543,00	646,56	60,60	707,16
SK 3 (Menit)	352,05	412,91	764,96	764,96	510,51	1275,47	1275,47	529,05	1804,52
SK 4 (Menit)	764,96	258,15	1023,11	1275,47	222,72	1498,19	1804,52	232,20	2036,72
SK 5 (Menit)	1023,11	197,25	1220,36	1498,19	146,64	1644,83	2036,72	106,80	2143,52

- Iterasi 4 Urutan *job* C-A-D

Tabel 4.24 Makespan Calon Urutan Parsial C-A-D

SK (Menit)	JOB C			JOB A			JOB D		
	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI
SK 1 (Menit)	0,00	225,60	225,60	225,60	199,80	425,40	425,40	221,16	646,56
SK 2 (Menit)	225,60	126,45	352,05	425,40	60,60	486,00	646,56	96,24	742,80
SK 3 (Menit)	352,05	412,91	764,96	764,96	529,05	1294,01	1294,01	510,51	1804,52
SK 4 (Menit)	764,96	258,15	1023,11	1294,01	232,20	1526,21	1804,52	222,72	2027,24
SK 5 (Menit)	1023,11	197,25	1220,36	1526,21	106,80	1633,01	2027,24	146,64	2173,88

- Iterasi 5 Urutan *job* D-C-A

Tabel 4.25 Makespan Calon Urutan Parsial D-C-A

SK (Menit)	JOB D			JOB C			JOB A		
	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI
SK 1 (Menit)	0,00	221,16	221,16	221,16	225,60	446,76	446,76	199,80	646,56
SK 2 (Menit)	221,16	96,24	317,40	446,76	126,45	573,21	646,56	60,60	707,16
SK 3 (Menit)	317,40	510,51	827,91	827,91	412,91	1240,82	1240,82	529,05	1769,87
SK 4 (Menit)	827,91	222,72	1050,63	1240,82	258,15	1498,97	1769,87	232,20	2002,07
SK 5 (Menit)	1050,63	146,64	1197,27	1498,97	197,25	1696,22	2002,07	106,80	2108,87

- Iterasi 6 Urutan *job* D-C-A-E

Tabel 4.26 *Makespan* calon urutan Parsial D-C-A-E

SK (Menit)	JOB D			JOB C			JOB A			JOB E		
	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI
SK 1 (Menit)	0	221,16	221,16	221,16	225,60	446,76	446,76	199,80	646,56	646,56	412,91	1059,47
SK 2 (Menit)	221,16	96,24	317,40	446,76	126,45	573,21	646,56	60,60	707,16	1059,47	764,96	1824,44
SK 3 (Menit)	317,40	510,51	827,91	827,91	412,91	1240,82	1240,82	529,05	1769,87	1824,44	764,96	2289,40
SK 4 (Menit)	827,91	222,72	1050,63	1240,82	258,15	1498,97	1769,87	232,20	2002,07	2289,40	510,51	2799,91
SK 5 (Menit)	1050,63	146,64	1197,27	1498,97	197,25	1696,22	2002,07	106,80	2108,87	2799,91	1275,47	4075,38

- Iterasi 7 Urutan *job* D-C-E-A

Tabel 4.27 *Makespan* calon urutan parsial D-C-E-A

SK (Menit)	JOB D			JOB C			JOB E			JOB A		
	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI
SK 1 (Menit)	0,00	221,16	221,16	221,16	225,60	446,76	446,76	134,48	581,24	581,24	199,80	781,04
SK 2 (Menit)	221,16	96,24	317,40	446,76	126,45	573,21	581,24	46,24	627,48	781,04	60,60	841,64
SK 3 (Menit)	317,40	510,51	827,91	827,91	412,91	1240,82	1240,82	424,94	1566,76	1566,76	529,05	2095,81
SK 4 (Menit)	827,91	222,72	1050,63	1240,82	258,15	1498,97	1566,76	122,72	1689,48	2095,81	232,20	2328,01
SK 5 (Menit)	1050,63	146,64	1197,27	1498,97	197,25	1696,22	1689,48	72,40	1761,88	2328,01	106,80	2434,81

- Iterasi 8 Urutan *job* D-E-C-A

Tabel 4.28 *Makespan* Calon Urutan Parsial D-E-C-A

SK (Menit)	JOB D			JOB E			JOB C			JOB A		
	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI
SK 1 (Menit)	0	221,16	221,16	221,16	134,48	355,64	355,64	225,60	581,24	581,24	199,80	781,04
SK 2 (Menit)	221,16	96,24	317,40	355,64	46,24	401,88	581,24	126,45	707,69	781,04	60,60	841,64
SK 3 (Menit)	317,40	510,51	827,91	827,91	424,94	1252,85	1252,85	412,91	1665,76	1665,76	529,05	2194,81
SK 4 (Menit)	827,91	222,72	1050,63	1252,85	122,72	1375,57	1665,76	258,15	1923,91	2194,81	232,20	2247,01
SK 5 (Menit)	1050,63	146,64	1197,27	1375,57	72,40	1447,97	1923,91	197,25	2121,16	2247,01	106,80	2353,81

- Iterasi 9 Urutan *job* E-D-C-A

Tabel 4.29 *Makespan* Calon Urutan Parsial E-D-C-A

SK (Menit)	JOB E			JOB D			JOB C			JOB A		
	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI
SK 1 (Menit)	0	134,48	134,48	134,48	221,16	355,64	355,64	225,60	581,24	581,24	199,80	781,04
SK 2 (Menit)	134,48	46,24	180,72	355,64	96,24	451,88	581,24	126,45	707,69	781,04	60,60	841,64
SK 3 (Menit)	180,72	424,94	605,66	605,66	510,51	1016,17	1016,17	412,91	1429,08	1429,08	529,05	1758,13
SK 4 (Menit)	605,66	122,72	728,38	1016,17	222,72	1238,89	1429,08	258,15	1687,23	1758,13	232,20	1909,33
SK 5 (Menit)	728,38	72,40	800,78	1238,89	146,64	1385,53	1687,23	197,25	1884,48	1909,33	106,80	2016,13

- Iterasi 10 Urutan job E-D-C-A-B

Tabel 4.30 Makespan Calon Urutan Parsial E-D-C-A-B

SK (Menit)	JOB E			JOB D			JOB C			JOB A			JOB B		
	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI
SK 1 (Menit)	0	134,48	134,48	134,48	221,16	355,64	355,64	225,60	581,24	581,24	199,80	781,04	781,04	135,10	916,14
SK 2 (Menit)	134,48	46,24	180,72	180,72	96,24	276,96	276,96	126,45	707,69	707,69	60,60	841,64	841,64	41,40	957,54
SK 3 (Menit)	180,72	424,94	605,66	605,66	510,51	1116,17	1116,17	412,91	1020,60	1020,60	529,05	1490,65	1490,65	387,68	1878,33
SK 4 (Menit)	605,66	122,72	728,38	728,38	222,72	951,10	951,10	258,15	1278,75	1278,75	232,20	1510,95	1510,95	140,60	2018,93
SK 5 (Menit)	728,38	72,40	800,78	800,78	146,64	947,42	947,42	197,25	1476,00	1476,00	106,80	1617,75	1617,75	72,80	2091,73

- Iterasi 11 Urutan job E-D-C-B-A

Tabel 4.31 Makespan Calon Urutan Parsial E-D-C-B-A

SK (Menit)	JOB E			JOB D			JOB C			JOB B			JOB A		
	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI
SK 1 (Menit)	0	134,48	134,48	134,48	221,16	355,64	355,64	225,60	581,24	581,24	135,10	716,34	716,34	199,80	916,14
SK 2 (Menit)	134,48	46,24	180,72	180,72	96,24	276,96	276,96	126,45	707,69	707,69	41,40	757,74	757,74	60,60	976,74
SK 3 (Menit)	180,72	424,94	605,66	605,66	510,51	1116,17	1116,17	412,91	1529,08	1529,08	387,68	1516,76	1516,76	529,05	2045,81
SK 4 (Menit)	605,66	122,72	728,38	728,38	222,72	951,10	951,10	258,15	1787,23	1787,23	140,60	1927,83	1927,83	232,20	2278,01
SK 5 (Menit)	728,38	72,40	800,78	800,78	146,64	947,42	947,42	197,25	1984,48	1984,48	72,80	2057,28	2057,28	106,80	2384,81

- Iterasi 12 Urutan *job* E-D-B-C-A

Tabel 4.32 *Makespan* Calon Urutan Parsial E-D-B-C-A

SK (Menit)	JOB E			JOB D			JOB B			JOB C			JOB A		
	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI
SK 1 (Menit)	0	134,48	134,48	134,48	221,16	355,64	355,64	135,10	490,74	490,74	225,60	716,34	716,34	199,80	916,14
SK 2 (Menit)	134,48	46,24	180,72	355,64	96,24	451,88	490,74	41,40	532,14	716,34	126,45	842,79	916,14	60,60	976,74
SK 3 (Menit)	180,72	424,94	605,66	605,66	510,51	1016,17	1016,17	387,68	1304,85	1304,85	412,91	1303,85	1303,85	529,05	1832,90
SK 4 (Menit)	605,66	122,72	728,38	1016,17	222,72	1238,89	1304,85	140,60	1445,45	1303,85	258,15	1562,00	1832,90	232,20	2065,10
SK 5 (Menit)	728,38	72,40	800,78	1238,89	146,64	1385,53	1445,45	72,80	1518,25	1562,00	197,25	1759,25	2065,10	106,80	2171,90

- Iterasi 13 Urutan *job* E-B-D-C-A

Tabel 4.33 *Makespan* Calon Urutan Parsial E-B-D-C-A

SK (Menit)	JOB E			JOB B			JOB D			JOB C			JOB A		
	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI
SK 1 (Menit)	0	134,48	134,48	134,48	135,10	269,58	269,58	221,16	490,74	490,74	225,60	716,34	716,34	199,80	916,14
SK 2 (Menit)	134,48	46,24	180,72	269,58	41,40	310,98	490,74	96,24	586,98	716,34	126,45	842,79	916,14	60,60	976,74
SK 3 (Menit)	180,72	424,94	605,66	605,66	387,68	993,34	993,34	510,51	1053,85	1053,85	412,91	1466,76	1466,76	529,05	1995,81
SK 4 (Menit)	605,66	122,72	728,38	993,34	140,60	1133,94	1053,85	222,72	1276,57	1466,76	258,15	1724,91	1995,81	232,20	2228,01
SK 5 (Menit)	728,38	72,40	800,78	1133,94	72,80	1206,74	1206,74	146,64	1353,38	1724,91	197,25	1922,16	2228,01	106,80	2334,81

- Iterasi 14 Urutan *job* B-E-C-D-A

Tabel 4.34 *Makespan* Calon Urutan Parsial E-D-B-C-A

SK (Menit)	JOB B			JOB E			JOB C			JOB D			JOB A		
	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI
SK 1 (Menit)	0	135,10	135,10	135,10	134,48	269,58	269,58	225,60	495,18	495,18	221,16	716,34	716,34	199,80	916,14
SK 2 (Menit)	135,10	41,40	176,50	269,58	46,24	315,82	495,18	126,45	621,63	716,34	96,24	812,58	916,14	60,60	976,74
SK 3 (Menit)	176,50	387,68	564,18	564,18	424,94	989,12	989,12	412,91	1202,03	1202,03	510,51	1712,54	1712,54	529,05	2142,59
SK 4 (Menit)	564,18	140,60	704,78	989,12	122,72	1111,84	1202,03	258,15	1460,18	1712,54	222,72	1935,26	2142,59	232,20	2374,79
SK 5 (Menit)	704,78	72,80	777,58	1111,84	72,40	1184,24	1460,18	197,25	1657,43	1935,26	146,64	2081,90	2374,79	106,80	2481,59

f. Menghitung urutan parsial. Setelah dilakukan perhitungan nilai dari ketiga calon urutan parsial baru tersebut, pilih urutan dengan nilai terkecil sebagai urutan untuk proses perhitungan selanjutnya. Lakukan perhitungan kembali dengan menambah *job* berikutnya sampai dengan mencapai urutan *final* dan stop.

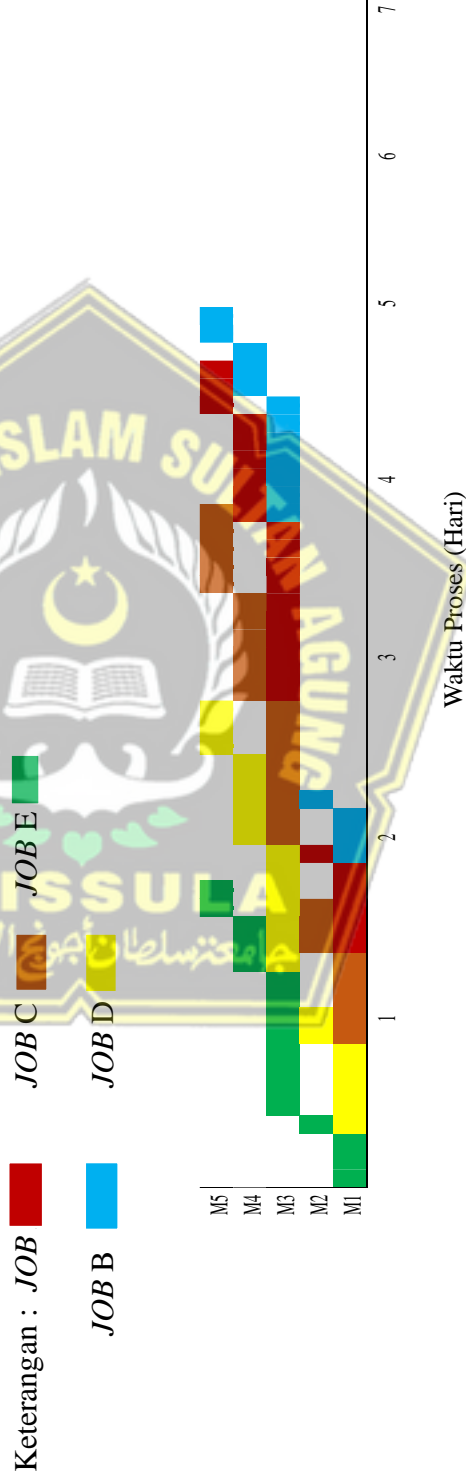
Tabel 4.35 Rekapitulasi *Makespan* Nawaz Enscore Ham

Rekapitulasi <i>Makespan</i> NEH (Menit)		
Iterasi	Urutan <i>Job</i>	<i>Makespan</i>
1	C-D	1644,83
2	D-C	1696,22
3	C-D-A	2143,52
4	C-A-D	2173,88
5	D-C-A	2108,87
6	D-C-A-E	4075,38
7	D-C-E-A	2434,81
8	D-E-C-A	2353,81
9	E-D-C-A	2016,13
10	E-D-C-A-B	2091,73
11	E-D-C-B-A	2384,81
12	E-D-B-C-A	2171,90
13	E-B-D-C-A	2334,81
14	B-E-C-D-A	2481,59

Perolehan hasil perhitungan dengan metode *Nawaz Enscore Ham* menunjukkan bahwa urutan *job* dengan *makespan* terkecil bernilai 2091,73 menit berurutan E-D-C-A-B.

Tabel 4.36 Makespan Penjadwalan Metode Nawaz Enscore Ham

SK (Menit)	JOB E			JOB D			JOB C			JOB A			JOB B		
	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI
SK 1 (Menit)	0	134,48	134,48	134,48	221,16	355,64	355,64	225,60	581,24	581,24	199,80	781,04	781,04	135,10	916,14
SK 2 (Menit)	134,48	46,24	180,72	180,72	96,24	276,96	581,24	126,45	707,69	781,04	60,60	841,64	916,14	41,40	957,54
SK 3 (Menit)	180,72	424,94	605,66	605,66	510,51	1116,17	707,69	412,91	1020,60	1020,60	529,05	1490,65	1490,65	387,68	1878,33
SK 4 (Menit)	605,66	122,72	728,38	728,38	222,72	951,10	1020,60	258,15	1278,75	1278,75	232,20	1510,95	1878,33	140,60	2018,93
SK 5 (Menit)	728,38	72,40	800,78	800,78	146,64	947,42	1278,75	197,25	1476,00	1510,95	106,80	1617,75	2018,93	72,80	2091,73



Gambar 4.9 Gantt Chart Penjadwalan Produksi Metode NEH

Berdasar perhitungan iterasi 10 dengan metode *Nawaz Enscore Ham* didapatkan urutan *job* E-D-C-A-B dengan bernilai 2091,73 menit atau 34,86 jam atau 4,98 hari kerja atau 5 hari kerja.

4.2.4 Rekapitulasi hasil perhitungan Penjadwalan dengan Metode FCFS, CDS dan NEH

- a. Tabel dibawah ini menunjukkan hasil perhitungan *makespan* dengan penjadwalan perusahaan saat ini.



Tabel 4.37 Perhitungan *Makespan* Perusahaan Saat Ini

<i>Job</i>	SK 1 (Menit)			SK 2 (Menit)			SK 3 (Menit)			SK 4 (Menit)			SK 5 (Menit)		
	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI
A	0	199,80	199,80	199,80	60,60	260,40	260,40	529,05	789,45	789,45	789,45	1021,65	1021,65	106,80	1128,45
B	199,80	135,10	334,90	334,90	41,40	376,30	376,30	387,68	1177,13	1177,13	1177,13	1317,73	1317,73	72,80	1390,53
C	334,90	225,60	560,50	560,50	126,45	686,95	686,95	412,91	1177,13	1590,04	1590,04	1848,19	1848,19	197,25	2045,44
D	560,50	221,16	781,66	781,66	96,24	877,90	877,90	510,51	1590,04	2100,55	2100,55	2323,27	2323,27	146,64	2469,91
E	781,66	134,48	916,14	916,14	46,24	962,38	962,38	424,94	2100,55	2525,49	2525,49	2648,21	2648,21	72,40	2720,61

Berdasar kondisi aktual UMKM Family Aluminium pada tanggal 15 oktober 2023, Perusahaan menggunakan urutan *job* A-B-C-D-E, dengan waktu kerja total 2720,61 menit, atau 45,34 hari, 6,47 hari, atau 7 hari kerja.

- b. Hasil perhitungan dengan metode *Campbell Dudek Smith* dapat dilihat pada tabel dibawah ini :



Tabel 14.38 Perhitungan Makespan Metode Campbell Dudek Smith

Job	SK 1 (Menit)			SK 2 (Menit)			SK 3 (Menit)			SK 4 (Menit)			SK 5 (Menit)		
	MULAI	PROSES	SELESAL	MULAI	PROSES	SELESAL	MULAI	PROSES	SELESAL	MULAI	PROSES	SELESAL	MULAI	PROSES	SELESAL
C	0	225,60	225,60	225,60	126,45	352,05	352,05	412,91	764,96	764,96	258,15	1023,11	1023,11	197,25	1220,36
D	225,60	173,16	398,76	398,76	52,52	1083,01	1083,01	458,51	1541,52	1541,52	201,24	1742,76	1742,76	92,56	1835,32
A	398,76	165,87	564,63	1083,01	72,18	1251,37	1541,52	382,88	1924,40	1924,40	167,04	2091,44	2091,44	109,98	2201,42
E	564,63	108,08	672,71	1251,37	33,12	1284,49	1924,40	310,14	2234,54	2234,54	112,48	2347,02	2347,02	58,24	2405,26
B	672,71	84,05	756,76	1284,49	28,90	1313,39	2234,54	265,59	2500,13	2500,13	76,70	2576,83	2576,83	45,25	2450,51

Berdasar perhitungan dengan metode *CampeblI Dudek Smith* diperoleh urutan *job* A-B-C-D-E, dengan bernilai 2450,51 menit atau 40,84 jam atau 5,83 hari atau 6 hari.

- c. Perolehan hasil perhitungan dengan Metode *Nawaz Ensore Ham* bisa dilihat pada tabel dibawah ini :



Tabel 4.38 Perhitungan Makespan Metode Nawaz Enscore Ham

SK (Menit)	JOB E			JOB D			JOB C			JOB A			JOB B		
	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI	MULAI	PROSES	SELESAI
SK 1 (Menit)	0	134,48	134,48	134,48	221,16	355,64	355,64	225,60	581,24	581,24	199,80	781,04	781,04	135,10	916,14
SK 2 (Menit)	134,48	46,24	180,72	180,72	96,24	276,96	581,24	126,45	707,69	781,04	60,60	841,64	916,14	41,40	957,54
SK 3 (Menit)	180,72	424,94	605,66	605,66	510,51	1116,17	707,69	412,91	1020,60	1020,60	529,05	1490,65	1490,65	387,68	1878,33
SK 4 (Menit)	605,66	122,72	728,38	728,38	222,72	951,10	1020,60	258,15	1278,75	1278,75	232,20	1510,95	1878,33	140,60	2018,93
SK 5 (Menit)	728,38	72,40	800,78	800,78	146,64	947,42	1278,75	197,25	1476,00	1510,95	106,80	1617,75	2018,93	72,80	2091,73



Berdasar perhitungan iterasi ke 10 dengan metode *Nawaz Enscore Ham* didapatkan urutan *job* E-D-C-A-B dengan bernilai 2091,73 menit atau 34,86 jam atau 4,98 hari atau 5 hari kerja.

4.3 Analisa dan Interpretasi

Tahap ini akan dikerjakan analisa terhadap performansi penjadwalan perusahaan, penjadwalan metode *Campbell Dudek Smith*, dan penjadwalan dengan metode *Nawaz Enscore Ham*.

4.3.1 Analisa Penjadwalan Perusahaan

Pada UMKM Family Aluminium, jadwal produksi mengaplikasikan metode *First Come First Served* (FCFS), yang berarti pesanan pertama diproses. Karena tidak ada perhitungan waktu produksi yang pasti, penggunaan ini tidak sepenuhnya optimal. Perusahaan menjadwalkan urutan *job* A-B-C-D-E berdasar kondisi aktual perusahaan pada tanggal 15 oktober 2023. Pada pesanan 15 oktober 2023, perusahaan dan pelanggan setuju untuk menetapkan waktu produksi 5 hari kerja. Metode *First Come First Served* (FCFS) menghasilkan bernilai 2720,61 menit, atau 45,34 hari, atau 6,47 hari, atau 7 hari kerja. Pengiriman akan tertunda dari waktu yang telah ditetapkan karena hal ini.

Adapun perhitungan waktu proses produksi perusahaan juga menunjukkan *idle time* stasiun kerja.

Tabel 4.39 *Idle Time Stasiun Kerja* dengan Metode *First Come First Served* (FCFS)

No	Stasiun Kerja	Idle Time (Menit)
1	SK1	0,00
2	SK2	391,65
3	SK3	0,00
4	SK4	882,37
5	SK5	1103,07
Total		2377,09

Nilai *Idle time* didapatkan dengan mengurangi waktu mulai pekerjaan dengan waktu selesai pekerjaan sebelumnya, nilai waktu kosong metode *First Come First Served* (FCFS) dapat diperoleh dari tabel *Makespan* perusahaan (tabel

4.7). Stasiun kerja 1 tidak memiliki waktu tunggu, Stasiun kerja 2 memiliki waktu tunggu 391,65 menit, Stasiun kerja 3 memiliki waktu tunggu 882,37 menit, dan Stasiun kerja 5 memiliki waktu tunggu 1103,07 menit. Total *Idle Time* perusahaan dengan menggunakan metode *First Come First Served* (FCFS) adalah 2377,09 menit.

4.3.2 Analisis Metode *Campbell Dudek Smith* (CDS)

Adapun Metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) membagi keseluruhan mesin ke dalam dua kelompok untuk mengatasi masalah keterlambatan waktu proses produksi. Tabel 4.17 menunjukkan urutan pekerjaan dengan metode CDS. Dari semua iterasi yang menghasilkan urutan pekerjaan dan nilai *makespan*, pilih iterasi 4 dengan urutan *job* C-D-A-E-B, yang punya nilai bernilai 2450,51 menit, atau 45,34 jam atau 6,47 hari atau 7 hari. Diketahui tabel perhitungan *makespan* metode CDS (tabel 4.18) dapat dipergunakan untuk menghitung nilai *idle time* tunggu metode CDS. Iterasi terpilih dengan urutan pekerjaan C-D-A-E-B mendapatkan nilai waktu tunggu sebagai berikut:

Tabel 4.40 *Idle Time* Stasiun Kerja dengan Metode *Campbell Dudek Smith* (CDS)

No	Stasiun Kerja	<i>Idle Time</i> (Menit)
1	SK1	0,00
2	SK2	195,96
3	SK3	0,00
4	SK4	796,26
5	SK5	924,12
Total		1916,33

Dengan mengurangi waktu mulai pekerjaan dengan waktu selesai pekerjaan sebelumnya, nilai waktu luang metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) diperoleh dari tabel perhitungan *Makespan* metode CDS (tabel 4.18). *Idle Time* total untuk stasiun kerja 1 adalah tidak ada dengan metode *Campbell Dudek Smith* (CDS). *Idle Time* untuk stasiun kerja 2 adalah 195,96 menit, stasiun kerja 3 adalah tidak ada, stasiun kerja 4 adalah 796,26 menit, dan stasiun kerja 5 adalah 924,12 menit. Perbedaan *idle time* milik perusahaan dengan metode *Campbell Dudek Smith* yaitu 460,76 menit.

Berdasar perhitungan dengan Metode *Campbell Dudek Smith* diperoleh 4 Iterasi yang menghasilkan *Job* C-D-A-E-B dengan bernilai 2450,51 menit atau 40,84 jam atau 5,83 hari kerja atau 6 hari kerja. Sehingga dapat dikatakan bahwa metode *Campbell dudek Smith* sudah bisa mengurangi waktu produksi akan tetapi, kurang optimal dalam menyelesaikan permasalahan diperusahaan yaitu 7 hari kerja. Selisih waktu produksi perusahaan dengan metode *Campbell Dudek Smith* ialah 1 hari kerja.

4.3.3 Analisis Metode *Nawaz Enscore Ham* (NEH)

Dari perhitungan penjadwalan Metode *Nawaz Enscore Ham* pada tabel 4.35 didapatkan 14 iterasi dengan cara menukar posisi *job* untuk mendapatkan berbagai kemungkinan urutan *job*. Pilih urutan pekerjaan dengan *makespan* terkecil dari semua iterasi yang menghasilkan urutan *job* dan *makespan*, misalnya iterasi 10, dengan urutan *job* E-D-C-A-B. yang mempunyai nilai bernilai 2091,73 menit atau 34,86 jam atau 4,98 hari atau 5 hari kerja.

Nilai *Idle Time* metode NEH bisa dihitung berdasar tabel perhitungan metode NEH (tabel 4.36). Iterasi terpilih sesuai urutan *job* E-D-C-A-B memperoleh nilai *Idle Time* yaitu:

Tabel 4.4 *Idle Time* Stasiun Kerja dengan Metode *Nawaz Enscore Ham* (NEH)

No	Stasiun Kerja	<i>Idle Time</i> (Menit)
1	SK1	0,00
2	SK2	153,78
3	SK3	318,29
4	SK4	485,35
5	SK5	484,03
Total		1441,45

Dengan mengurangi waktu mulai *job* dengan waktu selesai *job* sebelumnya, nilai *idle time* metode *Nawaz Enscore Ham* (NEH) dapat diperoleh dari tabel perhitungan *Makespan* metode NEH (tabel 4.36). Tidak ada waktu tunggu di stasiun kerja 1, waktu tunggu di stasiun kerja 2 adalah 153,78 menit, waktu tunggu di stasiun kerja 3 adalah 318,29 menit, dan waktu tunggu di stasiun 4 adalah 485,35 menit dan stasiun kerja 5 adalah 484,03 menit. Total *Idle Time*

dengan mengaplikasikan metode *Nawaz Ensore Ham*(NEH) adalah 1441,45 menit.

Berdasar perhitungan dengan Metode *Nawaz Ensore Ham* diperoleh 14 Iterasi yang menghasilkan *Job* E-D-C-A-B pada iterasi ke sepuluh dengan bernilai 2091,73 menit atau 34,86 jam atau 4,98 hari atau 5 hari kerja. Sehingga dapat dikatakan bahwa metode *Nawaz Ensore Ham* sudah bisa mengurangi waktu produksi dalam menyelesaikan permasalahan perusahaan yaitu 5 hari kerja. Selisih waktu produksi perusahaan dengan metode *Nawaz Ensore Ham* ialah 2 hari kerja.

Hasil dari perhitungan menunjukkan bahwa metode *Nawaz Ensore Ham* memiliki karakteristik yang berbeda dengan metode *Campbell Dudek Smith* untuk menentukan iterasi. Metode *Campbell Dudek Smith* memiliki 4 iterasi dengan cara menentukan iterasi menggunakan rumus $k = m - 1$, dimana m adalah banyaknya jumlah mesin. Sedangkan metode *Nawaz Ensore Ham* memiliki 14 iterasi dengan $(n*(n+1)/2) - 1$, dimana n adalah jumlah *job* yang akan dijadwalkan. Perhitungan antara metode *Campbell Dudek Smith* dan metode *Nawaz Ensore Ham* memiliki hasil yang berbeda, metode *Nawaz Ensore Ham* lebih optimal untuk mengurangi perusahaan.

4.3.4 Interpretasi

Proses menginterpretasikan penelitian untuk mengetahui hasil penjadwalan disebut interpretasi. Metode *First Come First Served* (FCFS) mengutamakan order yang lebih dahulu datang. Karena tidak ada perhitungan waktu produksi yang pasti, penggunaan ini tidak sepenuhnya optimal. Perusahaan menjadwalkan urutan pekerjaan A-B-C-D-E berdasar kondisi aktual perusahaan pada tanggal 15 oktober 2023. Pada pesanan 15 oktober 2023, perusahaan dan pelanggan setuju untuk menetapkan waktu produksi 5 hari kerja. Metode *First Come First Served* (FCFS) menghasilkan makespan bernilai 2720,61 menit, atau 45,34 hari, atau 6,47 hari, atau 7 hari kerja. Dengan demikian, pengiriman tidak akan tiba pada waktu yang telah ditetapkan. Berdasar masalah tersebut, perusahaan harus melakukan perhitungan penjadwalan produksi dengan metode

pembandingan untuk menentukan alur proses produksi dan total waktu kerja (*Makespan*) yang paling efektif.

Setelah aturan perusahaan dipergunakan untuk menghitung waktu proses produksi, metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) dan *Nawaz Ensore Ham* (NEH) dipergunakan guna membandingkan dan menawarkan solusi terbaik bagi perusahaan. Metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) ditafsirkan sebagai teknik guna menangani keterlambatan dalam waktu proses produksi (*Makespan*) pada sistem aliran mesin *Flowshop*. Metode ini membagi total waktu yang diperlukan untuk mengatasi masalah keterlambatan tersebut. Sesudah mengevaluasi berbagai urutan pekerjaan melalui sejumlah iterasi ($k=m-1$), iterasi ke-4 dengan urutan pekerjaan C-D-A-E-B terbukti memberikan urutan dan *makespan* terkecil, yaitu 2450,51 menit atau 40,84 jam, setara dengan 5,83 hari kerja atau 6 hari kerja.

Metode *Nawaz Ensore Ham* (NEH) berfokus pada mencari solusi terbaik dengan cara menukar posisi *job* untuk mendapatkan berbagai kemungkinan urutan *job*. Banyak iterasi pada metode *Nawaz Ensore Ham* yaitu $(n*(n+1)/2-1)$. Dimana n adalah jumlah *job* yang akan dijadwalkan. Dalam perhitungan penjadwalan metode *Nawaz Ensore Ham* (NEH) diperoleh urutan *job* E-D-C-A-B dengan bernilai 2091,73 menit atau 34,86 jam atau 4,98 hari atau 5 hari kerja.

Dari kedua metode usulan tersebut metode *Campbell Dudek Smith* dan metode *Nawaz Ensore Ham*. Metode *Nawaz Ensore Ham* (NEH) lebih cepat dari waktu yang ditarget perusahaan, dihasilkan sisa waktu pengerjaan selama 2 hari atau 10,48 jam kerja, sedangkan metode *Campbell Dudek Smith* lebih cepat 1 hari atau 4,50 jam dari metode perusahaan. Dengan perhitungan penjadwalan tersebut metode *Nawaz Ensore Ham* (NEH) lebih optimal dalam perhitungan penjadwalan produksi perusahaan. Dengan lebih cepat 2 hari, perusahaan dapat mengerjakan rencana produksi untuk periode selanjutnya, jadi kemungkinan keterlambatan produk kecil bahkan tidak ada keterlambatan penyelesaian produk.

4.4 Pembuktiaan Hipotesa

Berikut ini merupakan perbandingan hasil dan *idle time* antara kondisi aktual perusahaan, penjadwalan dengan metode *Campbell Dudeck Smith*, dan penjadwalan *Nawaz Ensore Ham*.

Tabel 4.42 Perbandingan Metode

Metode	Urutan Job	Makespan (menit)	IdleTime (menit)
<i>First Come First Served</i>	A-B-C-D-E	2720,61	2377,09
<i>Campbell Dudek Smith</i>	C-D-A-E-B	2450,51	1916,33
<i>Nawaz Ensore Ham</i>	E-D-C-A-B	2091,73	1441,45

Penelitian ini membuktikan hipotesa dengan menghitung nilai *Index Efficiency* (EI) metode perusahaan (FCFS) menggunakan metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) dan metode *Nawaz Ensore Ham* (NEH). Perhitungan EI diperoleh dari perbandingan metode FCFS (metode perusahaan) dengan metode CDS dan metode NEH (metode alternatif). Metode penjadwalan ketiga menghitung nilai *Efficiency Index* (EI).

Perhitungan *Efficiency Index* metode *Campbell Dudek Smith* berdasar persamaan (3):

$$EI = \frac{2720,61}{2450,51} = 1,11$$

Perhitungan *Efficiency Index* metode *Nawaz Ensore Ham*:

$$EI = \frac{2720,61}{2091,73} = 1,30$$

Tabel 4.43 Perbandingan *Efficiency Index*

Metode	Nilai EI
<i>Campbell Dudek Smith</i>	1,11
<i>Nawaz Ensore Ham</i>	1,30

Hasil dari perhitungan EI diketahui bahwa nilai EI metode CDS 1,11 dan Metode NEH 1,30 yang artinya jika $EI < 1$, maka metode penjadwalan perusahaan saat ini lebih baik dibandingkan dengan metode alternatif. Apabila $EI > 1$, maka metode alternatif memiliki performansi yang lebih baik dibandingkan dengan

metode perusahaan. Jika $EI = 1$, maka kedua metode memiliki performansi yang sama.

Relative Error (RE) dipergunakan untuk mengetahui seberapa jauh perbedaan kedua metode yaitu metode perusahaan dan metode alternatif. Perhitungan nilai RE juga diperlukan untuk mengetahui seberapa jauh perbedaan hasil akhir yang dihasilkan dari kedua metode yang dibandingkan, oleh karena itu dilakukan perhitungan nilai RE antara metode perusahaan dan metode alternatif. Berikut perhitungan RE dari kedua metode berdasar persamaan (4):

Perhitungan *Relative Error* metode *Campbell Dudek Smith* :

$$RE = \frac{2720,61 - 2450,51}{2450,51} \times 100\%$$

$$RE = \frac{270,1}{2450,51} \times 100\% = 0,11 \%$$

Perhitungan *Relative Error* metode *Nawaz Ensore Ham* :

$$RE = \frac{2720,61 - 2091,73}{2091,73} \times 100\%$$

$$RE = \frac{628,88}{2091,73} \times 100\% = 0,30 \%$$

Dari perhitungan *Relative Error* (RE) yang didapatkan menunjukkan bahwa penghematan yang diperoleh antara lain metode *Nawaz Ensore Ham* (NEH) dengan metode perusahaan bernilai 0,30 %.

Tabel 4.44 Perbandingan *Relative Error*

Metode	Nilai RE
<i>Campbell Dudek Smith</i>	0,11 %
<i>Nawaz Ensore Ham</i>	0,30%

Berdasar tabel perbandingan metode diatas dapat dinyatakan bahwa kedua metode alternatif *Campbell Dudek Smith* mendapatkan nilai EI bernilai 1,11 dan nilai RE bernilai 0,11 %, dan *Nawaz Ensore Ham* mendapatkan nilai EI bernilai 1,30 dan nilai RE bernilai 0,30%. Dari hasil perhitungan tersebut metode NEH lebih optimal menyelesaikan permasalahan yang ada pada perusahaan saat ini yaitu memenuhi batas waktu penyelesaian seluruh produk selama 5 hari.

Adanya alternatif usulan penjadwalan *Nawaz Enscore Ham* yang menghasilkan *job sequences* dengan performansi yang lebih baik (mengurangi *idletime* dan *Makespan*) daripada aturan penjadwalan yang diterapkan saat ini, permasalahan pemenuhan target batas waktu penyelesaian seluruh produk dapat terpenuhi sehingga perusahaan bisa mengerjakan perencanaan penjadwalan selanjutnya dengan waktu lebih awal, serta akan mendapat kepercayaan dan kepuasan dari konsumen dalam hal ketepatan waktu. Selain itu, perusahaan tidak perlu melakukan *over time* dalam memenuhi target produksi yang menimbulkan biaya tambahan bagi perusahaan.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang bisa didapatkan pada penelitian di UMKM Family Aluminium adalah:

1. Aturan *First Come First Served* (FCFS) dan metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) dan *Nawaz Ensore Ham* (NEH) dipergunakan guna analisis penjadwalan produksi UMKM Family Aluminium untuk mengurangi keterlambatan pengiriman dengan nilai *makespan* yang paling rendah.
2. Hasil perhitungan menggunakan aturan FCFS mendapat urutan pekerjaan A-B-C-D-E dengan waktu kerja 2720,61 atau 45,34 jam atau 6,47 atau 7 hari kerja, dan mempunyai *iddle time* sebanyak 2377,09 menit, sedangkan hasil perhitungan menggunakan metode CDS menghasilkan urutan pekerjaan C-D-A-E-B dengan waktu kerja 2450,51 menit, atau 40,84 jam atau 5,83 hari atau 6 hari kerja serta memiliki *iddle time* sebesar 1916,33 menit. Hasil perhitungan menggunakan metode NEH menghasilkan urutan pekerjaan E-D-C-A-B dengan waktu kerja 2091,73 atau 34,86 atau 4,98 atau 5 hari kerja, *iddle time* pada metode ini didapatkan 1441,45 menit.
3. Hasil penjadwalan produksi menggunakan metode CDS memiliki nilai EI 1,11 dan RE 0,11 % sedangkan metode NEH memiliki nilai EI 1,30 dan RE 0,30 %. Berdasar parameter *Efficiency Index* (EI) metode CDS diperoleh EI (1,11) > 1, maka metode CDS mempunyai performansi yang baik dibandingkan dengan metode FCFS yang dipergunakan perusahaan, dan *Relative Error* (RE) diperoleh (0,11%) menunjukkan selisih nilai metode CDS dan FCFS. Sedangkan metode NEH memiliki nilai EI (1,30) > 1 artinya metode NEH juga punya performansi yang lebih baik dari metode FCFS, dan nilai RE (0,30%) yang menunjukkan selisih nilai *makespan* metode NEH dan FCFS. Dapat disimpulkan dari perhitungan tersebut metode *Nawaz Ensore Ham* (NEH) lebih efektif .

5.2 Saran

Berdasar penelitian yang sudah dikerjakan, di bawah ini diketahui saran yang dapat diberikan untuk pengembangan kedepan, yaitu :

1. Setiap pesanan yang masuk ke UMKM Family Aluminium harus dijadwalkan untuk memastikan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikannya, sehingga waktu yang dijanjikan kepada pelanggan tidak salah dan pengiriman tidak terlambat.
2. Perusahaan dapat menggunakan metode *Nawaz Enscore Ham* (NEH) untuk menghitung waktu penjadwalan produksi untuk menentukan waktu penyelesaian produksi.
3. Hasil penelitiannya bisa dipergunakan sebagai sumber penelitian yang akan datang dengan memanfaatkan berbagai pendekatan untuk mencapai hasil yang optimal dalam mengatur proses produksi perusahaan.



DAFTAR PUSTAKA

- Annisya, Shita Dwi, dan Joumil Aidil Saifudin. 2020. “Analisis Penjadwalan Produksi Batu Tahan Api Dengan Menggunakan Metode Campbell Dudek Smith (Cds), Nawaz Ensore Ham (Neh), Dan Palmer Untuk Mengurangi Makespan Di Pt. X.” *Juminten* 1(3):165–76. doi: 10.33005/juminten.v1i3.119.
- ANTARI, NI KADEK DESI PUJA, LUH PUTU IDA HARINI, dan NI KETUT TARI TASTRAWATI. 2021. “Analisis Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode Campbell Dudek Smith Dan Dannenbring Dalam Meminimumkan Total Waktu Produksi Beras.” *E-Jurnal Matematika* 10(4):215. doi: 10.24843/mtk.2021.v10.i04.p345.
- Arifandi, Diki, Trifandi Lasalewo, dan Hasanuddin Hasanuddin. 2022. “Analisis Metode NEH Untuk Meminimalkan Makespan Pada Penjadwalan Produksi di Rumah Industri Wahyu.” *Jambura Industrial Review (JIREV)* 2(2):65–74. doi: 10.37905/jirev.v2i2.15861.
- Asih, Puji, Iva Mindhayani, dan Tatak Prakasa. 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. doi: 10.37631/jri.v4i1.629.
- Bagaskara, Wingga Wahyu, Nuzulia Khoiriyah, dan Akhmad Syakhroni. 2023. “Strategi Penjadwalan Produksi dengan Metode Campbell Dudex Smith dan Heuristic Palmer.” *Jurnal Teknik Industri (JURTI)* 2(1):37–45.
- Dwi Susanti, Novia, dan Endang Pudji Widjajati. 2023. “Analisis Perencanaan Produksi Paving Dengan Menggunakan Metode Campbell Dudek Smith Dan Palmer Di CV. Daya Patra Sentosa.” *Jtmei* 2(2):108–21.
- Irsyad, Muhammad, dan Teguh Oktiarso. 2020. “Penjadwalan Produksi Dengan Algoritma Dannenbring dan Branch and Bound pada Produksi Atap Galvalum Di PT NS Bluescope Lysaght Indonesia.” *Journal of Integrated System* 3(2):148–60. doi: 10.28932/jis.v3i2.2773.

- Juwita, Eldiana, Bambang Suhardi, dan Frisheila Sely Apriliana. 2019. "Analisis Keseimbangan Lini Dan Usulan Perbaikan Menggunakan Metode Line Balancing Di Pt. Xyz." *Seminar dan Konferensi Nasional IDEC* 2–3.
- Mardiani, Suci. 2021. "Penjadwalan Produksi Dengan Metode Tabu Search Menggunakan Software VBA Macro Excel Di PT Citra Abadi Sejati." *Scientifict Journal of Industrial Engineering* 2(2):13–20.
- Mashuri, Chamdan, Ahmad Heru Mujianto, Hadi Sucipto, Rinaldo Yudianto Arsam, dan Ginanjar Setyo Permadi. 2019. "Production Time Optimization using Campbell Dudek Smith (CDS) Algorithm for Production Scheduling." *E3S Web of Conferences* 125(201 9):5–9. doi: 10.1051/e3sconf/201912523009.
- Putra, M. A. A. 2019. "Untuk Meminimasi Makespan Dan Jam Lembur Fakultas Teknik Industri Universitas Pembangunan Nasional ' Veteran ' Yogyakarta." *Skripsi*.
- Rizky, I., K. Syahputri, R. M. Sari, I. Siregar, M. M. Tambunan, Anizar, U. Tarigan, dan N. Isnaini. 2019. "Nawaz, Enscore, Ham (NEH) Algorithm to Minimization of Makespan in Furniture Company." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 505(1). doi: 10.1088/1757-899X/505/1/012077.
- Safitri, Rosi Indah. 2019. "Analisis Sistem Penjadwalan Produksi Berdasar Pesanan Pelanggan dengan Metode FCFS, LPT, SPT dan EDD Pada PD. X." *Jurnal Optimasi Teknik Industri (JOTI)* 1(2):26. doi: 10.30998/joti.v1i2.3840.
- Solikhah, Fitria Imatus, Renanda R. Nia, dan Aditya Maharani. 2017. "Optimasi Penjadwalan Mesin Produksi Flowshop dengan Metode Campbell Dudek and Smith (CDS) dan Nawaz Enscore Ham (NEH) pada Departemen Produksi Massal." *Proceedings Conference on Design Manufacture Engineering and its Application* 414–19.
- Utami, I. D., I. Kuswandi, dan D. E. Wibowo. 2020. "Comparison of Scheduling Methods: Campbell Dudek Smith, Palmer and Dannenbring to Minimize Makespan." *Journal of Physics: Conference Series* 1569(3). doi:

10.1088/1742-6596/1569/3/032019.

Widyastuti, Meilin, Eka Irawan, dan Agus Perdana Windarto. 2019. “Penerapan Metode Gantt Chart dalam Menentukan Penjadwalan Kinerja Karyawan.” *Prosiding Seminar Nasional Riset Information Science (SENARIS)* 1(September):557. doi: 10.30645/senaris.v1i0.62.

Zuya, Novika, dan Mentari Oktaria Gurusinga. 2023. “Usulan Penjadwalan Job Menggunakan Metode Campbell, Dudek and Smith (CDS) serta Metode Nawaz, Enscore and Ham (NEH) Guna Meminimalkan Makespan Proses Produksi Pistol Mainan di PT. ABC.” *Talenta Publisher* 6(1). doi: 10.32734/ee.v6i1.1904.

