

**USULAN PENJADWALAN PRODUKSI UNTUK MINIMASI
TOTAL *MAKESPAN* MENGGUNAKAN METODE *CAMPBELL
DUDECK SMITH* (CDS) PADA YULIATI WARNO BATIK**

LAPORAN TUGAS AKHIR

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



DISUSUN OLEH:

EFIDA NURISA

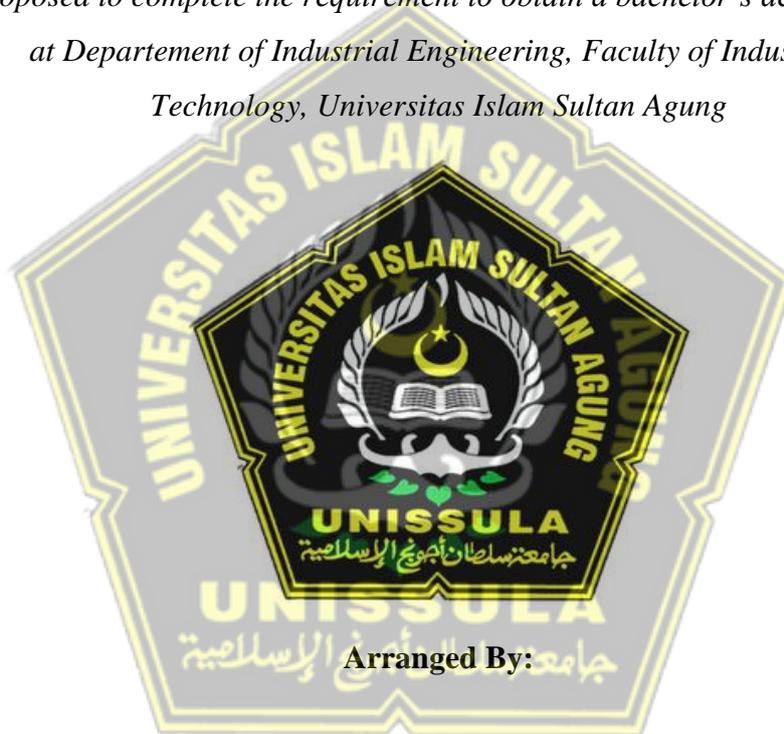
NIM 31601900021

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
MEI 2024**

FINAL PROJECT

***PROPOSED PRODUCTION SCHEDULING TO MINIMIZE
TOTAL MAKESPAN USING THE CAMPBELL DUDECK SMITH
(CDS) METHOD AT YULIATI WARNO BATIK***

*Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree (S1)
at Departement of Industrial Engineering, Faculty of Industrial
Technology, Universitas Islam Sultan Agung*



EFIDA NURISA

NIM 31601900021

**DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
MAY 2024**

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “USULAN PENJADWALAN PRODUKSI UNTUK MINIMASI TOTAL *MAKESPAN* MENGGUNAKAN METODE *CAMPBELL DUDECK SMITH (CDS)* PADA YULIATI WARNO BATIK”

ini disusun oleh :

Nama : Efida Nurisa
NIM : 31601900021
Program Studi : Teknik Industri

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada :

Hari :

Tanggal :

Pembimbing I

Pembimbing II


Nuzulia Khoiriyah, S.T., M.T

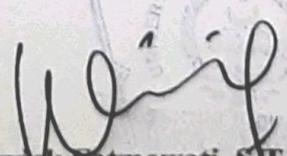
NIDN. 06-2405-7901


Ir. Eli Mas'idah, M.T

NIDN. 06-1506-6601

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri


Wiwik Patmawati, S.T., M.Eng

NIK. 210-600-019

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “**USULAN PENJADWALAN PRODUKSI UNTUK MINIMASI TOTAL *MAKESPAN* MENGGUNAKAN METODE *CAMPBELL DUDECK SMITH* (CDS) PADA YULIATI WARNO BATIK**”

ini telah dipertahankan di depan dosen penguji Tugas Akhir pada :

Hari :

Tanggal :

TIM PENGUJI

Anggota I

Anggota II


Akhmad Syakhroni, S.T., M.Eng


Muhammad Sagaf, S.T., M.T

NIDN. 06-1603-7601

NIDN. 06-2303-7705

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Efida Nurisa

NIM : 31601900021

Judul Tugas Akhir : USULAN PENJADWALAN PRODUKSI UNTUK MINIMASI TOTAL *MAKESPAN* MENGGUNAKAN METODE *CAMPBELL DUDECK SMITH* (CDS) PADA YULIATI WARNO BATIK

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

UNISSULA
جامعة سلطان أبوبنوح الإسلامية

Semarang, Mei 2024

Yang Menyatakan



METER TEMPEL
E19ALX169236014

Efida Nurisa

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Efida Nurisa

NIM : 31601900021

Judul Tugas Akhir : **USULAN PENJADWALAN PRODUKSI UNTUK MINIMASI TOTAL *MAKESPAN* MENGGUNAKAN METODE *CAMPBELL DUDECK SMITH* (CDS) PADA YULIATI WARNO BATIK**

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan judul : **USULAN PENJADWALAN PRODUKSI UNTUK MINIMASI TOTAL *MAKESPAN* MENGGUNAKAN METODE *CAMPBELL DUDECK SMITH* (CDS) PADA YULIATI WARNO BATIK**

Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak bebas Royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola pangkalan data, dan dipublikasikan di internet dan media lain unuk 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, Mei 2024

Yang Menyatakan


Efida Nurisa

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahilladzi bi ni'matihi tatimmush sholihat

Segala puji bagi Allah SWT yang telah membantu penuh dalam menyelesaikan tanggung jawab studi penulis. Salawat dan salam tak lupa untuk *special person; The Prophet Muhammad SAW*. Semoga kita semua mendapatkan syafaatnya kelak diakhirat. *Aamiin*.

Alhamdulillah ala kulli hal berkat karunia dari Allah saya bisa sampai pada titik ini, menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “Usulan Penjadwalan Produksi Untuk Minimasi Total *Makespan* Menggunakan Metode *Campbell Dudeck Smith (CDS)* Pada Yuliati Warno Batik”. Tentu hasil studi ini saya persembahkan kepada Ibu saya tercinta. Beliau adalah *Wonder-Ibu* yang sangat super dan supel karena segala bentuk *support* beliau kerahkan penuh untuk saya putrinya; *especially* untuk *magical words* ataupun doa-doa nya yang sangat berarti dan berkesan bagi saya. Terima kasih telah menjadi bagian dari semangat hidup saya. Semoga Allah berkahi Ibu dunia akhirat.

Perjuangan penulis tak lepas dari dukungan teman-teman yang selalu memotivasi, mendampingi, serta mendoakan untuk sesegera mungkin menyelesaikan tanggungjawab studi ini. Tak lupa terima kasih saya ucapkan kepada dosen pembimbing dan dosen penguji, serta semua dosen FTI UNISSULA yang telah mengajarkan ilmunya kepada saya, semoga berkah dunia akhirat. Ilmu dan pengalaman tersebut akan menjadi bekal saya untuk mengarungi *chapter* selanjutnya (*welcoming to the next Allah's plan for me*) dan lebih semangat untuk menggapai impian serta menjadi pribadi yang lebih baik yang bermanfaat untuk diri juga ummat.

HALAMAN MOTTO

“Behind every delay there is khair (goodness of Allah)”

“When Allah is your reason to live, you will never have a reason to quit”

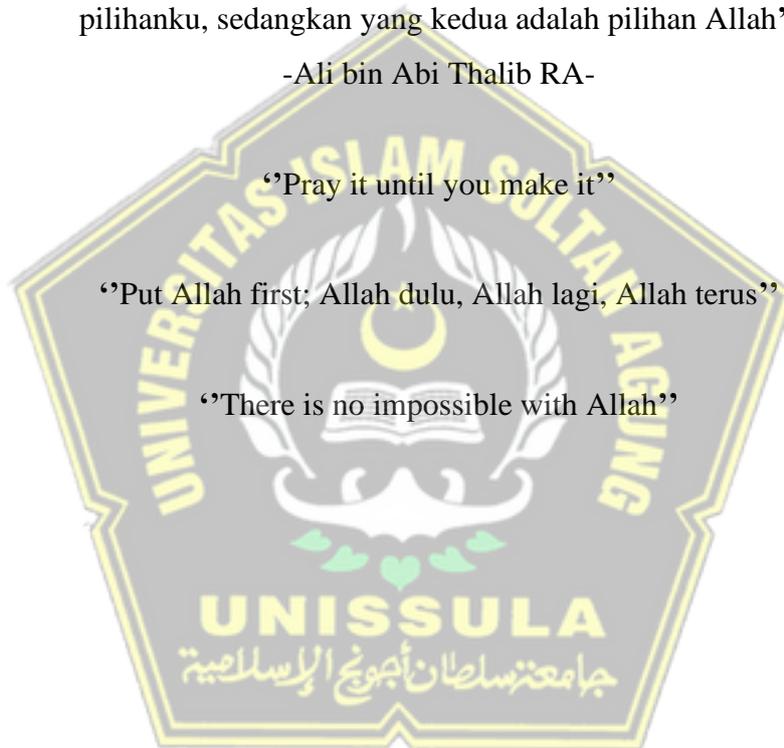
“Jika Allah mengabulkan doaku maka aku bahagia, tetapi jika Allah tidak mengabulkan doaku maka aku lebih bahagia. Karena yang pertama adalah pilihanku, sedangkan yang kedua adalah pilihan Allah”

-Ali bin Abi Thalib RA-

“Pray it until you make it”

“Put Allah first; Allah dulu, Allah lagi, Allah terus”

“There is no impossible with Allah”



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Dengan mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, inayah, hidayah, dan taufiq-Nya, *alhamdulillah ala kulli hal* atas ridho dan restu-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “Usulan Penjadwalan Produksi Untuk Minimasi Total *Makespan* Menggunakan Metode *Campbell Dudeck Smith* (CDS) Pada Yuliati Warno Batik”. Salawat serta salam tak lupa senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang kita nantikan syafaatnya kelak di hari kiamat.

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang terlibat dalam penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini. Terima kasih penulis ucapkan kepada :

1. Allah SWT atas karunia yang diberikan; karena berkat pertolongan penuh dari Allah, penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan baik.
2. Orang tua penulis, tekhusus Ibunda tercinta yang *full support* hampir dalam segala aspek. Semoga Allah limpahkan kebaikan serta keberkahan dalam hidup Ibu selalu.
3. Ibu Nuzulia Khoiriyah, S.T., M.T dan Ibu Ir. Eli Mas'idah, M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan selama proses pengerjaan Laporan Tugas Akhir.
4. Bapak Akhmad Syakhroni, S.T., M.Eng dan Bapak Muhammad Sagaf, S.T., M.T selaku dosen penguji yang bersedia memberikan masukan berupa kritik yang membangun dan saran dalam hal perbaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir.
5. Bapak dan Ibu selaku Dosen jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung, terima kasih atas bimbingan dan ilmu nya selama ini. Semoga berkah manfaat dunia akhirat.
6. Bapak dan Ibu selaku pemilik Yuliati Warno Batik serta para karyawannya yang telah membantu selama penelitian tugas akhir berlangsung.

7. Para *Coach healer* beserta komunitasnya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu (karena saking banyaknya), terima kasih telah mendampingi masa *therapy* dan pemulihan selama kurang lebih 2 tahun, sehingga akhirnya bisa kembali bangkit dan menyelesaikan tanggung jawab studi yang sempat terhambat.
8. Teman-teman bertumbuh ku yang selalu memberi dukungan dan doa. Maaf ya, mungkin nama kalian tidak tertera, tapi percayalah bahwa doaku menyertaimu. Semoga Allah beri kebaikan dalam hidupmu selalu.
9. Serta tak lupa semua pihak yang telah membantu dalam selesainya penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Saran dan kritik dari pembaca sangat penulis nantikan demi perbaikan karya selanjutnya. Harapan penulis, semoga laporan ini dapat dikembangkan dan menyeluruh kebermanfaatannya. *Aamiin*.
Sekian.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, Mei 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
HALAMAN MOTTO	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
ABSTRAK	xviii
ABSTRACT	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Pembatasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Landasan Teori	23
2.2.1 Definisi Produksi.....	23
2.2.2 Penjadwalan Produksi	23
2.2.3 Tujuan Penjadwalan	24
2.2.4 Istilah Penjadwalan	25
2.2.5 Jenis Penjadwalan	26
2.2.6 Pengukuran Waktu Kerja	29

2.2.7	Metode Asas Prioritas	31
2.2.8	Metode <i>Campbel Dudek Smith</i> (CDS)	32
2.2.9	<i>Gantt Chart</i>	33
2.2.10	Parameter Performansi	34
2.3	Hipotesis dan Kerangka Teoritis	35
2.3.1	Hipotesis.....	35
2.3.2	Kerangka Teoritis	36
BAB III	METODE PENELITIAN	38
3.1	Pengumpulan Data	38
3.2	Teknik Pengumpulan Data	39
3.3	Pengujian Hipotesis.....	39
3.4	Metode Analisis	41
3.5	Pembahasan.....	41
3.6	Penarikan Kesimpulan	41
3.7	Diagram Alir	41
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1	Pengumpulan Data.....	42
4.1.1	Profil Perusahaan	42
4.1.2	Alur Proses Produksi.....	45
4.1.3	Lantai Produksi Yuliati Warno Batik.....	45
4.1.4	Data Produksi	52
4.1.5	Data Stasiun Kerja.....	52
4.1.6	<i>Operation Process Chart</i> (OPC).....	53
4.1.7	Data Pengamatan <i>Cycle Time</i>	55
4.2	Pengolahan Data	59
4.2.1	Uji Kecukupan Data	60
4.2.2	Rekapitulasi Uji Kecukupan Data.....	61
4.2.3	Uji Keseragaman Data	64
4.2.4	Rekapitulasi Uji Keseragaman Data	65
4.2.5	Perhitungan Waktu Proses	81
4.2.6	Penjadwalan Awal Perusahaan	83
4.2.7	Penjadwalan Usulan Metode CDS (<i>Campbell Dudeck Smith</i>)	85

4.3	Analisis dan Interpretasi	97
4.3.1	Analisis Penjadwalan Awal Perusahaan	97
4.3.2	Analisis Penjadwalan Usulan	98
4.3.3	Interpretasi.....	100
4.4	Pembuktian Hipotesis	101
BAB V PENUTUP		103
5.1	Kesimpulan	103
5.2	Saran.....	103
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Pengiriman Barang	2
Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka	14
Tabel 2.2 Perbandingan Metode.....	22
Tabel 2.3 Contoh Tabel <i>Flowshop</i>	28
Tabel 2.4 Contoh Tabel Proses <i>Jobshop</i>	29
Tabel 2.5 Iterasi Dua Mesin	33
Tabel 4.1 Data Produksi Yuliati Warno Batik	52
Tabel 4.2 Data Stasiun Kerja.....	52
Tabel 4.3 Kode Operasi.....	53
Tabel 4.4 Simbol <i>Operation Process Chart</i>	53
Tabel 4.5 <i>Cycle Time Job A</i> (Sarung 1)	56
Tabel 4.6 <i>Cycle Time Job B</i> (Songkok)	57
Tabel 4.7 <i>Cycle Time Job C</i> (Tas).....	57
Tabel 4.8 <i>Cycle Time Job D</i> (Dompot).....	58
Tabel 4.9 <i>Cycle Time Job E</i> (Sarung 2).....	58
Tabel 4.10 <i>Cycle Time Job F</i> (Baju 1).....	59
Tabel 4.11 <i>Cycle Time Job G</i> (Baju 2).....	59
Tabel 4.12 Pengukuran Waktu WC 1 <i>Job A</i>	60
Tabel 4.13 Rekapitulasi Kecukupan Data <i>Job A</i>	61
Tabel 4.14 Rekapitulasi Kecukupan Data <i>Job B</i>	62
Tabel 4.15 Rekapitulasi Kecukupan Data <i>Job C</i>	62
Tabel 4.16 Rekapitulasi Kecukupan Data <i>Job D</i>	62
Tabel 4.17 Rekapitulasi Kecukupan Data <i>Job E</i>	63
Tabel 4.18 Rekapitulasi Kecukupan Data <i>Job F</i>	63
Tabel 4.19 Rekapitulasi Kecukupan Data <i>Job G</i>	63
Tabel 4.20 Rekapitulasi Keseragaman Data <i>Job A</i>	66
Tabel 4.21 Rekapitulasi Keseragaman Data <i>Job B</i>	68
Tabel 4.22 Rekapitulasi Keseragaman Data <i>Job C</i>	70
Tabel 4.23 Rekapitulasi Keseragaman Data <i>Job D</i>	72
Tabel 4.24 Rekapitulasi Keseragaman Data <i>Job E</i>	75

Tabel 4.25 Rekapitulasi Keseragaman Data <i>Job F</i>	77
Tabel 4.26 Rekapitulasi Keseragaman Data <i>Job G</i>	79
Tabel 4.27 Rekapitulasi Waktu Rata-Rata	82
Tabel 4.28 Rekapitulasi Waktu Proses.....	83
Tabel 4.29 Perhitungan <i>Makespan</i> Penjadwalan Awal Perusahaan.....	84
Tabel 4.30 Perhitungan <i>Makespan</i> Penjadwalan Awal Perusahaan (Lanjutan) ...	84
Tabel 4.31 Iterasi Dua Mesin	86
Tabel 4.32 Waktu Proses 7 <i>Job</i> Pada 9 <i>Work Center</i>	87
Tabel 4.33 Iterasi 1	87
Tabel 4.34 Pengurutan <i>Job</i>	88
Tabel 4.35 Iterasi 2	88
Tabel 4.36 Iterasi 3	89
Tabel 4.37 Iterasi 4	90
Tabel 4.38 Iterasi 5	90
Tabel 4.39 Iterasi 6	91
Tabel 4.40 Iterasi 7	92
Tabel 4.41 Iterasi 8	92
Tabel 4.42 Alternatif Urutan <i>Job</i> Penjadwalan CDS	93
Tabel 4.43 Perhitungan Total <i>Makespan</i> Alternatif Urutan <i>Job</i> Terpilih	94
Tabel 4.44 Perhitungan Total <i>Makespan</i> Alternatif Urutan <i>Job</i> Terpilih (Lanjutan)	94
Tabel 4.45 <i>Idle time</i> Penjadwalan Awal.....	97
Tabel 4.46 Alternatif Urutan <i>Job</i> Penjadwalan CDS	98
Tabel 4.47 <i>Idle time</i> Penjadwalan CDS.....	99
Tabel 4.48 Pembuktian Hipotesis.....	101

DAFTAR GAMBAR

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 Contoh <i>Gantt Chart</i>	34
Gambar 2.5 Kerangka Teoritis	37
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	42
Gambar 4.1 Wisata Batik Pati	42
Gambar 4.2 Wisata Batik Pati	43
Gambar 4.3 Kreasi Batik Sarung.....	43
Gambar 4.4 Kreasi Batik Tas	44
Gambar 4.5 Kreasi Batik Songkok.....	44
Gambar 4.6 <i>Work Center</i> Yuliati Warno Batik	44
Gambar 4.7 Alur Proses Produksi Yuliati Warno Batik.....	45
Gambar 4.8 Membuat Pola Batik Tulis.....	46
Gambar 4.9 Membuat Pola Batik Cap.....	46
Gambar 4.10 Mencanting Batik Tulis	47
Gambar 4.11 Mencanting Batik Cap	47
Gambar 4.12 Mencanting Batik Cap	47
Gambar 4.13 Proses Mewarnai.....	48
Gambar 4.14 Proses Mewarnai.....	48
Gambar 4.15 Alat Fiksasi	49
Gambar 4.16 Proses Nglorod.....	49
Gambar 4.17 Perlengkapan Proses Nglorod.....	49
Gambar 4.18 Proses Penjemuran.....	50
Gambar 4.19 Membuat Pola Kreasi Batik.....	50
Gambar 4.20 Proses Menjahit	51
Gambar 4.21 Pemasangan <i>Brand Tag</i>	51
Gambar 4.22 <i>Packaging</i>	51
Gambar 4.23 <i>Operation Process Chart</i> Batik Cap Kreasi Sarung	54
Gambar 4.24 Grafik Uji Keseragaman Data	65

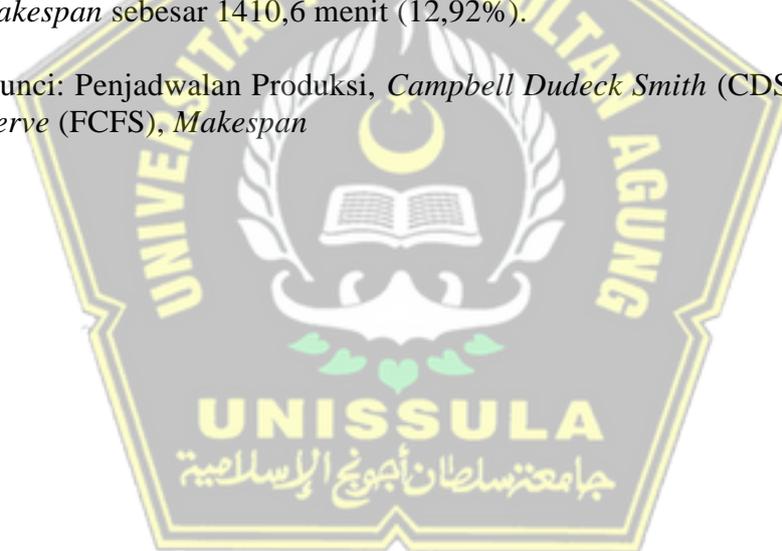
Gambar 4.25 *Gantt Chart* Penjadwalan Usulan (CDS)..... 96



ABSTRAK

Yuliati Warno Batik adalah industri batik yang memproduksi batik tulis atau cap yang dikreasikan dengan berbagai macam produk. Pada aturan penjadwalannya perusahaan menerapkan aturan *First Come First Served* (FCFS) dengan urutan pola produksi *flowshop*. Permasalahan pada metode FCFS dianggap kurang optimal dalam memenuhi permintaan produk yang tidak menentu, sehingga menyebabkan tertundanya jadwal produksi yang mempengaruhi keterlambatan pengiriman barang dan dapat mengakibatkan *makespan* yang tinggi. Usulan penjadwalan produksi dengan metode *Campbell Dudeck Smith* (CDS) dilakukan untuk dapat minimasi waktu penyelesaian produksi pada urutan *job*. Metode algoritma heuristik *Campbell Dudeck Smith* (CDS) adalah metode penjadwalan yang dapat digunakan untuk dua mesin (*work center*) atau lebih yang merupakan turunan dari algoritma Johnson. Hasil dari penelitian diperoleh metode CDS dengan *makespan* 10914,3 menit memiliki total *makespan* lebih kecil dibanding metode awal perusahaan sebesar 12324,9 menit. Sehingga terdapat minimasi total *makespan* sebesar 1410,6 menit (12,92%).

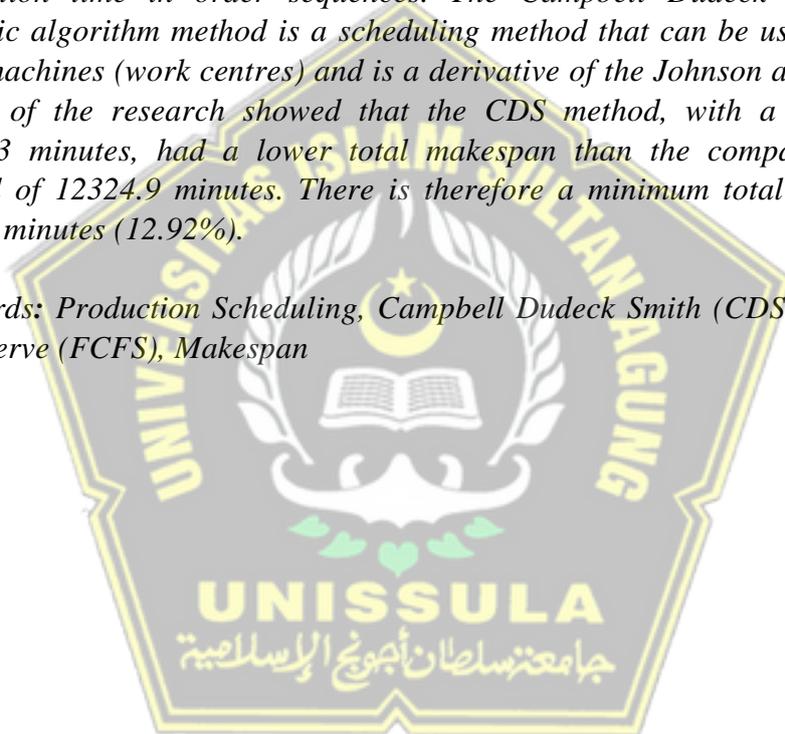
Kata Kunci: Penjadwalan Produksi, *Campbell Dudeck Smith* (CDS), *First Come First Serve* (FCFS), *Makespan*



ABSTRACT

Yuliati Warno Batik is a batik industry that produces written or stamped batik, which is created with different types of products. In its planning rules, the company applies the First Come First Served (FCFS) rule with a flow shop production pattern sequence. The problem with the FCFS method is that it is considered to be sub-optimal for meeting uncertain product demand, resulting in delays in production schedules, which affect delays in delivery of goods and can result in high makespan. The proposed production scheduling using the Campbell Dudeck Smith (CDS) method is carried out to minimise the production completion time in order sequences. The Campbell Dudeck Smith (CDS) heuristic algorithm method is a scheduling method that can be used for two or more machines (work centres) and is a derivative of the Johnson algorithm. The results of the research showed that the CDS method, with a makespan of 10914.3 minutes, had a lower total makespan than the company's original method of 12324.9 minutes. There is therefore a minimum total makespan of 1410.6 minutes (12.92%).

Keywords: Production Scheduling, Campbell Dudeck Smith (CDS), First Come First Serve (FCFS), Makespan



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penjadwalan produksi di dalam dunia industri berperan sangat penting terhadap perusahaan yang mengaplikasikan sistem *make to order* pada proses produksinya atau memproduksi barang yang selaras dengan permintaan konsumen. Perencanaan produksi merupakan kegiatan untuk menghasilkan produk sesuai dengan yang direncanakan, dan supaya mendapatkan perencanaan produksi yang lebih optimal dapat dilakukan dengan melakukan penjadwalan produksi. Penjadwalan yang tepat akan mengoptimalkan pemanfaatan setiap sumber daya yang tersedia secara efektif, sehingga penjadwalan merupakan aktivitas penting dalam perencanaan dan pengendalian produksi (Mauguiere *et al.*, 2005). Perlunya perusahaan menerapkan penjadwalan produksi yang berguna untuk mengetahui ketepatan urutan proses produksi yang dapat membawa keuntungan.

Yuliati Warno Batik atau disebut juga Wisata Batik Pati adalah tempat yang digunakan untuk memproduksi batik dan sekaligus dijadikan *showroom* yang menyediakan sarana edukasi belajar membatik, *workshop* pelatihan dan sertifikasi yang bertempat di Desa Langgenharjo, Kecamatan Juwana, Kabupaten Pati, Jawa Tengah. Industri batik tersebut selain memproduksi batik tulis dan batik cap dengan motifnya yang beragam juga memproduksi atau mengkreasikan batik dengan berbagai macam produk yaitu tas, dompet, songkok, sarung, slendang, masker, baju adat, dsb. Dalam proses kreasi batik, mayoritas *customer* lebih memilih batik cap sebagai kreasi motif batik karena dianggap lebih hemat biaya pengeluaran dan prosesnya tidak memakan waktu lama jika dibandingkan dengan batik tulis. Urutan proses produksi setiap produknya melewati proses yang serupa atau hampir sama, yaitu menggunakan pola produksi *flowshop*. Produk dibuat dengan menerapkan sistem *make to order* pada proses produksinya atau memproduksi barang yang selaras dengan permintaan konsumen. Pada aturan penjadwalannya perusahaan masih menggunakan sistem penjadwalan aturan

prioritas, yaitu *First Come First Served* (FCFS). Penjadwalan FCFS mendahulukan pesanan yang masuk lebih awal akan dilayani terlebih dahulu. Karena hal itu, perusahaan terbiasa mengurutkan *job* pada tiap proses produksinya sesuai dengan urutan pesanan yang diterima lebih awal. Akan tetapi metode tersebut terkendala dengan tidak adanya perhitungan waktu proses, sehingga ketika pesanan datang secara bersamaan maka akan kesulitan menentukan pesanan mana yang harus masuk ke proses produksi awal. Proses produksi berdasarkan metode tersebut akan diproses lebih lama sehingga menyebabkan waktu menganggur (*idle time*) yang tinggi terutama pada stasiun kerja WC 4 (proses fiksasi), WC 5 (proses nglorod), WC 7 (proses kreasi batik), WC 8 (proses menjahit), dan WC 9 (proses *finishing*). Hal tersebut tentu akan berpengaruh besar terhadap waktu penyelesaian (*makespan*) pada seluruh stasiun kerja yaitu membuat motif, proses mencanting, proses mewarnai, proses fiksasi, proses nglorod, proses penjemuran, proses kreasi batik, proses menjahit, dan proses *finishing*. *Makespan* yang besar akan berpeluang besar menyebabkan pesanan selesai melebihi *duedate* sehingga terjadi pengiriman susulan akibat keterlambatan pengiriman barang.

Kondisi ini pun menimbulkan klaim dari para konsumen mengenai kapan barang akan didistribusikan. Kemudian perusahaan memberikan kompensasi berupa pengiriman susulan yang mana ongkos pengiriman susulan tersebut akan dibebankan penuh oleh perusahaan. Cara ini bukanlah keputusan yang tepat karena jika terlalu sering terjadi klaim maka akan berimbas pada hilangnya kepercayaan konsumen terhadap perusahaan. Berikut data pengiriman barang pada Yuliati Warno Batik dengan pesanan *customer* yang *request* kreasi motif menggunakan batik cap.

Tabel 1.1 Data Pengiriman Barang

Jenis Kreasi Batik	Jumlah <i>Order</i> (pcs)	Paket Pesanan Konsumen	Tenggang Waktu Pengiriman	Keterlambatan Pengiriman
Tas batik motif lilis	50	Paket kreasi tas	13 Januari 2023	22 Januari 2023
Tas batik motif parang	55			

Dompet batik motif cenderawasih	35	Paket kreasi dompet	28 Januari 2023	-
Dompet batik motif daun keris	30			
Songkok batik motif minatani	55	Paket kreasi songkok 1	2 Februari 2023	18 Februari 2023
Songkok batik motif kupu terbang	70			
Songkok batik motif kupu kasmaran	50	Paket kreasi songkok 2	29 Februari 2023	-
Songkok batik motif kuncup bunga	65			
Masker batik motif lamtoro	55	Paket kreasi masker 1	1 Maret 2023	19 Maret 2023
Masker batik motif lilis	70			
Masker batik motif cenderawasih	65	Paket kreasi masker 2	24 Maret 2023	8 April 2023
Masker batik motif parang	80			
Slendang batik motif lamtoro	55	Paket kreasi slendang	11 April 2023	28 April 2023
Slendang batik motif kupu terbang	55			
Baju batik motif minatani	65	Paket kreasi baju	7 Mei 2023	20 Mei 2023
Baju batik motif kuncup bunga	55			
Sarung batik motif klasik	85	Paket kreasi sarung 1	17 Juni 2023	22 Juni 2023
Sarung batik motif parang	95			
Sarung batik motif kontemporer	100	Paket kreasi sarung 2	19 Juli 2023	22 Juli 2023
Sarung batik motif cenderawasih	90			

Sumber: Yuliati Warno Batik, 2023

Pada tabel 1.1 pengiriman barang diketahui di baris pertama (tas batik) terdapat pengiriman susulan. Paket kreasi tas untuk motif batik lilis dan parang dikirim pada tanggal 13 Januari 2023 sesuai kesepakatan awal dengan pelanggan mengenai pesanan akan dikirim sesuai jadwal. Namun realitanya pada *duedate* yang telah ditetapkan tersebut barang permintaan pelanggan belum sepenuhnya terselesaikan, sehingga perusahaan mengajukan pengiriman susulan pada tanggal 22 Januari 2023 agar dapat memenuhi kekurangan dari jumlah pesanan yang seharusnya.

Terjadinya penundaan pengiriman barang yang berujung pada pengiriman susulan guna memenuhi kekurangan jumlah total *order* tidak hanya terjadi sekali, namun terjadi pada beberapa paket borongan seperti yang ditampilkan pada tabel. Apabila hal ini kerap terjadi, maka klien akan mulai kehilangan kepercayaan terhadap perusahaan, yang dapat memicu bahaya kehilangan klien atau bahkan sampai pada ancaman kerugian yang dapat menyebabkan hilangnya bisnis. Terlebih lagi dengan adanya keterlambatan pengiriman barang, tentu hal ini akan berdampak pada tertundanya jadwal produksi di pemesanan selanjutnya. Dari persoalan internal yang ada tersebut, perlunya mengetahui terlebih dahulu waktu penyelesaian di tiap produksi, karena cepat lambatnya proses penyelesaian pada tiap *work centre* akan mempengaruhi *work centre* setelahnya dan mempengaruhi besar kecilnya nilai *makespan*. Maka, untuk dapat mengetahui nilai *makespan* yang lebih efektif pada tiap produksi, diperlukan suatu perhitungan penjadwalan produksi dengan menggunakan aturan yang sudah perusahaan tetapkan yang kemudian akan dibandingkan dengan suatu metode penjadwalan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, maka permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana penentuan efektivitas penjadwalan produksi untuk mengoptimalkan waktu penyelesaian proses produksi agar tidak melebihi *due date* permintaan pengiriman barang kepada konsumen?

- b. Berapakah perbandingan total *makespan* dari hasil penjadwalan perusahaan dan setelah dilakukan perbaikan penjadwalan yang diusulkan?
- c. Bagaimana hasil urutan *job* dengan minimum *makespan* yang dihasilkan setelah perbaikan penjadwalan?

1.3 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah ditetapkan agar tidak menyimpang dari tujuan awal penelitian, yaitu sebagai berikut:

- a. Waktu penelitian dilakukan selama 1 bulan dimulai sejak Oktober 2023 – November 2023.
- b. Data yang digunakan berupa data hasil riset lapangan yang meliputi dokumentasi, observasi, serta *interview* kepada pihak terkait.
- c. Perusahaan yang diteliti hanya di Yuliati Warno Batik.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang ingin dicapai adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui efektivitas penjadwalan produksi guna mengoptimalkan waktu penyelesaian proses produksi agar tidak melebihi *due date* permintaan pengiriman barang.
- b. Mengetahui perbandingan total *makespan* dari hasil penjadwalan perusahaan dan setelah dilakukan perbaikan penjadwalan.
- c. Mengetahui hasil urutan *job* dengan minimum *makespan* yang dihasilkan setelah perbaikan penjadwalan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan didapatkan dari perolehan hasil penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Bagi Perusahaan
Bagi perusahaan, dapat menjadi tolak ukur atau acuan dalam penjadwalan produksi dan penentuan tanggal jatuh tempo produksi, sehingga menjamin pengiriman produk tepat waktu ke konsumen.

b. Bagi Peneliti

Kesempatan ini memungkinkan peneliti untuk menerapkan teori yang dipelajari dan pemikiran logis untuk menghasilkan solusi permasalahan penjadwalan produksi di Yuliati Warno Batik.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan laporan tugas akhir adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Beberapa aspek yang dibahas pada bab pendahuluan dalam pembuatan laporan tugas akhir antara lain yaitu latar belakang, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Bab ini menyajikan analisis kritis terhadap beberapa publikasi yang relevan dengan penelitian dan landasan teori yang berkaitan dengan penjadwalan produksi yang mempunyai cakupan luas, terkhusus dalam minimasi waktu penyelesaian (*makespan*) pada studi kasus penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Berisi tentang bagaimana tahapan pengumpulan data, teknik pengumpulan data, pengujian hipotesis, metode analisis yang digunakan, melakukan pembahasan terhadap hasil analisis, serta dilakukan penarikan kesimpulan.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini, hasil penelitian dibuktikan dengan uji kecukupan data dan keseragaman data sehingga mendapatkan waktu proses yang digunakan untuk menentukan hasil penjadwalan metode awal dan metode usulan untuk kemudian dilakukan analisis hasil perhitungan, interpretasi dan pembuktian hipotesis.

BAB V PENUTUP

Bab ini menyajikan kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan, serta saran yang berguna bagi perusahaan sebagai referensi di masa depan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Setelah dilakukan tinjauan pada beberapa referensi pustaka ditemukan beberapa penelitian yang relevan dengan penelitian ini. Referensi pertama yang sesuai dengan penelitian ini adalah “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 di Sleman)” yang dilakukan oleh Puji Asih, Mindhayani, dan Tatak Prakoso yang terpublisasi pada tahun 2022. UMKM Arumanis Haji Ardi sering mengalami kesulitan untuk memenuhi permintaan konsumen secara tepat waktu. Masalah ketidaktepatan jadwal pengiriman pesanan tersebut disebabkan oleh penjadwalan proses *packing* yang sering mengalami keterlambatan. Oleh karena itu penelitian ini mencoba mengakomodir sistem perusahaan saat ini. Solusi yang dilakukan untuk penjadwalan yang lebih optimal dengan meminimumkan waktu proses yaitu dengan membandingkan penjadwalan metode CDS dan NEH. Metode penjadwalan produksi *Campbell Dudeck Smith* dan *Nawaz, Ensore, and Ham* digunakan untuk mengidentifikasi urutan produksi terbaik dari sebuah perusahaan untuk mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan suatu barang. Diperoleh perbandingan waktu penjadwalan yang diterapkan perusahaan memiliki urutan 1-2-3-4 dengan makespan 44.395.142,92 detik. Penjadwalan dengan metode *Campbell Dudeck Smith* memiliki urutan 4-3-2-1 dengan makespan 44.335.921,92 detik. Penjadwalan dengan metode *Nawas, Ensore, and Ham* memiliki urutan 2-1-3-4 dengan makespan 44.515.921,12 detik. Metode yang paling tepat digunakan adalah metode *Campbell Dudeck Smith* karena memiliki makespan terkecil dengan presentase perbandingan antara metode CDS dan NEH adalah 0,4%.

Referensi kedua yang sesuai dengan penelitian ini adalah penelitian yang dilakukan oleh Shita Dwi Annisya dan Joumil Aidil Saifudin pada tahun 2020 yang berjudul “Analisis Penjadwalan Produksi Batu Tahan Api Dengan

Menggunakan Metode *Campbell Dudeck Smith* (CDS), *Nawaz Ensore Ham* (NEH), dan *Palmer* Untuk Mengurangi *Makespan* Di PT. X”. Perusahaan ini sendiri selalu mengedepankan ketepatan waktu dalam memenuhi kebutuhan *customer*. Kapasitas mesin produksi di perusahaan masih mencukupi tetapi hasil produksi belum dapat memenuhi permintaan konsumen tepat waktu sehingga terjadi keterlambatan. PT. X selama ini menggunakan metode penjadwalan EDD (*Earliest Due Date*) yaitu *job* yang harus selesai paling awal akan dikerjakan terlebih dahulu. Dalam memenuhi permintaan *customer* sistem penjadwalan tersebut kurang tepat karena masih adanya keterlambatan produksi. Oleh karena itu penelitian ini mencoba menunjang sistem perusahaan saat ini untuk mengetahui metode penjadwalan produksi batu tahan api yang efisien sehingga dapat mengurangi total waktu pengerjaan (*makespan*) dalam pemenuhan permintaan batu tahan api yaitu dengan beberapa metode usulan yaitu *Campbell Dudeck Smith* (CDS), *Nawaz Ensore Ham* (NEH), dan *Palmer* untuk penentuan urutan *job* yang dikerjakan. Hasil dari penelitian ini yaitu dengan metode *Palmer* didapatkan nilai *makespan* 1598660 detik. Sedangkan *Campbell Dudeck Smith* (CDS) dan *Nawaz Ensore Ham* (NEH) mempunyai *makespan* yang sama kecil, yaitu 1449805 detik dengan *mean flow time* berbeda yakni CDS (888889 detik) lebih kecil dari pada NEH (911345 detik). Sehingga CDS memiliki *makespan* minimum dengan penghematan *makespan* sebesar 140290 detik atau sama dengan 38 jam 58 menit 10 detik (8,82%) dari kondisi semula saat menggunakan metode EDD dengan *makespan* 1590095 detik.

Referensi ketiga yang sesuai dengan penelitian ini adalah penelitian yang dilakukan oleh Kariska Argiati Haningrum pada tahun 2019 dengan judul “Usulan Penjadwalan Produksi Vulkanisir Masak Dingin Guna Meminimalkan *Makespan* Dengan Metode CDS Dan IS Di PT. Nuansa Baru Lawang Malang”. Perusahaan mempunyai persoalan dalam memenuhi permintaan dari konsumen yang dirasa kurang efisien tersebut sebab masih ada beberapa *job* yang tidak dapat terselesaikan sesuai tanggal *order* konsumen. Hal tersebut menyebabkan keterlambatan waktu pengiriman ban vulkanisir: masak panas dan masak dingin. Oleh karena itu penelitian ini mencoba menunjang sistem perusahaan saat ini, yaitu dengan

menyelesaikan permasalahan *makespan* produksi yang berlebih yang berefek pada keterlambatan pengiriman, maka dilakukan sistem penjadwalan dengan membandingkan metode *Ignall-Scharge* dan *Campbell Dudeck Smith*. Usulan penjadwalan yang dapat digunakan perusahaan adalah dengan Metode *Campbell Dudeck Smith*. Penjadwalan yang optimal atau hasil *makespan* minimum yaitu dengan menggunakan Metode CDS dengan urutan pengerjaan produk *job* yaitu ban bis kemudian ban truk dengan *makespan* 53.020,83 menit, karena *makespan*-nya lebih kecil dibandingkan kondisi riil perusahaan yaitu sebesar 74.058,62 menit. Dengan efisiensi persentase penghematan *makespan* sebesar 35% dari kondisi semula menggunakan Metode *Campbell Dudeck Smith*. Sedangkan dengan *Ignall Scharge* hanya memberi penghematan *makespan* sebesar 9,06 %.

Referensi keempat yang sesuai dengan penelitian ini adalah “Analisis Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode *Campbell Dudeck Smith* Dan *Dannenbring* Dalam Meminimumkan Total Waktu Produksi Beras” oleh Ni Kadek Desi Puja Antari, Luh Putu Ida Harini, dan Ni Ketut Tari Tastrawati tahun 2021. CV. Puspa mengalami peningkatan produktivitas dalam proses produksi bahan pokok yaitu beras. Perusahaan belum memiliki strategi dan perencanaan yang tepat untuk memperoleh hasil yang optimum dalam setiap aktivitas produksi. Seringnya mengalami penumpukan pekerjaan yang menyebabkan produksi beras tidak tepat waktu. Oleh karena itu penelitian ini mencoba membantu sistem perusahaan saat ini untuk memperoleh hasil yang optimum dalam setiap aktivitas produksi agar dapat mengurangi penumpukan pekerjaan pada proses produksi. Digunakan perbandingan teknik penjadwalan CDS dan *Dannenbring* yang merupakan produksi tipe *flow shop* yang efisien. Perhitungan total waktu penyelesaian pekerjaan yang minimum untuk perhitungan tanggal 2 Januari sampai 31 Januari 2021 menggunakan metode *Campbell Dudeck Smith* bernilai lebih kecil atau sama dengan hasil perhitungan menggunakan metode *Dannenbring*, seperti pekerjaan tanggal 5, 24, dan 31 Januari 2021 diperoleh total waktu penyelesaian pekerjaan minimum dengan perbandingan ditanggal 5 Januari 2021 sebesar 28.389 : 28.445, tanggal 24 Januari 2021 sebesar 31.259 : 31.307, dan tanggal 31 Januari 2021 sebesar 20.46 : 20.667. Sedangkan ditanggal yang

lain diperoleh total waktu penyelesaian minimum yang bernilai sama. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa dalam kasus ini penjadwalan produksi beras di CV. Puspa menggunakan metode *Campbell Dudek Smith* lebih efisien dibandingkan metode *Dannenbring*.

Referensi kelima yang sesuai dengan penelitian ini adalah penelitian Rafly Bachtiar Yusuf dan Enny Aryanny pada September 2022 dengan judul penelitian “Analisa Penjadwalan Produksi Dengan Metode *Campbell Dudeck Smith* Untuk Meminimasi *Makespan* Di CV. AM. Nanda Putra” CV. AM Nanda Putra sering mengalami keterlambatan, dikarenakan penjadwalan proses produksi yang kurang efektif, sehingga penyerahan *order* ke konsumen tidak tepat waktu. Dalam penjadwalan produksi perusahaan ini menggunakan aturan *First Come First Serve* dan tidak memperlihatkan waktu proses. Oleh karena itu penelitian ini mencoba mengakomodir sistem perusahaan saat ini dengan melakukan penjadwalan produksi yang bertujuan untuk meminimumkan *makespan* dengan usulan menggunakan metode *Campbell Dudeck Smith* (CDS). Dari hasil perhitungan dengan penjadwalan perusahaan yakni metode *First Come First Serve* (FCFS) dengan urutan *job* 1-2-3-4-5-6-7 dan memperoleh *makespan* sebesar 118,32 jam. Sedangkan perhitungan penjadwalan usulan dengan menggunakan metode *Campbell Dudek Smith* (CDS) menghasilkan urutan *job* 4-5-6-7-3-1-2 dan memperoleh hasil perhitungan *makespan* sebesar 106,48 jam. Waktu yang dihemat yaitu sebesar 11,84 jam atau 10,01 % dari waktu perusahaan.

Referensi keenam yang sesuai dengan penelitian ini adalah penelitian Dwi Ayu Lestari dan Vikha Indira Asri pada tahun 2021 yang menulis penelitian berjudul “Analisa Perbandingan Penjadwalan Produksi Dengan Metode CDS (*Campbell Dudek Smith*), EDD (*Earliest Due Date*) Dan FCFS (*First Come First Serve*) Pada PT. Sari Warna Asli Unit V”. PT. Sari Warna Asli Unit V sering mengalami keterlambatan, dikarenakan penjadwalan proses produksi yang kurang efektif dan masih mengandalkan pengalaman juga intuisi, sehingga penyerahan *order* ke konsumen tidak tepat waktu. Dalam penjadwalan produksi perusahaan ini menggunakan aturan *First Come First Served* dengan sistem produksi *make to order* dan tidak memperhatikan waktu proses. Oleh karena itu penelitian ini

mencoba mengakomodir sistem perusahaan saat ini dengan tujuan untuk mengoptimalkan penjadwalan produksi dengan meminimumkan *makespan*. Pada penjadwalan produksi menggunakan metode CDS, EDD dan FCFS didapatkan nilai *makespan* sebesar 329 menit untuk metode CDS, sedangkan 458 menit untuk metode EDD dan FCFS. Jadi metode CDS mempunyai penyelesaian produksi tercepat dari pada metode EDD dan metode FCFS yang digunakan oleh perusahaan. Penjadwalan produksi dengan menggunakan metode CDS menghasilkan urutan kerja yaitu: job 2 – job 3 – job 4 – job 5 – job 6 – job 1 dengan total waktu produksi berlangsung selama 329 menit atau 5 jam 29 menit untuk menyelesaikan produksi.

Referensi ketujuh yang sesuai dengan penelitian ini adalah penelitian oleh Mohamad Sholeh, Endang Widuri Asih, dan Imam Sodikin pada tahun 2021 dengan judul “Penjadwalan Pekerjaan Yang Optimal Untuk Meminimasi Keterlambatan Pada PT. Mandiri Jogja Internasional”. Perusahaan dengan sistem produksi *make to order* yang selama ini menggunakan metode *First Come First Served* (FCFS) mengalami keterlambatan pengiriman barang yang disebabkan oleh waktu proses (*makespan*) setiap pesanan (*job*) yang terlalu panjang sehingga tidak dapat menepati *due date* yang telah ditetapkan. Oleh karena itu penelitian ini mencoba mengakomodir sistem perusahaan saat ini untuk mengetahui berapa nilai *makespan* pada setiap produksi yang paling minimum. Perusahaan perlu melakukan perhitungan penjadwalan produksi menggunakan metode yang diterapkan di awal yaitu FCFS serta perlu adanya metode pembanding yaitu CDS sebagai usulan yang mana nantinya selain mengetahui berapa nilai *makespan* pada setiap produksi juga dapat diperoleh nilai *makespan* yang lebih optimal. Penjadwalan FCFS dan CDS didapatkan hasil *makespan* dengan metode FCFS adalah 469,2 jam dengan nilai *mean flow time* sebesar 391,275 jam, nilai utilitas sebesar 29,97% dan keterlambatan rata-rata sebesar 1,75 hari. Sedangkan metode CDS mendapatkan total *makespan* 467,2 jam, nilai *mean flow time* sebesar 385 jam, nilai utilitas sebesar 30,33%, dan keterlambatan rata-rata sebesar 0,75 hari. Sehingga dapat disimpulkan bahwa metode CDS lebih optimal dibandingkan dengan metode FCFS yang telah diterapkan oleh perusahaan.

Penelitian yang menjadi referensi kedelapan dengan judul “Analisis Penjadwalan Produksi Dengan Menggunakan Metode *Campbell Dudeck Smith* Dan *Palmer* Pada PT. Bobi Agung Indonesia” dilakukan oleh Abdul Mail, Muhammad Nusran, Nurul Chairani, Taufik Nur, dan Resky Faturrahman pada tahun 2018. Perusahaan manufaktur yang memproduksi pupuk cair dan pupuk padat ini belum melakukan penjadwalan produksi secara optimal, dalam hal ini terjadi pekerjaan membentuk antrian panjang yang tidak dapat diselesaikan secara optimal. Hal ini diakibatkan karena penjadwalan produksi yang kurang efektif, sehingga kemungkinan besar dapat mengurangi kepuasan kepada pelanggannya. Oleh karena itu penelitian ini mencoba mengakomodir sistem perusahaan saat ini untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan, yaitu dengan menentukan jadwal produksi yang paling efektif dalam waktu penyelesaian operasi dengan metode penjadwalan *Campbell Dudeck Smith* dan *Palmer*. Dari hasil yang telah diperoleh dapat diketahui total *makespan* dengan menggunakan metode CDS adalah 5918,71 menit dengan urutan *Job* 1-3-2 dan *Palmer* adalah 6771,554 menit dengan urutan *Job* 2-3-1. Keduanya memiliki selisih sebesar 852,844 menit, dimana metode *Campbell Dudeck Smith* memiliki waktu penyelesaian yang lebih singkat dibanding *Palmer*.

Referensi kesembilan yang sesuai dengan penelitian ini adalah penelitian oleh Raihan Afif Makarim, Apid Hapid Maksum, dan Muhamad Taufiq Rachmat pada tahun 2023 dengan judul “*Optimization of Scheduling using Heuristic Approach with Campbell Dudeck Smith Algorithm (CDS) at PT OSIN*”. Perusahaan dengan sistem produksi *make to order* dan pola produksi *pure flowshop* selama ini menggunakan metode *First Come First Served (FCFS)* sering mengalami keterlambatan barang tersebut sebab penjadwalan yang belum cukup optimal karena permintaan pesanan sehingga menimbulkan *makespan* yang tinggi pada kegiatan produksi. Oleh karena itu penelitian ini mencoba mengakomodir sistem perusahaan saat ini untuk mengetahui berapa nilai *makespan* pada setiap produksi yang paling minimum. Perusahaan perlu melakukan perhitungan penjadwalan produksi menggunakan metode yang diterapkan di awal yaitu FCFS. Dilakukan perbaikan penjadwalan dengan usulan perbaikan metode yang berfokus

pada meminimasi nilai *makespan* dengan pendekatan heuristik algoritma CDS. Dari hasil olah data berdasarkan metode yang perusahaan gunakan yaitu FCFS sebagai metode penjadwalan produksi memberikan nilai *makespan* sebesar 2.408,75 menit dengan *job sequence* yaitu J1 – J2 – J3 – J4 – J5 – J6. Sedangkan penggunaan metode CDS sebagai usulan perbaikan memberikan nilai *makespan* sebesar 881,3 menit dengan *job sequence* yaitu J5 – J3 – J1 – J2 – J4 – J6. Hasil akhir dari perbandingan metode kerja antara metode FCFS dan algoritma CDS adalah dengan menjadikan alternatif usulan *continuous improvement* pada sistem penjadwalan dengan metode CDS untuk menekan nilai total waktu produksi dengan mengubah urutan *job* untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pada sistem produksi.

Referensi kesepuluh yang sesuai dengan penelitian ini adalah penelitian yang dilakukan oleh I. D. Utami, I. Kuswandi, dan D. E. Wibowo pada tahun 2020 dengan judul “*Comparison of Scheduling Methods: Campbell Dudek Smith, Palmer and Dannenbring to Minimize Makespan*”. Perusahaan dengan pola produksi *folwshop* dan menerapkan sistem *make to order* ini mengalami keterlambatan proses produksi yang menyebabkan terlambatnya pengiriman barang ke pelanggan. Oleh karena itu penelitian ini mencoba menunjang sistem perusahaan saat ini, yaitu dengan menyelesaikan permasalahan *makespan* produksi yang berlebih yang berefek pada keterlambatan pengiriman, maka dilakukan sistem penjadwalan dengan membandingkan metode *Campbell Dudeck Smith, Palmer, dan Dannenbring*. Dapat disimpulkan bahwa metode yang paling baik dalam meminimumkan *makespan* adalah metode CDS, dengan urutan pekerjaan 13-6-5-3-10-4-9-1-7-8-18-11-14-19-17-2-20-12-15-16. Penjadwalan metode FCFS mempunyai nilai *makespan* 47,99 jam sedang CDS 46,03 jam. Metode CDS dapat memperkecil *makespan* sebesar 1,96 jam. Nilai *makespan* metode terbaik juga menghasilkan nilai utilitas terbesar dibandingkan dengan *Palmer dan Dannenbring*. Utilitas metode FCFS sebesar 24,95%, sedangkan utilitas CDS meningkat menjadi 27,44% dan nilai pesanan menunggu menurun dari 21,45 menjadi 19,55 yang artinya dengan menggunakan metode CDS mampu meminimalkan waktu tunggu sebesar 1,89 jam.

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka

No.	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Permasalahan Penelitian	Metode Penelitian	Solusi Penelitian	Sumber Publikasi
1	(Puji Asih <i>et al.</i> , 2022)	Analisis Penjadwalan Proses <i>Packing</i> Arumanis Dengan Menggunakan Metode CDS (<i>Campbell Dudeck Smith</i>) dan NEH (<i>Nawas, Ensore, and Ham</i>) (Studi Kasus di UMKM Arumanis Haji Ardi di Sleman)	Perusahaan sering kali kesulitan memenuhi permintaan konsumen secara tepat waktu. Permasalahan ketidaktepatan jadwal pengiriman pesanan disebabkan oleh penjadwalan proses <i>packing</i> yang sering mengalami keterlambatan.	Metode <i>Campbell Dudeck Smith</i> (CDS) dan <i>Nawas Ensore and Ham</i> (NEH)	Solusi penjadwalan yang lebih optimal dengan meminimalkan waktu proses adalah dengan membandingkan metode penjadwalan CDS dan NEH. Metode yang paling optimal ditemukan adalah CDS.	Jurnal Rekayasa Industri (JRI) Vol. 4 No. 1, April 2022, Universitas Widya Mataram
2	(Shita Dwi Annisya, Joumil Aidil Saifudin, 2020)	Analisis Penjadwalan Produksi Batu Tahan Api Dengan Menggunakan Metode <i>Campbell Dudeck Smith</i> (CDS), <i>Nawaz Ensore Ham</i> (NEH), Dan <i>Palmer</i> Untuk Mengurangi <i>Makespan</i> Di PT. X	Perusahaan selalu mengedepankan ketepatan waktu dalam memenuhi kebutuhan pelanggan. Kapasitas mesin produksi perseroan masih mencukupi, namun hasil produksi tidak dapat memenuhi permintaan konsumen tepat waktu sehingga mengakibatkan	Metode <i>Campbell Dudeck Smith</i> (CDS), <i>Nawaz Ensore Ham</i> (NEH), dan <i>Palmer</i>	Mencari metode penjadwalan produksi refraktori yang efisien sehingga dapat mengurangi total waktu pengerjaan (<i>makespan</i>) dalam memenuhi kebutuhan refraktori adalah dengan menggunakan beberapa	Juminten: Jurnal Manajemen Industri dan Teknologi Vol. 1 No. 3 Tahun 2020, Hal. 165-176 Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

			terjadinya keterlambatan. PT. X telah menggunakan metode penjadwalan EDD (<i>Earliest Due Date</i>), yang artinya pekerjaan paling awal diselesaikan terlebih dahulu. Sistem penjadwalan ini kurang sesuai untuk memenuhi kebutuhan pelanggan, karena masih terjadi penundaan produksi.		metode yang diusulkan yaitu <i>Campbell Dudek Smith (CDS)</i> , <i>Nawaz Ensore Ham (NEH)</i> dan Palmer untuk menentukan urutan pekerjaan yang harus dilakukan. Hasil dari penelitian ini adalah metode <i>Campbell Dudek Smith (CDS)</i> mempunyai <i>makespan</i> yang lebih kecil dibandingkan metode perusahaan.	
3	(Kariska Argiati Haningrum, 2019)	Usulan Penjadwalan Produksi Vulkanisir Masak Dingin Guna Meminimalkan <i>Makespan</i> Dengan Metode CDS Dan IS Di PT. Nuansa Baru	Dalam memenuhi permintaan dari konsumen dirasa kurang efisien tersebut masih ada beberapa <i>job</i> yang tidak dapat terselesaikan sesuai tanggal <i>order</i> konsumen. Hal tersebut menyebabkan keterlambatan	Metode <i>Campbell Dudeck Smith (CDS)</i> dan <i>Ignall-Scharge (IS)</i>	Solusi yang dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan <i>makespan</i> produksi yang berlebih, maka dilakukan sistem penjadwalan dengan	Jurnal <i>Valtech</i> , 2(2), 80-87, Desember 2019, Institut Teknologi Nasional Malang

		Lawang Malang	waktu pengiriman ban vulkanisir: masak panas dan masak dingin.		membandingkan metode <i>Ignall-Scharge</i> dan <i>Campbell Dudeck Smith</i> . Diperoleh penjadwalan yang optimal atau hasil <i>makespan</i> minimum yaitu dengan menggunakan Metode CDS.	
4	(N. K. D. P. Antari, L. P. I. Harini, N. K. T. Tastrawati, 2021)	Analisis Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode <i>Campbell Dudeck Smith</i> Dan <i>Dannenbring</i> Dalam Meminimumkan Total Waktu Produksi Beras	CV. Puspa mengalami peningkatan produktivitas pada proses produksi bahan pangan pokoknya, yaitu beras. Perusahaan belum mempunyai strategi dan perencanaan yang tepat untuk mencapai hasil yang optimal dalam setiap kegiatan produksinya. Seringkali terjadi <i>backlog</i> pekerjaan sehingga produksi beras tidak tepat waktu.	Metode <i>Campbell Dudeck Smith</i> (CDS) dan <i>Dannenbring</i>	Harus ada usulan perencanaan produksi pada CV. Puspa untuk mencapai hasil yang optimal dalam setiap kegiatan produksi maka perusahaan harus mempunyai strategi dan perencanaan yang tepat yaitu menggunakan metode penjadwalan CDS dan	E-Jurnal Matematika Vol. 10 No. 4, November 2021, pp. 215-221, ISSN: 2303-1751, Universitas Udayana

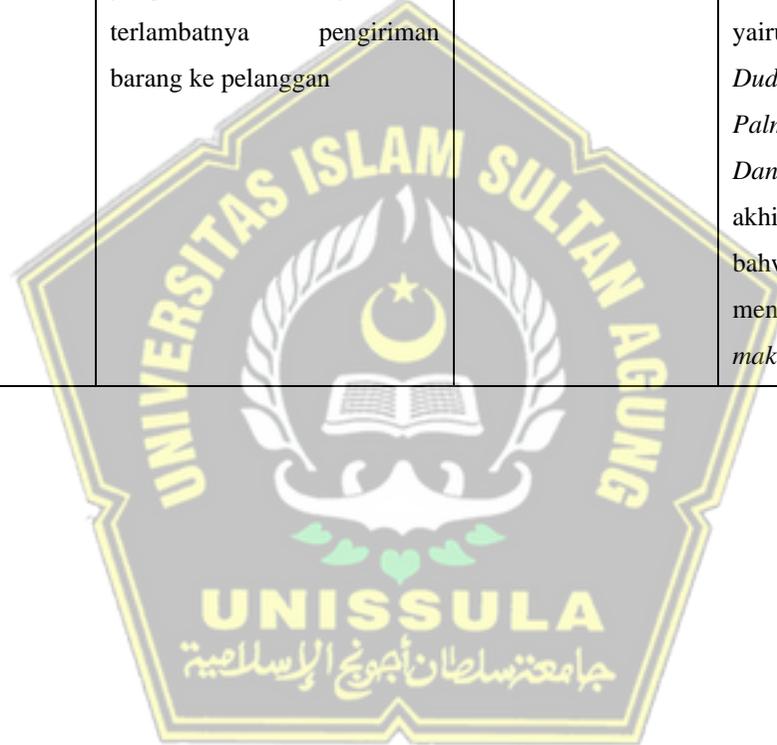
					<p><i>Dannenbring</i> yang merupakan penjadwalan produksi tipe <i>flow shop</i> yang efisien. Ditemukan bahwa metode CDS menghasilkan waktu penyelesaian keseluruhan yang lebih singkat sehingga mengurangi jumlah pekerjaan yang terakumulasi dalam proses produksi.</p>	
5	(Rafly Bachtiar Yusuf, Enny Aryanny, 2022)	Analisa Penjadwalan Produksi Dengan Metode <i>Campbell Dudeck Smith</i> Untuk Meminimasi <i>Makespan</i> Di CV. AM Nanda Putra	CV. AM Nanda Putra sering mengalami keterlambatan akibat penjadwalan proses produksi yang tidak efektif sehingga mengakibatkan pesanan tidak sampai ke konsumen tepat waktu. Saat merencanakan produksi,	Metode <i>First Come First Serve</i> (FCFS) dan <i>Campbell Dudeck Smith</i> (CDS)	Solusi yang digunakan adalah perencanaan produksi dengan tujuan meminimumkan <i>makespan</i> . Dalam hal ini mengusulkan penggunaan metode <i>Campbell Dudeck</i>	Jurnal Ilmiah Multi Disiplin Indonesia (Vol. 1 No. 11, September 2022) Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

			perusahaan ini menggunakan aturan FCFS dan tidak menampilkan waktu tunggu.		<i>Smith</i> (CDS).	
6	(Dwi Ayu Lestari, Vikha Indira Asri, 2021)	Analisa Perbandingan Penjadwalan Produksi Dengan Metode CDS (<i>Campbell Dudek Smith</i>), EDD (<i>Earliest Due Date</i>) Dan FCFS (<i>First Come First Serve</i>) Pada PT. Sari Warna Asli Unit V	PT. Sari Warna Asli Unit V sering mengalami keterlambatan akibat penjadwalan proses produksi yang tidak efektif serta masih mengandalkan pengalaman dan intuisi sehingga pesanan tidak sampai ke konsumen tepat waktu. Dalam perencanaan produksi, perusahaan ini menggunakan aturan <i>First Come First Served</i> dengan sistem produksi <i>make-to-order</i> dan tidak memperhatikan <i>lead time</i> .	Metode <i>Campbell Dudek Smith</i> (CDS), <i>Earliest Due Date</i> (EDD) dan <i>First Come First Serve</i> (FCFS)	Solusi yang digunakan adalah penjadwalan produksi yang bertujuan untuk meminimalisir <i>makespan</i> dengan menggunakan metode <i>Campbell Dudek Smith</i> (CDS), <i>Earliest Due Date</i> (EDD) dan <i>First Come First Serve</i> (FCFS). Metode CDS terbukti lebih efektif dan efisien.	<i>Journal Of Industrial Engineering and Technology</i> (Jointech) Vol. 1 No. 2, pp. 116-121, Juni 2021, Universitas Muria Kudus
7	(Mohammad Sholeh <i>et al.</i> , 2021)	Penjadwalan Pekerjaan Yang Optimal Untuk Meminimasi	Perusahaan dengan sistem produksi <i>make to order</i> dengan metode <i>First Come</i>	Metode <i>First Come First Serve</i> (FCFS) dan <i>Campbell</i>	Perusahaan perlu menghitung penjadwalan produksi	Jurnal Rekavasi Vol. 9 No. 1, 2021, Institut Sains & Teknologi

		Keterlambatan Pada PT. Mandiri Jogja International	<i>First Served</i> (FCFS) mengalami keterlambatan pengiriman barang karena <i>makespan</i> setiap pesanan (pekerjaan) terlalu lama untuk memenuhi tenggat waktu yang telah ditentukan.	<i>Dudeck Smith</i> (CDS)	dengan menggunakan metode yang diterapkan di awal yaitu FCFS, dan perlu adanya metode perbandingan yaitu CDS sebagai usulan yang berguna untuk mengetahui berapa nilai <i>makespan</i> pada setiap produksi untuk mendapatkan <i>makespan</i> yang optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode CDS lebih optimal dibandingkan metode FCFS.	AKPRIND Yogyakarta
8	(Abdul Mail <i>et al.</i> , 2018)	Analisis Penjadwalan Produksi Dengan Menggunakan Metode	Perusahaan manufaktur yang memproduksi pupuk cair dan padat ini belum	Metode <i>Campbell Dudeck Smith</i> (CDS) dan <i>Palmer</i>	Penyelesaian masalah penjadwalan dengan cara menentukan	<i>Journal Of Industrial Engineering Management</i> (JIEM)

		<i>Campbell Dudeck Smith Dan Palmer Pada PT. Bobi Agung Indonesia</i>	mengoptimalkan perencanaan produksinya sehingga pengerjaannya menimbulkan antrian panjang sehingga tidak dapat diproses secara maksimal. Hal ini disebabkan perencanaan produksi yang kurang efektif sehingga kemungkinan besar akan menurunkan kepuasan pelanggan.		jadwal produksi yang paling efektif dari segi waktu penyelesaian operasi dengan CDS dan <i>Palmer</i> , kemudian mencari yang paling optimal dan terpilih salah satu metode yaitu metode CDS.	Vol. 3 No. 2 Oktober 2018, Universitas Muslim Indonesia
9	Raihan Afif Makarim, Apid Hapid Maksum, & Muhamad Taufiq Rachmat, (2023).	<i>Optimization of Scheduling using Heuristic Approach with Campbell Dudeck Smith Algorithm (CDS) at PT OSIN</i>	PT OSIN sering mengalami keterlambatan barang tersebut sebab penjadwalan yang belum cukup optimal karena permintaan pesanan sehingga menimbulkan <i>makespan</i> yang tinggi pada kegiatan produksi.	Metode <i>Campbell Dudeck Smith (CDS)</i> dan <i>First Come First Serve (FCFS)</i>	Memperbaiki penjadwalan dengan usulan perbaikan metode yang berfokus pada meminimasi nilai <i>makespan</i> dengan pendekatan heuristik algoritma CDS.	Jurnal Rekayasa Sistem & Industri (JRSI), 10(01), 25-31.
10	(I. D. Utami, I. Kuswandi, & D. E. Wibowo,	<i>Comparation of Schedulling Methods: Campbell Dudeck Smith,</i>	Perusahaan dengan pola produksi <i>folwshop</i> dan menerapkan sistem <i>make to</i>	Metode <i>Campbell Dudek Smith (CDS), Palmer,</i> dan	Menyelesaikan permasalahan <i>makespan</i> produksi	<i>Journal of Physics: Conference Series</i> (Vol. 1569, No. 3, p.

	2020)	<i>Palmer and Dannenbring to Minimize Makespan</i>	<i>order</i> ini mengalami keterlambatan proses produksi yang menyebabkan terlambatnya pengiriman barang ke pelanggan	<i>Dannenbring</i>	yang berlebih dengan membandingkan metode penjadwalan yaitu metode <i>Campbell Dudek Smith</i> (CDS), <i>Palmer</i> , dan <i>Dannenbring</i> . Hasil akhir menunjukkan bahwa metode CDS menghasilkan nilai <i>makespan</i> terminim.	032019). <i>IOP Publishing</i> .
--	-------	--	---	--------------------	--	----------------------------------



Berdasarkan publikasi ilmiah yang menjadi referensi dalam penelitian ini, diketahui bahwa dalam penyelesaian persoalan penjadwalan *flowshop* dapat diselesaikan dengan menggunakan beberapa alternatif metode diantaranya metode *Campbell Dudeck Smith*, *Palmer*, *Nawas Ensore Ham*, *Dannenbering*, *Ignall Scharge*, *Earliest Due Date*, dan *First Come First Served*. Sama halnya seperti metode *First Come First Served* yang digunakan perusahaan, metode *Earliest Due Date* merupakan acuan untuk menentukan aturan prioritas yaitu untuk membuat urutan *job* yang akan dilaksanakan. Seperti yang telah disampaikan oleh Hazer *et al.* (2014) bahwa aturan prioritas yang umum meliputi: FCFS (*First Come First Served*), EDD (*Earliest Due Date*), SPT (*Shortest Processing Time*), dan LPT (*Longest Processing Time*). Sehingga diperlukan pendekatan penjadwalan yang lebih canggih seperti algoritma heuristik dalam hal ini metode CDS maupun algoritma metaheuristik.

Pada penelitian ini metode yang terpilih adalah penjadwalan algoritma heuristik menggunakan *Campbell Dudeck Smith* (CDS), karena berdasarkan *review* beberapa penelitian yang telah dilakukan didapatkan metode CDS lebih efektif dan dapat mengoptimalkan total *makespan* dari pada metode pembandingan lain.

Tabel 2.2 Perbandingan Metode

Metodologi	Keterangan
<i>Campbell Dudeck Smith</i>	Menghasilkan beberapa alternatif urutan <i>job</i> dengan masing-masing <i>makespan</i> , sehingga dapat dibandingkan untuk mencari waktu proses penyelesaian terkecil.
<i>Palmer</i>	Memiliki perhitungan yang lebih sederhana dan hanya dapat menghasilkan satu alternatif urutan <i>job</i> .
<i>Nawas Ensore Ham</i>	Memiliki kalkulasi yang kompleks namun tidak secara eksplisit menerapkan mekanisme <i>local search</i> serta hanya menghasilkan satu alternatif urutan <i>job</i> .
<i>Dannenbering</i>	Memerlukan mekanisme <i>local search</i> terlebih dahulu dalam perhitungannya sehingga terkesan lebih rumit dan akan menghasilkan alternatif <i>job</i> yang sangat banyak sehingga akan sangat memakan waktu dalam proses perhitungan <i>makespan</i> .

<i>Ignall Scharge</i>	Perhitungannya menerapkan kombinasi urutan yang menggunakan strategi pengurangan jumlah perhitungan yaitu <i>branching</i> dan <i>bounding</i> sehingga terkesan lama dan rumit. Menghasilkan beberapa alternatif dengan <i>completion time</i> yang besar sehingga mempengaruhi <i>makespan</i> , keterlambatan pengiriman karena tidak memperhatikan <i>duedate</i> .
<i>Earliest Due Date</i>	Penyelesaiannya cepat dan sederhana, namun kurang optimal dalam mempertimbangkan durasi, kapasitas sumber daya, dan prioritas pekerjaan yang menyebabkan kurang efektifnya minimasi <i>makespan</i> sehingga nilainya lebih tinggi.
<i>First Come First Served</i>	Mengutamakan pelayanan yang lebih awal masuk tanpa memperhitungkan lamanya waktu penyelesaian produksi sehingga tidak dapat mengetahui total <i>makespan</i> yang optimal.

2.2 Landasan Teori

Berikut adalah landasan teori untuk mendukung akurasi dalam penelitian:

2.2.1 Definisi Produksi

Produksi merupakan aktivitas dasar dari sebuah perusahaan dalam menghasilkan suatu produk yang layak untuk dipasarkan kepada masyarakat, dan menghasilkan keuntungan (Nadia *et al.*, 2010). Adapun fungsi pokok dari aktivitas produksi adalah sebagai berikut:

1. Proses produksi adalah metode dan teknik yang dipakai untuk mengolah bahan baku menjadi produk.
2. Perencanaan produksi adalah langkah mengantisipasi tindakan di masa depan sesuai dengan perkiraan waktu/periode.
3. Pengendalian produksi adalah langkah-langkah untuk memastikan bahwa semua kegiatan yang dilakukan dalam rencana sejalan dengan tujuan yang ditetapkan.

2.2.2 Penjadwalan Produksi

Penjadwalan melibatkan pengurutan pembuatan atau pengerjaan produk yang dilakukan pada beberapa mesin. Ini berarti bahwa masalah pengurutan selalu menyangkut pemrosesan beberapa komponen, yang biasa disebut sebagai 'job'.

Sebuah pekerjaan terdiri dari serangkaian elemen dasar yang dikenal sebagai aktivitas atau operasi, yang masing-masing membutuhkan alokasi sumber daya tertentu selama periode waktu tertentu, yang disebut sebagai waktu proses.

Penjadwalan menyediakan cara yang efektif untuk mengukur perencanaan agregat. Selama tahap ini, sumber daya spesifik seperti pekerja, fasilitas, dan peralatan ditugaskan untuk pesanan aktual. Pengurutan pekerjaan kemudian dilakukan di setiap pusat pemrosesan untuk mencapai pemanfaatan semaksimal mungkin dari kapasitas yang tersedia. Permintaan untuk produk tertentu (termasuk jenis dan jumlahnya) dari MPS kemudian dikategorikan dan dijadwalkan untuk pusat pengolahan tertentu setiap hari (Ginting, 2009).

Salah satu tantangan utama yang dihadapi oleh sistem produksi adalah bagaimana mengatur dan menjadwalkan pekerjaan dengan cara memastikan pesanan dipenuhi sesuai kesepakatan sambil mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya. Penjadwalan proses produksi yang terencana adalah salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mencapai tujuan ini.

Penjadwalan proses produksi yang efektif dapat mengurangi waktu henti pada unit produksi dan meminimalkan inventaris barang dalam proses. Sangat penting untuk merencanakan dengan hati-hati dan mengatur jadwal produksi secara efisien untuk memastikan pemanfaatan sumber daya yang optimal dan pengiriman barang yang tepat waktu. Pengiriman barang yang tepat waktu menguntungkan produsen dan pelanggan. Oleh karena itu, pengurangan dan penghapusan waktu mengganggu dalam proses produksi harus menjadi prioritas (Baker *et al.*, 2019).

2.2.3 Tujuan Penjadwalan

Bedworth (1987) mengatakan bahwa dalam menetapkan tujuan dalam melakukan aktivitas penjadwalan adalah sebagai berikut.

1. Meningkatkan pemanfaatan sumber daya atau mengurangi waktu tunggu, sehingga dapat mengurangi waktu penyelesaian secara keseluruhan dan meningkatkan produktivitas.
2. Mengurangi stok barang setengah jadi atau mengurangi jumlah antrian pesanan ketika sumber daya yang ada masih mengerjakan tugas yang lain.

Teori Baker menyatakan bahwa jika alur kerja suatu lini dijaga konstan, rata-rata stok barang setengah jadi akan berkurang.

3. Mengurangi beberapa keterlambatan pekerjaan yang mempunyai batas waktu sehingga meminimalkan biaya penalti.
4. Membantu mengambil keputusan mengenai perencanaan kapasitas pabrik dan jenis kapasitas yang dibutuhkan, sehingga biaya tambahan yang mahal dapat dihindari.

Adapun dalam mencapai tujuan penjadwalan perlu memperhatikan beberapa hal berikut (Baker *et al.*, 2019).

1. Dengan meminimalkan waktu *idle* suatu mesin, sehingga dapat meningkatkan produksinya.
2. Stok barang yang sedang dalam proses produksi dapat dikurangi untuk menghemat biaya penyimpanan dengan mengurangi jumlah rata-rata antrian pekerjaan pada mesin yang tersedia.
3. Mengurangi penundaan pengiriman barang yang disebabkan oleh keterlambatan pekerjaan dengan menghilangkan waktu menganggur.
4. Meminimasi biaya produksi hingga mencapai persentase empat persen.
5. Memastikan tanggal penyelesaian terpenuhi, karena biaya atau denda dapat dikenakan jika *duedate* yang ditentukan tidak dipenuhi tepat waktu.

2.2.4 Istilah Penjadwalan

Bedworth (1987) menjelaskan beberapa definisi istilah yang digunakan dalam penjadwalan mesin, antara lain sebagai berikut.

1. *Processing Time* (t_i) merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan suatu pekerjaan. Dalam waktu proses ini sudah termasuk waktu yang dibutuhkan untuk persiapan dan pengaturan (*set-up*) selama proses berlangsung.
2. *Duedate* (d_i) merupakan tanggal jatuh tempo atau batas waktu yang diberikan untuk *job* yang terlewat yang akan dinyatakan dengan terlambat. Diasumsikan bahwa akan diberikan denda bila terlambat.
3. *Slack Time* (SL_i) merupakan waktu produksi yang masih tersisa yang muncul tersebut waktu prosesnya lebih kecil dari *duedate*-nya.

$$SL_i = d_i - t_i \quad (1)$$

4. *Flow Time* (F_i) merupakan rentang waktu antara satu titik di mana tugas siap untuk diproses dengan suatu titik saat tugas tersebut selesai. Sehingga *flow time* didapatkan dari *processing time* yang dijumlahkan dengan waktu saat tugas menunggu sebelum diproses.
5. *Completion Time* (C_i) merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan *job* yang dimulai dari saat proses operasional awal pekerjaan ($t = 0$) sampai pada *job* tersebut selesai dikerjakan.
6. *Lateness* (L_i) merupakan pengurangan yang diperoleh antara *completion time* (C_i) dengan *duedate*-nya (d_i). Apabila pekerjaan selesai setelah batas waktu yang telah ditetapkan, maka pekerjaan tersebut memiliki nilai *lateness* yang positif.
7. *Tardiness* (T_i) merupakan ukuran waktu tunda yang bernilai positif. Jika suatu pekerjaan dapat diselesaikan lebih awal dari tanggal jatuh temponya, maka pekerjaan tersebut mempunyai penundaan negatif; sebaliknya, jika suatu pekerjaan selesai setelah tanggal jatuh temponya, maka pekerjaan tersebut mengalami penundaan positif. *Tardiness*, ukuran dari *lateness* positif. Jika suatu tugas digambarkan selesai dengan cepat, maka akan ada *lateness* negatif tetapi *tardiness* = 0. Begitupun sebaliknya.
8. *Makespan* (M) merupakan total waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan dari urutan pertama yang dikerjakan pada mesin atau *work center* pertama hingga urutan pekerjaan terakhir pada mesin atau *work center*.
9. *Heuristic* merupakan adalah teknik pemecahan masalah atau aturan praktis yang telah terbukti memberikan hasil yang baik, namun tidak menjamin hasil yang optimal.

2.2.5 Jenis Penjadwalan

Nasution (2008) mengatakan bahwa jenis penjadwalan produksi akan tergantung pada hal-hal berikut.

1. Jumlah pekerjaan yang akan dijadwalkan
2. Jumlah mesin yang akan digunakan

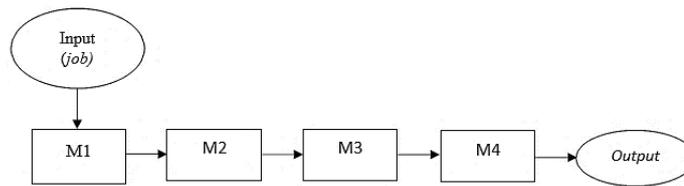
3. Ukuran keberhasilan dalam pelaksanaan proses penjadwalan
4. Cara pekerjaan datang
5. Jenis atau pola aliran dalam proses produksi

Masalah dalam penjadwalan dapat dibagi menjadi beberapa kategori.

Unsur-unsur tersebut dijelaskan sebagai berikut (Nasution, 2008).

1. Jumlah mesin dibagi menjadi dua bagian berdasarkan jumlah mesin yang bekerja:
 - a. Penjadwalan pada satu mesin dan
 - b. Penjadwalan pada beberapa mesin.
2. Pola kedatangan kerja diklasifikasikan menjadi dua kategori, yaitu:
 - a. Statis, dimana semua pekerjaan datang bersamaan dan siap bekerja pada mesin yang tidak berfungsi, dan
 - b. Dinamis, di mana pekerjaan tiba secara acak selama penjadwalan.
3. Berdasarkan pembagiannya, sistem informasi dibagi menjadi dua kategori:
 - a. Informasi bersifat deterministik, dan
 - b. Informasi bersifat stokastik.

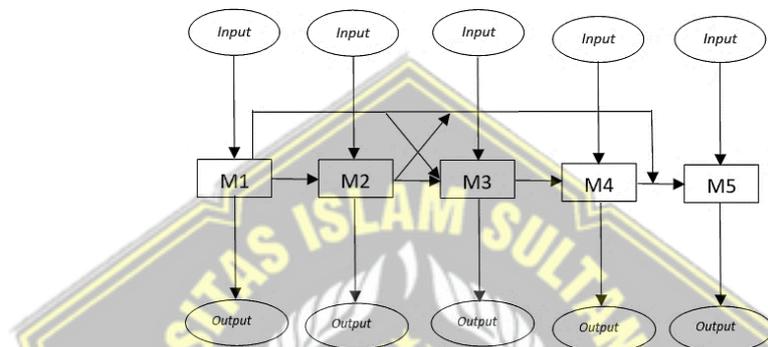
Data tentang fitur pekerjaan seperti waktu kedatangan, tenggat waktu penyelesaian, perbedaan minat di seluruh pekerjaan yang direncanakan, dan jumlah operasi dan waktu pemrosesan untuk setiap operasi semuanya disertakan di sini. Selain itu, terdapat informasi fitur mesin, seperti jumlah mesin, kapasitas, kemampuan beradaptasi, dan efisiensi penggunaan untuk berbagai pekerjaan.
4. Aliran proses, berdasarkan pembagiannya dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu *pure flow shop*, *general flow shop*, dan *job shop*.
 - a. *Pure Flowshop* memiliki pola aliran proses yang identik. Setiap pekerjaan melewati seluruh mesin yang bekerja dari proses awal hingga proses akhir sesuai urutannya.



Gambar 2.1 Pola Aliran *Flow Shop*

(Sumber: Conway, 2001)

- b. *General Flowshop* memiliki pola aliran proses yang tidak sama. Tidak setiap tugas dijalankan melalui semua mesin.



Gambar 2.2 Pola Aliran *General Flowshop*

(Sumber: Conway, 2001)

Adapun contoh proses *flowshop* dalam bentuk tabel yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.3 Contoh Tabel *Flowshop*

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

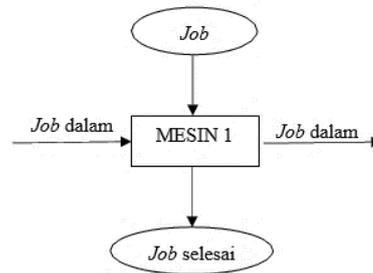
Keterangan:

M1 = Waktu proses tahap pertama masing-masing *job* pada mesin A.

M2 = Waktu proses tahap kedua masing-masing *job* pada mesin B.

M3 = Waktu proses tahap ketiga masing-masing *job* pada mesin D.

- c. *Job Shop*, setiap pekerjaan di toko pekerjaan mengikuti pola aliran proses yang berbeda. Dalam urutan acak, setiap pekerjaan berpindah dari satu mesin (*workstation*) ke mesin (*workstation*) lain. Secara diagram, berikut cara kerja prosesnya:



Gambar 2.3 Pola Aliran *Jobshop*

(Sumber: Conway, 2001)

Contoh proses *Job shop* dalam bentuk tabel dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.4 Contoh Tabel Proses *Jobshop*

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

Mesin diurutkan ke dalam kelompok berdasarkan fungsinya. Perpindahan pekerjaan dari satu *work center* ke *work center* lain atau mesin ke mesin.

2.2.6 Pengukuran Waktu Kerja

Pengukuran waktu kerja merupakan kegiatan yang dilakukan dengan tujuan mengamati pekerja dan mencatat waktu bekerja. Hal ini dilakukan dengan menggunakan alat ukur yang tepat. Waktu yang diukur adalah waktu siklus kerja, yang didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu unit pekerjaan mulai dari saat material diproses di unit pemrosesan hingga meninggalkan unit tersebut (Ginting, 2009).

Menurut Wignjosubroto (dikutip dalam Ginting, 2009) pada umumnya pengukuran waktu kerja dibagi dalam dua bagian, yaitu pengukuran waktu kerja secara langsung dan pengukuran waktu kerja secara tidak langsung. Pengukuran waktu kerja secara langsung dapat diperoleh dari metode sampling pekerjaan dan metode jam henti/*stopwath*. Sedangkan metode pengukuran waktu kerja secara langsung diperoleh berdasarkan pengukuran waktu yang dilakukan tanpa harus ada di tempat pekerjaan.

Umumnya dalam pengukuran waktu kerja untuk dapat mengetahui waktu proses dalam pengambilan data dilakukan uji kecukupan data dan uji keseragaman data sebagai berikut.

1. Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dilakukan untuk melihat kecukupan akurasi data yang dikumpulkan untuk kemudian dilakukan penelitian. Konsep pengujian kecukupan data didasarkan pada prinsip statistik yaitu derajat keakuratan dan derajat kepercayaan. Derajat ketelitian dan derajat kepercayaan merupakan cerminan tingkat kepastian yang diinginkan oleh pengukur, yang memilih untuk tidak melakukan pengukuran secara kuantitas. Derajat ketelitian menunjukkan simpangan maksimum hasil pengukuran terhadap waktu penyelesaian sebenarnya. Sedangkan tingkat kepercayaan menunjukkan keyakinan pengukur terhadap keakuratan data waktu pemrosesan setiap pekerjaan. Menurut Montororing (2018), uji kecukupan data ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$N' = \left(\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2 \quad (2)$$

Keterangan:

N' = Jumlah data teoritis

k = Tingkat keyakinan $\rightarrow k = 99\% \approx 3$
 $= 95\% \approx 2$
 $= 68\% \approx 1$

s = Derajat ketelitian

N = Jumlah data pengamatan

x = Data pengamatan

Apabila diperoleh $N' \leq N$, maka data dianggap cukup. Sebaliknya, apabila $N' > N$ data dinyatakan tidak cukup dan perlu adanya data tambahan.

2. Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data dilakukan untuk melihat data yang terkumpul sudah seragam atau belum. Keseragaman data diperoleh jika data berada diantara

batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB) (Annisya *et al.*, 2020). Menurut Annisya (2020), keseragaman data ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{BKA} = \bar{x} + k\sigma \text{ dan } \text{BKB} = \bar{x} - k\sigma \quad (3)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{N-1}} \quad (4)$$

Keterangan:

\bar{x} = Rata-rata yang diukur

k = Konstanta tingkat keyakinan $\rightarrow k = 99\% \approx 3$
 $= 95\% \approx 2$
 $= 68\% \approx 1$

σ = Standar deviasi

N = Jumlah data pengamatan

2.2.7 Metode Asas Prioritas

Metode asas prioritas atau aturan prioritas adalah bentuk dari sistem pengurutan dalam menyelesaikan pekerjaan. Pada aturan prioritas, umumnya menggunakan metode berikut dalam penyelesaiannya (Heizer *et al.*, 2016).

1. FCFS (*First Come First Serve*)

Metode FCFS memprioritaskan pengerjaan urutan *job* yang datang lebih awal untuk dikerjakan terlebih dahulu. Metode FCFS memiliki keunggulan yang dinilai adil bagi pembeli terutama bagi penyedia jasa.

2. EDD (*Earliest Due Date*)

Metode EDD memberikan prioritas kepada *job* yang mempunyai tenggat waktu (*duedate*) penyerahan paling awal.

3. SPT (*Shortest Processing Time*)

Metode SPT memprioritaskan *job* dengan waktu proses paling pendek yang akan terproses dahulu. Minusnya, metode SPT mengabaikan kedatangan pesanan baru maupun *duedate*.

4. LPT (*Longest Processing Time*)

Metode LPT memprioritaskan job dengan waktu proses paling lama yang akan terproses dahulu. Sama seperti metode SPT, metode LPT juga mengabaikan kedatangan pesanan baru maupun *duedate*.

Umumnya aturan prioritas diaplikasikan pada masalah penjadwalan yang menggunakan sistem satu mesin saja. Sedangkan pada masalah penjadwalan yang menggunakan dua mesin atau lebih dapat menggunakan algoritma *Johnson's rule* atau algoritma heuristik metode *Campbell Dudek Smith*.

2.2.8 Metode *Campbell Dudek Smith* (CDS)

Metode *Campbell Dudek Smith* awalnya turunan yang dikembangkan dari algoritma aturan *Johnson*. Dalam proses produksi, yang mana setiap produk memiliki alur proses produksi yang sama atau disebut pola *flowshop*. Penjadwalan CDS dilakukan untuk mendapatkan nilai *makespan* yang paling kecil dengan urutan pekerjaan yang paling efisien.

Dalam teknik CDS, *work center* akan dibagi menjadi dua kelompok dan urutan prioritas optimal ditentukan. Waktu pemrosesan tercepat didahulukan dalam pencarian antara dua set mesin. Mesin pertama dengan waktu pemrosesan terpendek ditempatkan pertama dalam antrian. Ketika mesin kedua memiliki waktu pemrosesan terpendek maka pekerjaan diletakkan pada urutan antrian terakhir. Proses penjadwalan algoritma CDS adalah sebagai berikut (Ginting, 2009):

1. Mengambil urutan pertama $k = 1$. Untuk seluruh tugas yang ada, mencari nilai t^k dan t^k minimal yang merupakan waktu proses mesin pertama dan kedua pada iterasi ke- k .
2. Jika waktu minimum didapat pada mesin pertama (misal $t_{j,1}^k$) selanjutnya menempatkan tugas tersebut pada urutan awal, bila waktu minimal didapat pada mesin kedua (misal $t_{j,2}^k$) tugas tersebut ditempatkan pada urutan terakhir.
3. Memindahkan tugas-tugas tersebut dari daftarnya dan diurutkan. Total waktu $t_{1,1}$ yaitu waktu proses *job* 1 pada mesin 1. Total waktu $t_{1,1}$ yaitu $t_{1,1} + t_{1,2}$. Total waktu $t_{2,1}$ yaitu $t_{1,1} + t_{2,1}$. Total waktu $t_{2,2}$ yaitu max

$\{t_{1,2} + t_{2,1}\} + t_{1,1} + t_{2,2}$ dan seterusnya. Jika masih ada tugas yang tersisa ulangi lagi langkah 1. Sebaliknya, jika tidak ada lagi tugas yang tersisa artinya pengurutan sudah selesai.

Pendekatan *Campbell Dudek Smith* digunakan untuk menjadwalkan produksi berdasarkan jumlah waktu kerja terpendek. Pada tahun 1965, Campbell, Dudek, dan Smith merancang pendekatan CDS, yang mereka gunakan untuk mengurutkan operasi terhadap m mesin. $t_{i,1}^k = t_{i,1}$ dan $t_{i,2}^k = t_{i,2}$ sebagai waktu proses pada mesin pertama dan mesin terakhir. Untuk urutan yang kedua dirumuskan dengan:

$$t_{i,1}^k = t_{i,1} + t_{i,2} \quad \text{dan} \quad t_{i,2}^k = t_{i,m} + t_{i,m-1} \quad (5)$$

Selengkapnya agar lebih jelas, dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 2.5 Iterasi Dua Mesin

k	$t_{i,1}^k$ (total mesin pertama)	$t_{i,2}^k$ (total mesin kedua)
1	$t_{i,1}$	t_{m+1-1}
2	$t_{i,1} + t_{i,2}$	$t_{m+1-1} + t_{m+1-2}$
3	$t_{i,1} + t_{i,2} + t_{i,3}$	$t_{m+1-1} + t_{m+1-2} + t_{m+1-3}$
...
$m-1$	$t_{i,1} + t_{i,2} + t_{i,3} \dots + t_{i,(m-1)}$	$t_{m+1-1} + t_{m+1-2} + t_{m+1-3} \dots + t_{m+1-(m-1)}$

Tabel iterasi (k) dari 1 hingga $m - 1$ digunakan dalam perhitungan, yang dimulai dengan $k = 1, 2, 3 \dots (m - 1)$.

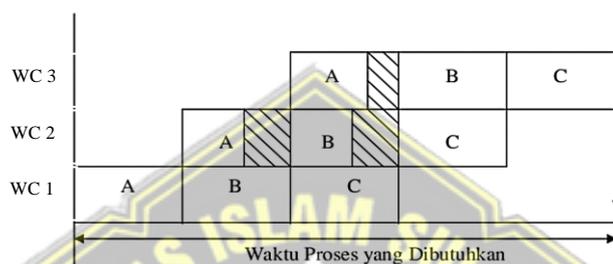
Berikut beberapa simbol yang digunakan:

- k = Tahapan iterasi
- n = Jumlah *job* / pekerjaan
- m = Jumlah mesin / *work center*
- $t_{i,j}$ = Waktu pengerjaan *job* i pada mesin ke j
- $t_{i,1}$ = Waktu proses pada mesin pertama
- $t_{i,2}$ = Waktu proses pada mesin terakhir

2.2.9 Gantt Chart

Gantt Chart merupakan peta penjadwalan yang digunakan untuk menggambarkan secara lengkap urutan tugas dan jadwal yang telah ditentukan. Masalah penjadwalan sebenarnya merupakan masalah alokasi murni dan model

matematika dapat digunakan untuk menentukan solusi optimal. Model penjadwalan memberikan rumusan masalah yang sistematis beserta solusi yang diharapkan. Sebagai alat untuk menyelesaikan masalah penjadwalan, terdapat model yang sederhana dan banyak digunakan yaitu *gantt chart* (Ginting, 2009). *Gantt Chart* (Gambar 2.4) adalah grafik hubungan antara alokasi sumber daya dan waktu. Jenis sumber daya yang digunakan diplot berada pada sumbu vertikal dan satuan waktu diplot berada pada sumbu horizontal.



Gambar 2.4 Contoh *Gantt Chart*

Pada penjadwalan *gantt chart* diatas merupakan grafik tiga *job* yaitu *job* A, *job* B, dan *job* C yang di kerjakan oleh tiga *workcenter* yaitu WC 1, WC 2, dan WC 3. Terdapat urutan pengerjaan *job*: A – B – C, sedangkan total waktu proses diperoleh pada saat pengerjaan *job* C pada *workcenter* ketiga. *Job* A memiliki waktu proses yang lebih pendek dari *job* B dan *job* C, sehingga *job* A di jadwalkan pada urutan paling awal. Berikutnya *job* B memiliki waktu yang lebih pendek dari *job* C sehingga *job* B di jadwalkan pada urutan kedua. Dan *job* C di jadwalkan pada urutan paling akhir.

2.2.10 Parameter Performansi

Kegunaan parameter performansi adalah untuk menentukan efektifitas salah satu metode dibanding metode lain. Adapun beberapa parameter yang dapat digunakan untuk menguji performansi antar metode adalah (Ginting, 2009):

1. *Efficiency Index* (EI)

Efficiency Index (EI) adalah perbandingan antara *heuristic algorithm* yang baru (Pour, 2001) dengan metode yang diterapkan perusahaan, dirumuskan sebagai berikut:

$$EI = \frac{\text{Makespan Awal}}{\text{Makespan Alternatif}} \quad (6)$$

Apabila nilai $EI < 1$, maka penjadwalan awal lebih efektif atau memiliki performansi yang lebih baik dibandingkan penjadwalan usulan. Apabila $EI > 1$, maka penjadwalan usulan lebih efektif atau memiliki performansi yang lebih baik dibandingkan penjadwalan awal. Namun, apabila nilai $E = 1$, artinya kedua metode memiliki performansi atau nilai efektifitas yang sama.

2. *Relative Error* (RE)

Relative Error (RE) memiliki kegunaan untuk mengetahui seberapa jauh persentase perbedaan *makespan* yang dihasilkan berdasarkan perolehan diantara kedua metode, yang dapat dihitung sebagai berikut:

$$RE = \left| \frac{\text{Makespan Alternatif} - \text{Makespan Awal}}{\text{Makespan Alternatif}} \right| \times 100\% \quad (7)$$

Semakin kecil nilai dari hasil perhitungan RE, berarti perbedaan nilai *makespan* yang dihasilkan kedua metode akan cukup besar.

2.3 Hipotesis dan Kerangka Teoritis

2.3.1 Hipotesis

Hipotesis merupakan suatu dugaan sementara yang paling memungkinkan walaupun masih harus didukung dengan penelitian. Dalam hal ini perusahaan sering mengalami keterlambatan pengiriman barang karena menerapkan aturan penjadwalan *First Come First Served* (FCFS) dengan sistem produksi *make to order* yang mengakibatkan adanya komplain atau keluhan dari pihak pelanggan karena penjadwalan dilakukan hanya dengan melalui insting atau perkiraan tanpa adanya perhitungan. Sehingga perlu dilakukan adanya penjadwalan produksi dengan tujuan untuk menentukan penjadwalan produksi yang efektif dengan meminimalkan waktu penyelesaian proses produksi (*makespan*) sehingga tidak terjadi adanya keterlambatan pengiriman barang atau melebihi *due date*.

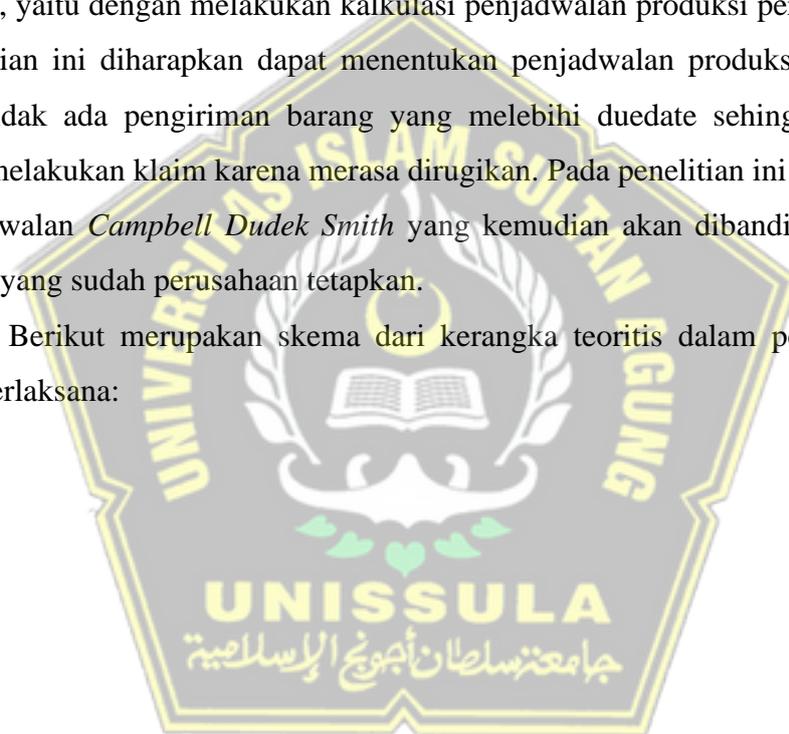
Berdasarkan kerangka pemikiran dan paradigma penelitian tersebut maka cara terbaik untuk melakukan perhitungan penjadwalan guna menghasilkan efektivitas produksi menurut banyak jurnal penelitian yang ada sebagai bahan penunjang adalah dengan menggunakan pendekatan metode *Campbell Dudeck Smith* (CDS) yang nantinya akan diketahui total waktu penyelesaian proses

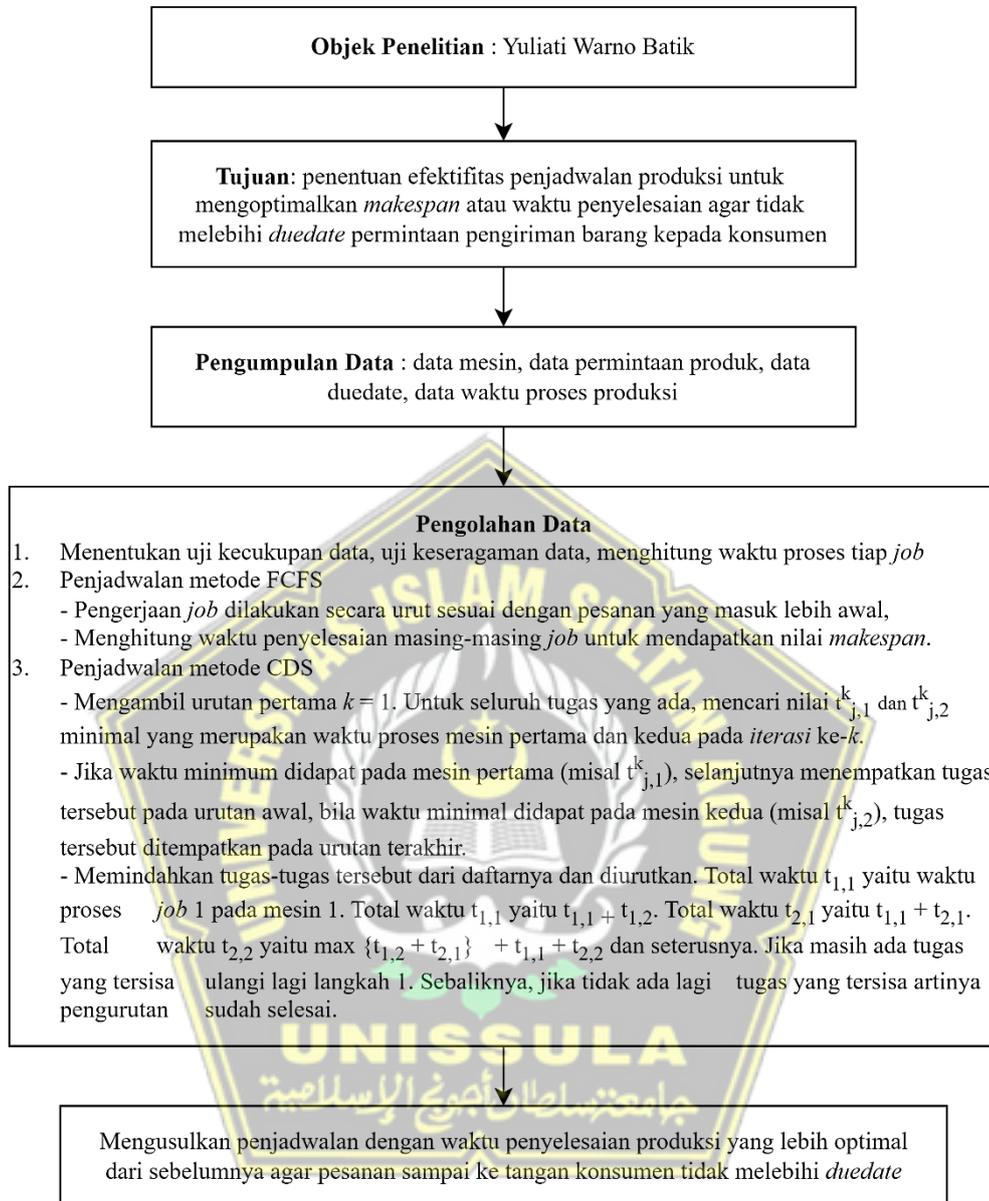
produksi (*makespan*) serta diperoleh berbagai macam alternatif urutan pekerjaan (*Job*). Dari perolehan beberapa alternatif urutan *Job* tersebut, perusahaan dapat menentukan satu urutan *Job* yang memiliki nilai *makespan* terkecil untuk dapat diterapkan sehingga memungkinkan tercapainya tujuan untuk mendapatkan penjadwalan produksi yang efektif.

2.3.2 Kerangka Teoritis

Kerangka teori dalam penelitian ini adalah untuk menghasilkan penjadwalan produksi yang efektif untuk meminimalisir tertundanya pengiriman barang, yaitu dengan melakukan kalkulasi penjadwalan produksi perusahaan. Dari penelitian ini diharapkan dapat menentukan penjadwalan produksi yang efektif agar tidak ada pengiriman barang yang melebihi *duedate* sehingga pelanggan tidak melakukan klaim karena merasa dirugikan. Pada penelitian ini menggunakan penjadwalan *Campbell Dudek Smith* yang kemudian akan dibandingkan dengan aturan yang sudah perusahaan tetapkan.

Berikut merupakan skema dari kerangka teoritis dalam penelitian yang akan terlaksana:





Gambar 2.5 Kerangka Teoritis

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pengumpulan Data

Tahapan pengumpulan data diperoleh berdasarkan identifikasi masalah, yaitu cara peneliti untuk dapat menduga, memperkirakan dan menggambarkan apa yang saat ini menjadi permasalahan dalam perusahaan. Identifikasi masalah dalam penelitian ini terdiri dari:

a. **Studi Lapangan**

Studi ini bertujuan untuk mengetahui kondisi *real* perusahaan, yaitu dengan melakukan wawancara sebagai informasi pendukung dan melakukan pengamatan langsung pada tiap lini produksi Yuliati Warno Batik.

b. **Studi Pustaka**

Studi pustaka didapatkan dengan mencari referensi dari berbagai sumber berupa buku-buku, jurnal, artikel ilmiah, dan sejenisnya untuk mendukung berlangsungnya penelitian dan selanjutnya dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah penjadwalan produksi Yuliati Warno Batik.

c. **Perumusan Masalah**

Dalam penelitian ini dirumuskan untuk mengetahui efektifitas penjadwalan produksi guna mengoptimalkan waktu penyelesaian atau proses produksi agar tidak melebihi *due date* permintaan pengiriman barang dengan menganalisis perbandingan total *makespan* dari hasil penjadwalan perusahaan semula dan setelah dilakukan perbaikan penjadwalan yang mana kemudian untuk mengetahui hasil urutan *job* dengan minimum *makespan* yang dihasilkan setelah perbaikan penjadwalan.

d. **Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas penjadwalan produksi guna mengoptimalkan waktu penyelesaian atau proses produksi agar tidak melebihi *due date* permintaan pengiriman barang dengan menganalisis

perbandingan total *makespan* dari hasil penjadwalan perusahaan semula dan setelah dilakukan perbaikan penjadwalan yang mana kemudian untuk mengetahui hasil urutan *job* dengan minimum *makespan* yang dihasilkan setelah perbaikan penjadwalan.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Tahap ini dilakukan untuk mengumpulkan data-data yang dibutuhkan untuk penelitian. Adapun teknik pengumpulan data yang dibutuhkan peneliti antara lain:

a. Data Primer

Data primer didapat secara langsung dengan wawancara dan observasi secara *onsite*. Wawancara berlangsung dengan para pekerja Yuliati Warno Batik yang terlibat dengan menanyakan perihal informasi general maupun spesifik perusahaan. Pengamatan langsung dilakukan di bagian produksi dimana dilakukan pengamatan terhadap tahapan-tahapan produksi, mesin produksi yang digunakan, serta waktu proses pada masing-masing lini produksi.

b. Data Sekunder

Data sekunder atau informasi yang diperoleh secara tidak langsung berupa file, dokumen, arsip atau catatan perusahaan. Adapun perolehannya didapat dari dokumentasi perusahaan dan publikasi akademis atau literatur yang berhubungan dengan penelitian selama periode tertentu.

3.3 Pengujian Hipotesis

Dalam pengujian hipotesis, hal yang perlu diperhatikan untuk kemudian dilakukan analisis dan dibuktikan hasil hipotesisnya adalah dengan melakukan langkah-langkah pengolahan data terlebih dahulu, antara lain:

a. Perhitungan Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dilakukan untuk mengetahui bahwa data yang dikumpulkan sudah cukup atau memenuhi syarat keakuratan yang ditentukan. Apabila data yang dikumpulkan belum mencukupi, maka perlu

dilakukan penambahan jumlah data. Pada penelitian ini menggunakan tingkat kepercayaan sebesar 95% ($k = 2$) dan tingkat ketelitian sebesar 5% ($s = 0,05$).

b. Perhitungan Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data dilakukan untuk mengetahui bahwa data yang dikumpulkan sudah seragam dan sesuai dengan tingkat keyakinan pengamatan yang ditandai dengan tidak adanya data yang *out of control*. Langkah pertama dalam uji keseragaman data adalah dengan menentukan Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB).

c. Perhitungan Waktu Proses

Perhitungan ini dibutuhkan untuk mengetahui waktu proses pada *job* (pekerjaan) di tiap *workcenter*. Waktu proses diperoleh dari waktu rata-rata dikali jumlah order kemudian dibagi dengan kapasitas per proses. Sehingga dapat mengetahui waktu penyelesaiannya ketika penjadwalan berlangsung.

d. Penjadwalan *First Come First Served* (FCFS)

Penjadwalan dengan aturan FCFS yaitu pengerjaan *job* yang dilakukan secara urut sesuai dengan pesanan yang masuk lebih awal. Kemudian menghitung waktu penyelesaian masing-masing *job* untuk mendapatkan nilai *makespan* nya.

e. Penjadwalan *Campbell Dudeck Smith* (CDS)

Mengambil urutan pertama $k = 1$. Untuk seluruh tugas yang ada, mencari nilai $t_{j,1}^k$ dan $t_{j,2}^k$ minimal yang merupakan waktu proses mesin pertama dan kedua pada *iterasi* ke- k . Jika waktu minimum didapat pada mesin pertama (misal $t_{j,1}^k$) selanjutnya menempatkan tugas tersebut pada urutan awal, bila waktu minimal didapat pada mesin kedua (misal $t_{j,2}^k$) tugas tersebut ditempatkan pada urutan terakhir. Memindahkan tugas-tugas tersebut dari daftarnya dan urutkan. Total waktu $t_{1,1}$ yaitu waktu proses *job* 1 pada mesin 1. Total waktu $t_{1,1}$ yaitu $t_{1,1} + t_{1,2}$. Total waktu $t_{2,1}$ yaitu $t_{1,1} + t_{2,1}$. Total waktu $t_{2,2}$ yaitu $\max \{t_{1,2} + t_{2,1}\} + t_{1,1} + t_{2,2}$ dan

seterusnya. Jika masih ada tugas yang tersisa ulangi lagi langkah 1. Sebaliknya, jika tidak ada lagi tugas yang tersisa artinya pengurutan sudah selesai.

3.4 Metode Analisis

Dalam hal ini menganalisis perbandingan metode penjadwalan yang diterapkan perusahaan yaitu *First Come First Served* (FCFS) dengan metode penjadwalan *Campbell Dudeck Smith* (CDS) yang akan menjadi tolak ukur implementasi penjadwalan setelahnya. Kemudian memilih urutan penjadwalan produksi yang memiliki total nilai *makespan* terkecil.

3.5 Pembahasan

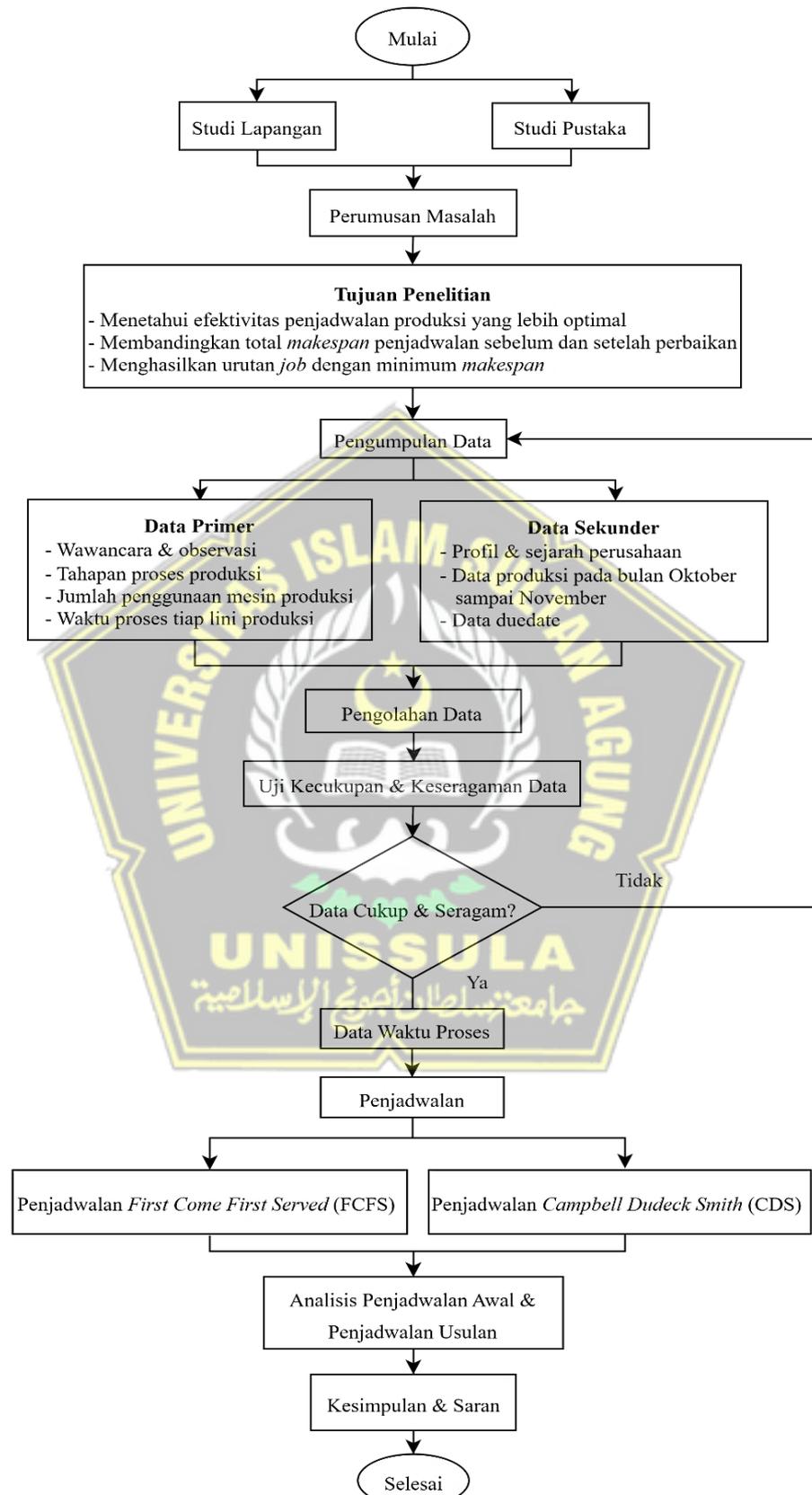
Setelah dilakukan pengujian hipotesis dengan analisis metode yang diteliti dan tercapai hasil hipotesisnya, maka ini lah yang akan dijelaskan pada pembahasan. Dalam kasus ini, diperoleh metode terbaik dari usulan perbaikan yaitu *Campbell Dudeck Smith* (CDS) yang mempunyai alternatif urutan penjadwalan dengan total *makespan* terkecil dari penjadwalan perusahaan sebelumnya.

3.6 Penarikan Kesimpulan

Tahap terakhir dalam penelitian ini adalah penarikan kesimpulan berdasarkan data yang dikumpulkan selama proses penelitian dengan hasil yang didapat yaitu penjadwalan produksi yang lebih efektif dengan mempertimbangkan nilai *makespan*. Kemudian memberikan saran kepada pihak terkait ataupun bagi penelitian selanjutnya.

3.7 Diagram Alir

Adapun diagram alir yang dapat menggambarkan penelitian ini dari awal sampai akhir adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini diperoleh dari kumpulan latar belakang perusahaan dan dilakukan observasi secara *onsite* serta wawancara kepada pihak terkait. Berikut adalah beberapa data yang akan digunakan dalam penelitian penjadwalan pada Yuliati Warno Batik.

4.1.1 Profil Perusahaan

Yuliati Warno Batik merupakan perusahaan yang terletak di desa Langgenharjo Kecamatan Juwana Kabupaten Pati Jawa Tengah. Lebih tepatnya Jl. Kretek Kembar Langgenharjo RT 07/RW 03 Juwana Pati. Awalnya batik Yuliati Warno hanya menjual kain atau peralatan batik tulis, kemudian pada tahun 2010 mulai merambah ke baju batik jadi, jas batik, dan kebaya batik. Pada tahun 2013, batik Yuliati Warno mulai memanfaatkan tempat produksi dan *showroom*-nya sebagai tempat wisata industri batik atau tempat edukasi membuat batik. Pada tahun 2014, guna mengembangkan usaha batiknya, industri batik milik Yuliati Warno direlokasi total sekitar 100 meter dari lokasi aslinya di desa Langgenharjo. Saat ini Yuliati Warno dianggap sebagai sentra wisata batik di Pati.



Gambar 4.1 Wisata Batik Pati



Gambar 4.2 Wisata Batik Pati

Dalam meniti karir usahanya, Yuliati Warno kerap mendapatkan penghargaan, seperti terpilih menjadi salah satu dari 25 perempuan inspiratif dan satu-satunya yang menerima penghargaan OVOP (*One Village One Product*) bidang batik di Kabupaten Pati. Pada bulan Desember 2018, batik Yuliati Warno mendapat sertifikasi dari Pemerintah Kabupaten Pati berupa LPK (Lembaga Kursus & Pelatihan) dan TUD (Tempat Uji Kompetensi). Sertifikasi ini diperoleh karena industri batik tulis milik Yuliati Warno memiliki program konservasi dan edukasi batik dalam usahanya. Untuk mengembangkan produknya, Yuliati Warno Batik sering mengikuti pameran dalam dan luar negeri seperti Singapura, Malaysia, China, dan Vietnam. Sejauh ini Batik Yuliati Warno mampu bersaing dengan perusahaan batik lain di dalam dan luar negeri. Yuliati Warno Batik memproduksi beragam motif batik dan beragam kreasi produk yang berbahan dasar batik.



Gambar 4.3 Kreasi Batik Sarung



Gambar 4.4 Kreasi Batik Tas



Gambar 4.5 Kreasi Batik Songkok

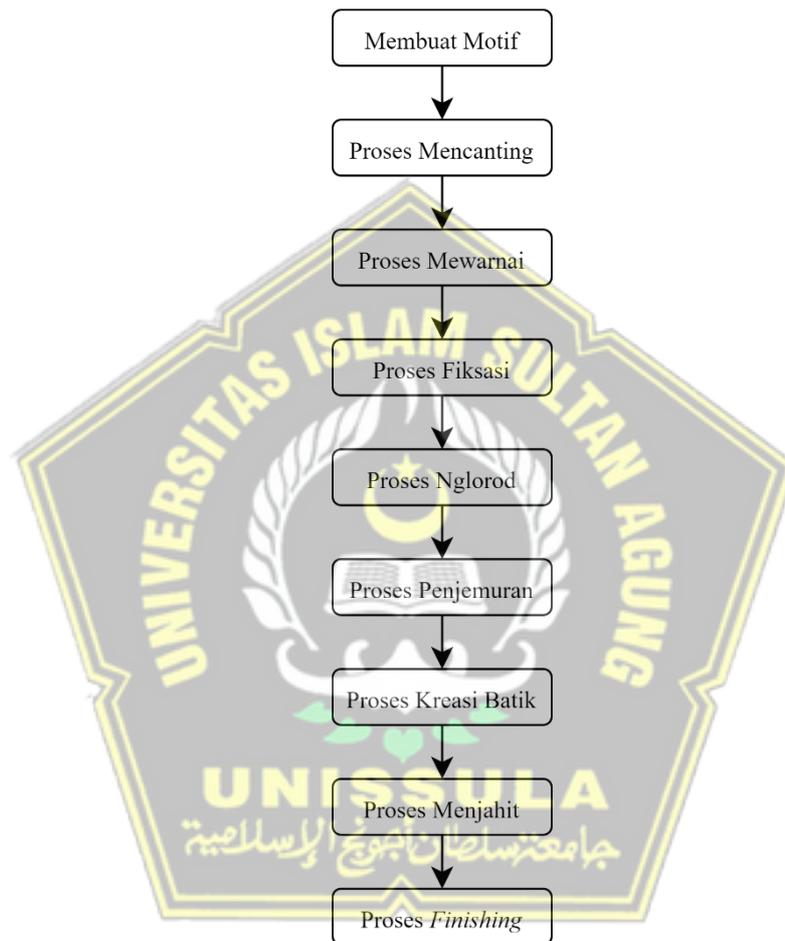
Yulianti Warno Batik beroperasi selama 6 hari dalam seminggu yaitu Senin sampai Sabtu dengan jam kerja 8 jam dimulai dari pukul 08:00 WIB - 16:00 WIB dengan waktu istirahat satu jam yaitu pukul 12:00 WIB - 13:00 WIB. Sedangkan galeri batik tulis Yulianti Warno buka setiap hari mulai pukul 08:00 WIB - 16:00 WIB.



Gambar 4.6 Work Center Yulianti Warno Batik

4.1.2 Alur Proses Produksi

Adapun proses produksi yang dilakukan oleh Yuliati Warno Batik yaitu dimulai dari persiapan membuat motif pada bahan baku kain batik yang menjadi bahan dasarnya sampai dengan proses *finishing*. Berikut ini adalah alur produksinya:



Gambar 4.7 Alur Proses Produksi Yuliati Warno Batik

4.1.3 Lantai Produksi Yuliati Warno Batik

Pada lantai produksi Yuliati Warno Batik saat melakukan proses produksi terdapat 9 *work center*. Adapun perinciannya adalah sebagai berikut.

1. Membuat Motif

Pada proses ini, membuat pola terlebih dahulu pada kain mori yang biasa dipakai untuk membatik. Pola dibuat diatas kain dengan dibentuk motif sesuai permintaan konsumen. Adapun pola yang dibuat tergantung dengan

jenis batik apa yang akan dibuat, diantaranya terdapat batik tulis dan batik cap.



Gambar 4.8 Membuat Pola Batik Tulis



Gambar 4.9 Membuat Pola Batik Cap

2. Proses Mencanting

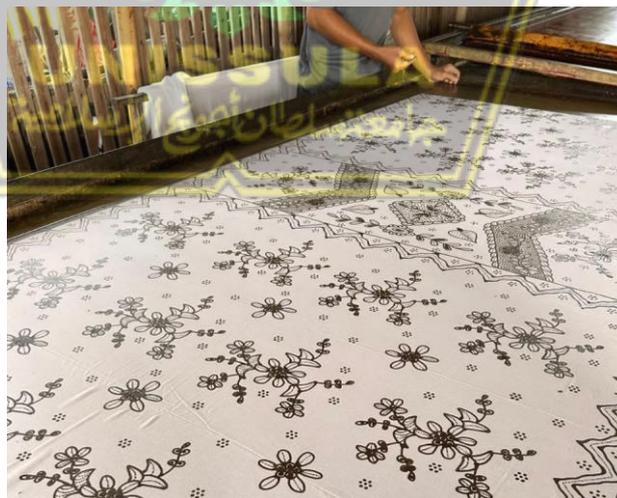
Proses mencanting adalah proses menggunakan malam cair yang ditorehkan pada kain yang ingin digambar ataupun dicap. Pada proses ini, mencanting batik tulis akan memakan waktu lebih lama dibanding batik cap yang hanya meratakan malam cair menggunakan alat pola yang ingin dicap.



Gambar 4.10 Mencanting Batik Tulis



Gambar 4.11 Mencanting Batik Cap



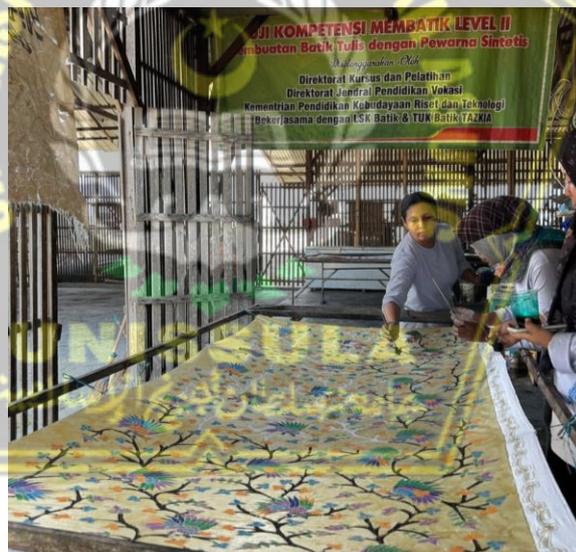
Gambar 4.12 Mencanting Batik Cap

3. Proses Mewarnai

Proses mewarnai batik ada dua cara, yaitu celup dan colet. Cara celup digunakan untuk mewarnai *background* atau bagian kain yang luas. Sedangkan cara colet dipakai untuk mewarnai bagian batik yang lebih detail karena membutuhkan banyak warna.



Gambar 4.13 Proses Mewarnai



Gambar 4.14 Proses Mewarnai

4. Proses Fiksasi

Proses ini merupakan tahapan penting dalam membuat batik yaitu melakukan penguncian warna atau fiksasi. Fiksasi dilakukan guna memperkuat warna pada kain. Pada proses ini, kain tiap lembar dimasukkan dan digulung menggunakan bantuan alat fiksasi.



Gambar 4.15 Alat Fiksasi

5. Proses Nglorod

Pada tahapan ini diberi istilah nglorod karena merupakan proses meluruhkan atau melunturkan lilin malam ke dalam air yang sedang mendidih.



Gambar 4.16 Proses Nglorod



Gambar 4.17 Perlengkapan Proses Nglorod

6. Proses Penjemuran

Proses penjemuran batik dilakukan secara konvensional dengan mengandalkan panas matahari. Namun dalam proses ini, penjemuran dilakukan di dalam ruangan terbuka dengan sirkulasi udara yang cukup. Pada proses ini membutuhkan waktu paling sebentar 1,5 jam jika cuaca terik dan 3 - 4 jam jika cuaca mendung atau hujan.



Gambar 4.18 Proses Penjemuran

7. Proses Kreasi Batik

Selesai pembuatan batik, tahapan pertama dalam mengolah batik menjadi beberapa model adalah dengan melalui proses kreasi batik. Proses ini dilakukan guna membuat pola kreasi atau proses pengukuran sesuai model pesanan atau keinginan konsumen.



Gambar 4.19 Membuat Pola Kreasi Batik

8. Proses Menjahit

Proses menjahit dilakukan ketika pengukuran atau pembuatan pola dengan beberapa model pesanan sudah siap.



Gambar 4.20 Proses Menjahit

9. Proses *Finishing*

Tahap akhir pada proses ini adalah *finishing*. Proses *finishing* dilakukan ketika model pesanan kreasi batik sudah selesai dan kemudian akan melewati tahap pengecekan serta pemasangan *brandtag* dan *packaging* sebelum pesanan siap didistribusikan.



Gambar 4.21 Pemasangan *Brand Tag*



Gambar 4.22 *Packaging*

4.1.4 Data Produksi

Pada penelitian ini akan menghitung penjadwalan yang diketahui dari data produksi Yuliati Warno Batik selama bulan Oktober - November 2023 yang berjumlah 7 item pemesanan. Berikut adalah data produksinya:

Tabel 4.1 Data Produksi Yuliati Warno Batik

Bulan	Kode Job	Job Order	Jumlah Order (pcs)	Keterangan	Due date
16 Oktober – 15 November 2023	A	Sarung 1	40	Pesanan Panti Asuhan Sebening Kasih	15 November 2023
	B	Songkok	40		
	C	Tas	35	Pesanan Ibu Arisan	
	D	Dompet	30	Pesanan Ibu Hajah	
	E	Sarung 2	55	Pesanan PP Assalafiyah 2	
	F	Baju 1	25	Pesanan Rombongan Ziarah	
	G	Baju 2	30	Pesanan Rombongan Pengajian	

4.1.5 Data Stasiun Kerja

Pada rantai produksi Yuliati Warno Batik terdapat 9 tahapan proses produksi yang pengerjaannya masih manual maupun yang operasionalnya menggunakan mesin. Berikut merupakan data jumlah pekerja maupun mesin yang dioperasikan pada tiap proses produksi:

Tabel 4.2 Data Stasiun Kerja

No	Proses Produksi	Jumlah Mesin/Pekerja
1	Membuat motif	5
2	Proses mencanting	5
3	Proses mewarnai	5
4	Proses fiksasi (mesin fiksasi)	2
5	Proses nglorod	3
6	Proses penjemuran	3
7	Proses kreasi batik	4
8	Proses menjahit (mesin jahit)	4
9	Proses <i>finishing</i>	3

Adapun kode operasi pada tiap proses diberikan agar mempermudah pengolahan data serta meringkas istilah dengan memberikan *initial code*. Berikut kode operasi yang diurutkan sesuai proses produksi pada Yuliati Warno Batik:

Tabel 4.3 Kode Operasi

Nama Proses	Kode
Membuat motif	WC 1
Proses mencanting	WC 2
Proses mewarnai	WC 3
Proses fiksasi	WC 4
Proses nglorod	WC 5
Proses penjemuran	WC 6
Proses kreasi batik	WC 7
Proses menjahit	WC 8
Proses <i>finishing</i>	WC 9

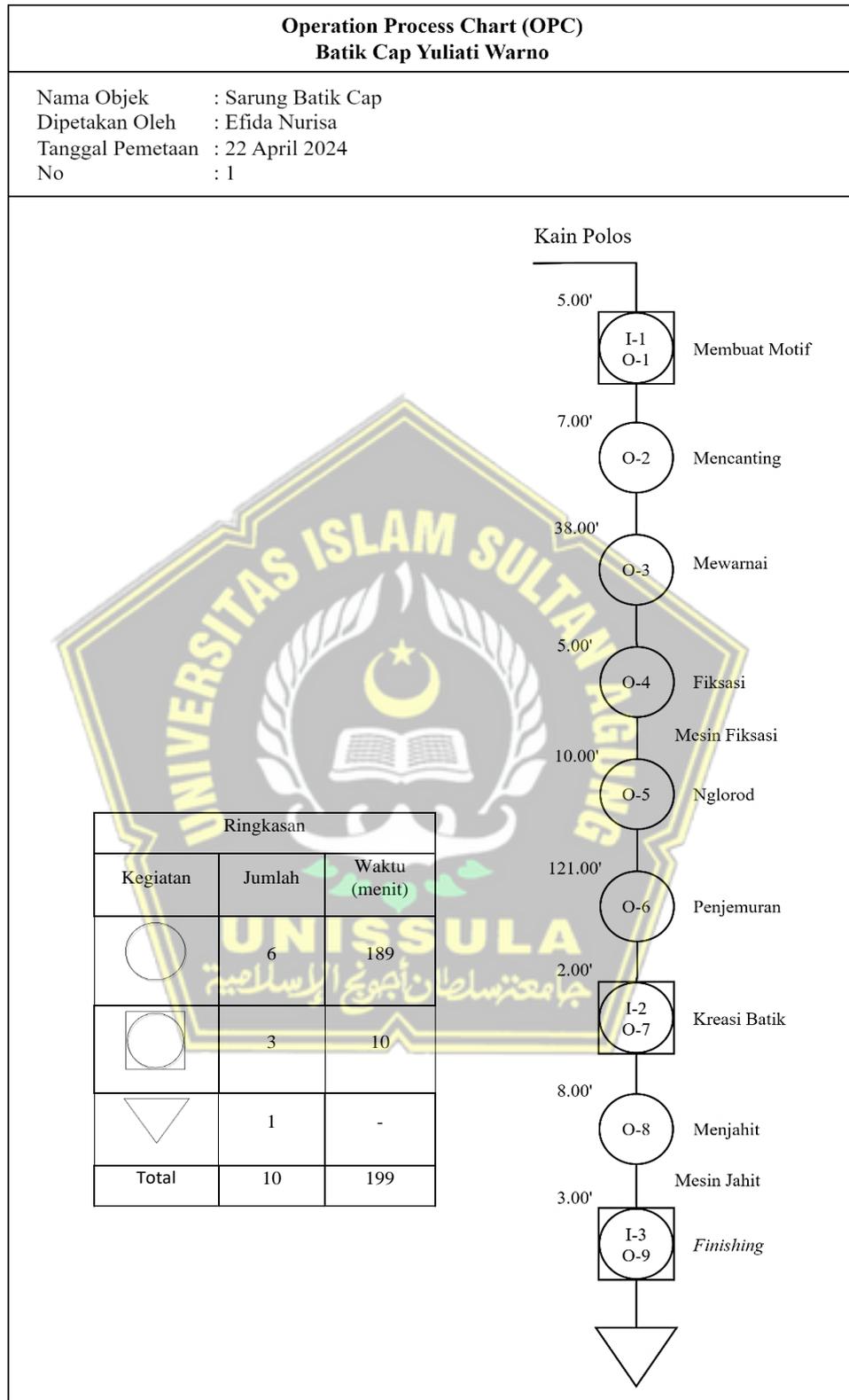
4.1.6 Operation Process Chart (OPC)

Operation process chart atau biasa disebut peta proses operasi adalah alat untuk memetakan serangkaian proses produksi yang dimulai dari tahap awal pengerjaan sampai tahap akhir selesainya produk dengan menggunakan simbol-simbol sebagai lambang proses operasi. Berikut merupakan keterangan simbol-simbol pada peta proses operasi:

Tabel 4.4 Simbol *Operation Process Chart*

Simbol	Keterangan
	<i>Operation</i>
	<i>Inspection</i>
	<i>Transportation</i>
	<i>Delay</i>
	<i>Storage</i>

Adapun peta proses operasi pada Yuliati Warno Batik untuk memetakan batik cap kreasi sarung adalah sebagai berikut:



Gambar 4.23 Operation Process Chart Batik Cap Kreasi Sarung

4.1.7 Data Pengamatan *Cycle Time*

Cycle time diperlukan untuk menghitung waktu pada awal proses produksi hingga menjadi produk akhir yang diinginkan. Perolehan data *cycle time* didapat dari pengamatan saat proses pengerjaan di tiap *work center* berlangsung. Pada pengamatan tiap *work center* dilakukan sebanyak 10 kali dengan *digital timer* yaitu *stopwatch*. Kemudian dari perolehan 10 data pengamatan akan dihitung uji kecukupan data pada masing-masing *work center*. Ketika hasil uji 10 data sudah dinyatakan cukup, maka tidak diperlukan pengamatan untuk memperoleh data tambahan.

Berikut penjabaran proses pengambilan data *cycle time* pada tiap *work center* di Yuliati Warno Batik.

1. WC 1 (Membuat Motif)
Pengukuran *cycle time* dilakukan ketika membuat pola diatas kain batik dengan menggambar motif sesuai *request* menggunakan pensil (batik tulis) dan papan cap (batik cap).
2. WC 2 (Proses Mencanting)
Pengukuran *cycle time* diperoleh pada saat penorehan ataupun penuangan malam cair pada kain yang ingin digambar ataupun dicap berdasarkan motif papan cap yang digunakan.
3. WC 3 (Proses Mewarnai)
Pengukuran *cycle time* dilakukan saat proses pewarnaan pada kain batik yang telah dicanting dengan teknik celup dan colet.
4. WC 4 (Proses Fiksasi)
Pengukuran *cycle time* diambil dari proses fiksasi atau penguncian warna pada batik di tiap lembar nya untuk dimasukkan dan akan digulung menggunakan alat fiksasi.
5. WC 5 (Proses Nglorod)
Pengukuran *cycle time* dilakukan pada saat proses nglorod atau pelunturan lilin malam pada air yang mendidih sampai luruh semuanya.

6. WC 6 (Proses Penjemuran)
Pengukuran *cycle time* diambil pada saat proses penjemuran kain batik berlangsung hingga dipastikan kering.
7. WC 7 (Proses Kreasi Batik)
Pengukuran *cycle time* dilakukan mulai dari pengukuran dan pembuatan pola pada kain batik dengan motif pilihan yang akan dikreasikan.
8. WC 8 (Proses Menjahit)
Pengukuran *cycle time* dimulai ketika proses jahit menjahit sesuai pola pesanan terlaksana yang dibantu dengan mesin jahit.
9. WC 9 (Proses *Finishing*)
Pengukuran *cycle time* dilakukan ketika melalui proses *finishing* yang meliputi pengecekan serta pemasangan *brandtag* dan *packaging*.

Tabel 4.5 *Cycle Time Job A (Sarung 1)*

Pengukuran	Work Center (menit)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4,59	7,25	38,02	5,35	10,35	122,33	2,02	8,55	3,25
2	5,01	7,43	37,55	5,22	10,22	121,08	2,04	8,03	3,13
3	5,00	7,33	38,56	5,54	10,54	121,12	2,02	8,25	3,16
4	5,03	7,11	39,15	5,38	10,38	122,23	2,05	8,45	3,11
5	4,58	7,12	39,19	5,05	10,05	120,42	2,03	8,09	3,12
6	5,01	7,58	38,53	5,15	10,15	120,59	2,01	8,45	3,21
7	5,03	7,44	37,33	5,19	10,19	120,40	2,02	8,12	3,09
8	5,01	7,04	39,02	5,51	10,51	121,19	2,02	8,15	3,04
9	5,02	7,56	37,54	5,02	10,02	121,22	2,10	8,53	3,19
10	5,04	7,34	38,17	5,39	10,39	122,26	2,11	8,32	3,15

Tabel 4.6 Cycle Time Job B (Songkok)

Pengukuran	Work Center (menit)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4,46	6,27	35,37	5,45	10,29	122,23	3,33	10,45	3,24
2	4,51	6,42	35,31	5,32	10,23	121,43	3,24	10,33	3,15
3	4,57	6,41	35,46	5,22	10,45	121,55	3,25	10,25	3,13
4	4,55	6,12	35,25	5,38	10,39	122,24	3,23	10,45	3,14
5	4,58	6,13	35,53	5,13	10,05	121,43	3,14	10,09	3,16
6	4,48	6,51	35,43	5,33	10,15	120,59	3,27	10,45	3,19
7	4,51	6,42	35,33	5,19	10,19	120,40	3,22	10,22	3,11
8	4,52	6,24	35,52	5,47	10,51	121,19	3,12	10,54	3,21
9	4,49	6,46	35,54	5,12	10,22	121,26	3,21	10,38	3,19
10	4,54	6,31	35,48	5,27	10,14	122,13	3,11	10,05	3,16

Tabel 4.7 Cycle Time Job C (Tas)

Pengukuran	Work Center (menit)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	5,01	6,41	35,32	5,22	10,59	121,55	4,27	11,55	3,19
2	5,00	6,55	35,33	5,29	11,01	121,45	4,24	12,09	3,17
3	4,58	6,44	36,02	5,27	10,45	121,55	4,25	11,45	3,21
4	4,55	6,55	35,42	5,31	10,39	122,24	4,23	11,45	3,23
5	4,54	6,59	36,01	5,15	10,56	121,33	4,14	12,09	3,16
6	4,54	6,51	35,43	5,33	11,03	120,59	4,27	11,45	3,19
7	4,51	6,42	35,33	5,19	10,49	121,40	4,22	12,22	3,21
8	4,52	6,57	36,00	5,33	10,51	121,59	4,12	11,54	3,19
9	4,51	6,55	35,44	5,29	10,53	121,26	4,20	11,38	3,16
10	5,02	6,59	35,34	5,21	11,00	122,55	4,21	12,05	3,18

Tabel 4.8 Cycle Time Job D (Dompot)

Pengukuran	Work Center (menit)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4,49	6,12	35,33	5,38	10,45	121,43	4,24	11,45	3,16
2	4,48	6,13	35,52	5,13	10,39	120,59	4,25	12,09	3,19
3	4,51	6,42	35,54	5,33	10,05	120,40	4,23	11,45	3,21
4	4,49	6,24	35,48	5,12	10,15	121,19	4,24	12,22	3,17
5	4,54	6,46	35,53	5,32	10,05	121,43	4,27	11,54	3,21
6	4,48	6,31	35,31	5,22	10,15	121,55	4,24	12,09	3,23
7	4,51	6,41	35,46	5,38	10,19	121,43	4,27	11,45	3,16
8	4,54	6,12	35,25	5,13	10,51	121,55	4,24	11,45	3,19
9	4,49	6,13	35,53	5,33	10,22	122,24	4,25	12,09	3,21
10	4,51	6,31	35,39	5,28	10,14	121,43	4,23	11,45	3,18

Tabel 4.9 Cycle Time Job E (Sarung 2)

Pengukuran	Work Center (menit)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	5,01	7,04	37,55	5,38	10,38	120,42	2,05	8,12	3,19
2	5,00	7,56	38,56	5,05	10,05	120,59	2,03	8,15	3,15
3	5,01	7,11	39,15	5,15	10,19	121,08	2,01	8,29	3,16
4	5,03	7,12	39,19	5,35	10,51	121,12	2,05	8,33	3,11
5	5,01	7,58	39,19	5,22	10,02	122,23	2,03	8,09	3,12
6	5,01	7,44	38,53	5,54	10,54	120,59	2,01	8,25	3,15
7	5,01	7,43	39,19	5,15	10,38	121,08	2,02	8,28	3,16
8	5,03	7,33	38,53	5,19	10,22	121,12	2,05	8,09	3,13
9	5,01	7,11	37,33	5,51	10,54	122,23	2,03	8,33	3,16
10	5,02	7,12	39,02	5,02	10,38	120,42	2,01	8,15	3,11

Tabel 4.10 *Cycle Time Job F (Baju 1)*

Pengukuran	Work Center (menit)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	5,03	7,22	38,53	5,35	10,22	121,08	2,04	16,34	3,19
2	5,01	7,35	37,33	5,22	10,54	121,12	2,02	16,25	3,21
3	5,02	7,16	39,02	5,15	10,38	122,23	2,05	15,42	3,19
4	5,03	7,14	39,19	5,19	10,05	121,12	2,03	16,48	3,23
5	5,05	7,28	39,19	5,38	10,38	122,23	2,03	17,09	3,22
6	5,04	7,25	38,53	5,35	10,05	120,59	2,01	15,58	3,21
7	5,06	7,41	37,55	5,22	10,15	121,08	2,02	15,55	3,19
8	5,03	7,33	38,56	5,35	10,19	121,12	2,02	16,08	3,18
9	5,01	7,11	39,15	5,22	10,51	121,19	2,05	15,31	3,19
10	5,02	7,12	39,19	5,19	10,02	121,22	2,03	16,44	3,18

Tabel 4.11 *Cycle Time Job G (Baju 2)*

Pengukuran	Work Center (menit)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	5,05	7,16	38,56	5,35	10,15	122,23	2,05	16,44	3,21
2	5,03	7,16	39,15	5,22	10,19	120,59	2,03	16,34	3,19
3	5,05	7,14	39,19	5,15	10,51	121,08	2,03	16,25	3,18
4	5,04	7,28	38,53	5,19	10,51	121,12	2,01	15,42	3,19
5	5,06	7,25	37,55	5,38	10,38	121,19	2,02	16,08	3,19
6	5,03	7,22	38,56	5,35	10,54	121,12	2,04	15,30	3,21
7	5,07	7,35	37,33	5,22	10,38	122,23	2,02	16,44	3,19
8	5,02	7,16	39,02	5,35	10,22	120,42	2,05	16,34	3,23
9	5,03	7,14	37,55	5,22	10,54	120,59	2,03	16,25	3,22
10	5,05	7,28	38,56	5,19	10,38	121,19	2,03	15,42	3,19

4.2 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan untuk menganalisis data guna mengetahui hasil perhitungan yang nantinya akan dapat menentukan pendekatan mana yang dikategorikan terbaik untuk meminimalisir waktu penyelesaian proses produksi antara penjadwalan awal oleh perusahaan dan penjadwalan usulan menggunakan metode *Campbell Dudeck Smith (CDS)*.

4.2.1 Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dilakukan untuk melihat kecukupan akurasi data yang dikumpulkan dengan menggunakan derajat ketelitian 5%. Kecukupan data ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$N' = \left(\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2 \quad (8)$$

Keterangan:

N' = Jumlah data teoritis

k = Tingkat keyakinan

s = Derajat ketelitian

N = Jumlah data pengamatan

x = Data pengamatan

Berikut adalah perhitungan uji kecukupan data pada WC 1 yaitu proses pengecekan pada *item job A*:

Tabel 4.12 Pengukuran Waktu WC 1 *Job A*

Pengamatan	x	x_i^2
1	4,59	21,07
2	5,01	25,10
3	5,00	25,00
4	5,03	25,30
5	4,58	20,98
6	5,01	25,10
7	5,03	25,30
8	5,01	25,10
9	5,02	25,20
10	5,04	25,40
Total	49,32	243,55

$$N' = \left(\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right)^2 \quad (9)$$

$$N' = \left(\frac{\frac{2}{0,05} \sqrt{10(243,55) - (49,32)^2}}{49,32} \right)^2$$

$$N' = \left(\frac{40 \sqrt{2435,5 - 2432,46}}{49,32} \right)^2$$

$$N' = \left(\frac{40\sqrt{3,04}}{49,32} \right)^2$$

$$N' = \left(\frac{40(1,744)}{49,32} \right)^2$$

$$N' = \left(\frac{69,76}{49,32} \right)^2$$

$$N' = (1,414)^2$$

$$N' = 1,99$$

Karena $N' (1,99) < N (10)$, maka dapat dinyatakan bahwa data cukup sehingga tidak diperlukan pengambilan data tambahan.

4.2.2 Rekapitulasi Uji Kecukupan Data

Perhitungan uji kecukupan data dilakukan pada setiap *work center* di masing-masing *job order*. Cara yang sama digunakan untuk menghitung kecukupan data sehingga diperoleh rekapitulasi kecukupan data pada masing-masing *job* sebagai berikut:

Tabel 4.13 Rekapitulasi Kecukupan Data *Job A*

<i>Work Center</i>	Jumlah Data Sampel (N)	Jumlah Data Teoritis (N')	Keterangan
Membuat motif	10	1,99	Data Cukup
Proses mencanting	10	0,95	Data Cukup
Proses mewarnai	10	0,47	Data Cukup
Proses fiksasi	10	1,70	Data Cukup
Proses nglorod	10	0,45	Data Cukup
Proses penjemuran	10	0,05	Data Cukup
Proses kreasi batik	10	0,43	Data Cukup
Proses menjahit	10	0,78	Data Cukup
Proses <i>finishing</i>	10	0,54	Data Cukup

Tabel 4.14 Rekapitulasi Kecukupan Data *Job B*

<i>Work Center</i>	Jumlah Data Sampel (N)	Jumlah Data Teoritis (N')	Keterangan
Membuat motif	10	0,11	Data Cukup
Proses mencanting	10	0,67	Data Cukup
Proses mewarnai	10	0,01	Data Cukup
Proses fiksasi	10	0,79	Data Cukup
Proses nglorod	10	0,30	Data Cukup
Proses penjemuran	10	0,04	Data Cukup
Proses kreasi batik	10	0,68	Data Cukup
Proses menjahit	10	0,37	Data Cukup
Proses <i>finishing</i>	10	0,22	Data Cukup

Tabel 4.15 Rekapitulasi Kecukupan Data *Job C*

<i>Work Center</i>	Jumlah Data Sampel (N)	Jumlah Data Teoritis (N')	Keterangan
Membuat motif	10	3,48	Data Cukup
Proses mencanting	10	0,16	Data Cukup
Proses mewarnai	10	0,11	Data Cukup
Proses fiksasi	10	0,20	Data Cukup
Proses nglorod	10	0,81	Data Cukup
Proses penjemuran	10	0,03	Data Cukup
Proses kreasi batik	10	0,21	Data Cukup
Proses menjahit	10	1,20	Data Cukup
Proses <i>finishing</i>	10	0,07	Data Cukup

Tabel 4.16 Rekapitulasi Kecukupan Data *Job D*

<i>Work Center</i>	Jumlah Data Sampel (N)	Jumlah Data Teoritis (N')	Keterangan
Membuat motif	10	0,04	Data Cukup
Proses mencanting	10	0,68	Data Cukup
Proses mewarnai	10	0,01	Data Cukup
Proses fiksasi	10	0,56	Data Cukup
Proses nglorod	10	0,37	Data Cukup
Proses penjemuran	10	0,03	Data Cukup
Proses kreasi batik	10	0,02	Data Cukup
Proses menjahit	10	1,23	Data Cukup
Proses <i>finishing</i>	10	0,08	Data Cukup

Tabel 4.17 Rekapitulasi Kecukupan Data Job E

<i>Work Center</i>	Jumlah Data Sampel (N)	Jumlah Data Teoritis (N')	Keterangan
Membuat motif	10	0,01	Data Cukup
Proses mencanting	10	1,16	Data Cukup
Proses mewarnai	10	0,46	Data Cukup
Proses fiksasi	10	1,71	Data Cukup
Proses nglorod	10	0,50	Data Cukup
Proses penjemuran	10	0,04	Data Cukup
Proses kreasi batik	10	0,10	Data Cukup
Proses menjahit	10	0,20	Data Cukup
Proses <i>finishing</i>	10	0,10	Data Cukup

Tabel 4.18 Rekapitulasi Kecukupan Data Job F

<i>Work Center</i>	Jumlah Data Sampel (N)	Jumlah Data Teoritis (N')	Keterangan
Membuat motif	10	0,02	Data Cukup
Proses mencanting	10	0,30	Data Cukup
Proses mewarnai	10	0,46	Data Cukup
Proses fiksasi	10	0,38	Data Cukup
Proses nglorod	10	0,51	Data Cukup
Proses penjemuran	10	0,03	Data Cukup
Proses kreasi batik	10	0,06	Data Cukup
Proses menjahit	10	1,84	Data Cukup
Proses <i>finishing</i>	10	0,04	Data Cukup

Tabel 4.19 Rekapitulasi Kecukupan Data Job G

<i>Work Center</i>	Jumlah Data Sampel (N)	Jumlah Data Teoritis (N')	Keterangan
Membuat motif	10	0,01	Data Cukup
Proses mencanting	10	0,15	Data Cukup
Proses mewarnai	10	0,46	Data Cukup
Proses fiksasi	10	0,38	Data Cukup
Proses nglorod	10	0,30	Data Cukup
Proses penjemuran	10	0,04	Data Cukup
Proses kreasi batik	10	0,06	Data Cukup
Proses menjahit	10	1,19	Data Cukup
Proses <i>finishing</i>	10	0,04	Data Cukup

4.2.3 Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data dilakukan untuk melihat data yang terkumpul sudah seragam atau belum. Keseragaman data diperoleh jika data berada diantara batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB). Keseragaman data ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$BKA = \bar{x} + k\sigma \text{ dan } BKB = \bar{x} - k\sigma \quad (10)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{N-1}} \quad (11)$$

Keterangan:

\bar{x} = Rata-rata yang diukur

k = Konstanta tingkat keyakinan

σ = Standar deviasi

N = Jumlah data pengamatan

Berikut adalah perhitungan uji keseragaman data pada WC 1 yaitu proses pengecekan pada *item job A*.

a. Perhitungan rata-rata waktu proses WC 1 *Job A*

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (12)$$

$$\bar{x} = \frac{49,32}{10}$$

$$\bar{x} = 4,93 \text{ menit}$$

a. Perhitungan standar deviasi pada WC 1 *Job A*

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{N-1}} \quad (13)$$

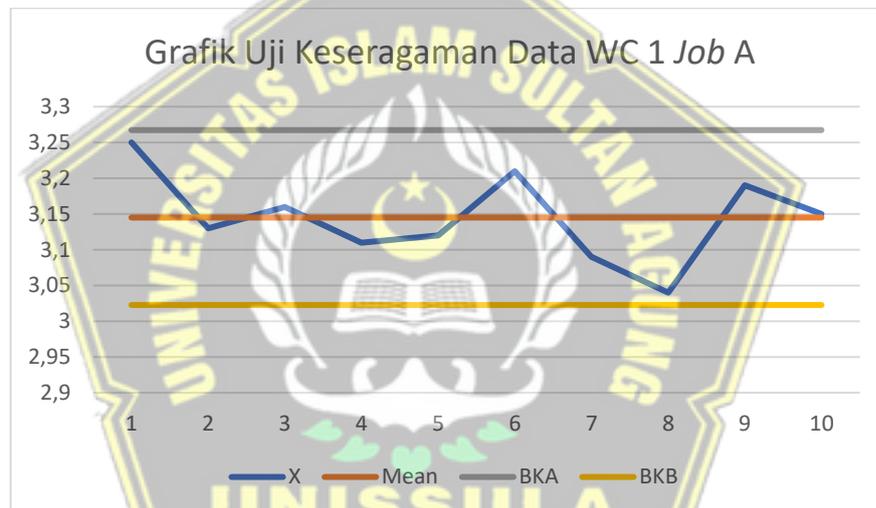
$$\sigma = \sqrt{\frac{(4,59 - 4,93)^2 + (5,01 - 4,93)^2 + (5,00 - 4,93)^2 + \dots + (5,04 - 4,93)^2}{10 - 1}}$$

$$\sigma = 0,18 \text{ menit}$$

- b. Perhitungan nilai Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB) pada WC 1 *Job A*

$$\begin{aligned}
 BKA &= \bar{x} + k\sigma & (14) \\
 &= 4,93 + 2(0,18) \\
 &= 4,93 + 0,36 \\
 &= 5,29 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 BKB &= \bar{x} - k\sigma & (15) \\
 &= 4,93 - 2(0,18) \\
 &= 4,93 - 0,36 \\
 &= 4,57 \text{ menit}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.24 Grafik Uji Keseragaman Data

Berdasarkan grafik diatas diketahui bahwa *Job A* pada WC 1 seragam dan terkendali karena tidak ditemukan data yang melebihi BKA dan BKB.

4.2.4 Rekapitulasi Uji Keseragaman Data

Perhitungan uji keseragaman data dilakukan pada setiap *work center* di masing-masing *job order*. Cara yang sama digunakan untuk menghitung keseragaman data sehingga diperoleh rekapitulasi keseragaman data pada masing-masing *job* sebagai berikut:

Tabel 4.20 Rekapitulasi Keseragaman Data Job A

Work Center	Data Job A	Mean	BKA	BKB	Keterangan
Membuat Motif	4,59	4,93	5,30	4,57	Seragam
	5,01	4,93	5,30	4,57	Seragam
	5,00	4,93	5,30	4,57	Seragam
	5,03	4,93	5,30	4,57	Seragam
	4,58	4,93	5,30	4,57	Seragam
	5,01	4,93	5,30	4,57	Seragam
	5,03	4,93	5,30	4,57	Seragam
	5,01	4,93	5,30	4,57	Seragam
	5,02	4,93	5,30	4,57	Seragam
	5,04	4,93	5,30	4,57	Seragam
Proses Mencanting	7,25	7,32	7,70	6,94	Seragam
	7,43	7,32	7,70	6,94	Seragam
	7,33	7,32	7,70	6,94	Seragam
	7,11	7,32	7,70	6,94	Seragam
	7,12	7,32	7,70	6,94	Seragam
	7,58	7,32	7,70	6,94	Seragam
	7,44	7,32	7,70	6,94	Seragam
	7,04	7,32	7,70	6,94	Seragam
	7,56	7,32	7,70	6,94	Seragam
	7,34	7,32	7,70	6,94	Seragam
Proses Mewarnai	38,02	38,31	39,69	36,92	Seragam
	37,55	38,31	39,69	36,92	Seragam
	38,56	38,31	39,69	36,92	Seragam
	39,15	38,31	39,69	36,92	Seragam
	39,19	38,31	39,69	36,92	Seragam
	38,53	38,31	39,69	36,92	Seragam
	37,33	38,31	39,69	36,92	Seragam
	39,02	38,31	39,69	36,92	Seragam
	37,54	38,31	39,69	36,92	Seragam
	38,17	38,31	39,69	36,92	Seragam
Proses Fiksasi	5,35	5,28	5,64	4,92	Seragam
	5,22	5,28	5,64	4,92	Seragam
	5,54	5,28	5,64	4,92	Seragam
	5,38	5,28	5,64	4,92	Seragam
	5,05	5,28	5,64	4,92	Seragam
	5,15	5,28	5,64	4,92	Seragam
	5,19	5,28	5,64	4,92	Seragam
	5,51	5,28	5,64	4,92	Seragam
	5,02	5,28	5,64	4,92	Seragam

	5,39	5,28	5,64	4,92	Seragam
Proses Nglorod	10,35	10,28	10,64	9,92	Seragam
	10,22	10,28	10,64	9,92	Seragam
	10,54	10,28	10,64	9,92	Seragam
	10,38	10,28	10,64	9,92	Seragam
	10,05	10,28	10,64	9,92	Seragam
	10,15	10,28	10,64	9,92	Seragam
	10,19	10,28	10,64	9,92	Seragam
	10,51	10,28	10,64	9,92	Seragam
	10,02	10,28	10,64	9,92	Seragam
	10,39	10,28	10,64	9,92	Seragam
Proses Penjemuran	122,33	121,28	122,78	119,79	Seragam
	121,08	121,28	122,78	119,79	Seragam
	121,12	121,28	122,78	119,79	Seragam
	122,23	121,28	122,78	119,79	Seragam
	120,42	121,28	122,78	119,79	Seragam
	120,59	121,28	122,78	119,79	Seragam
	120,40	121,28	122,78	119,79	Seragam
	121,19	121,28	122,78	119,79	Seragam
	121,22	121,28	122,78	119,79	Seragam
	122,26	121,28	122,78	119,79	Seragam
Proses Kreasi Batik	2,02	2,04	2,11	1,97	Seragam
	2,04	2,04	2,11	1,97	Seragam
	2,02	2,04	2,11	1,97	Seragam
	2,05	2,04	2,11	1,97	Seragam
	2,03	2,04	2,11	1,97	Seragam
	2,01	2,04	2,11	1,97	Seragam
	2,02	2,04	2,11	1,97	Seragam
	2,02	2,04	2,11	1,97	Seragam
	2,10	2,04	2,11	1,97	Seragam
	2,11	2,04	2,11	1,97	Seragam
Proses Menjahit	8,55	8,29	8,68	7,91	Seragam
	8,03	8,29	8,68	7,91	Seragam
	8,25	8,29	8,68	7,91	Seragam
	8,45	8,29	8,68	7,91	Seragam
	8,09	8,29	8,68	7,91	Seragam
	8,45	8,29	8,68	7,91	Seragam
	8,12	8,29	8,68	7,91	Seragam
	8,15	8,29	8,68	7,91	Seragam
	8,53	8,29	8,68	7,91	Seragam
	8,32	8,29	8,68	7,91	Seragam
Proses	3,25	3,15	3,27	3,02	Seragam

<i>Finishing</i>	3,13	3,15	3,27	3,02	Seragam
	3,16	3,15	3,27	3,02	Seragam
	3,11	3,15	3,27	3,02	Seragam
	3,12	3,15	3,27	3,02	Seragam
	3,21	3,15	3,27	3,02	Seragam
	3,09	3,15	3,27	3,02	Seragam
	3,04	3,15	3,27	3,02	Seragam
	3,19	3,15	3,27	3,02	Seragam
	3,15	3,15	3,27	3,02	Seragam

Tabel 4.21 Rekapitulasi Keseragaman Data *Job B*

Work Center	Data Job B	Mean	BKA	BKB	Keterangan
Membuat motif	4,46	4,52	4,60	4,44	Seragam
	4,51	4,52	4,60	4,44	Seragam
	4,57	4,52	4,60	4,44	Seragam
	4,55	4,52	4,60	4,44	Seragam
	4,58	4,52	4,60	4,44	Seragam
	4,48	4,52	4,60	4,44	Seragam
	4,51	4,52	4,60	4,44	Seragam
	4,52	4,52	4,60	4,44	Seragam
	4,49	4,52	4,60	4,44	Seragam
Proses mencanting	4,54	4,52	4,60	4,44	Seragam
	6,27	6,33	6,60	6,06	Seragam
	6,42	6,33	6,60	6,06	Seragam
	6,41	6,33	6,60	6,06	Seragam
	6,12	6,33	6,60	6,06	Seragam
	6,13	6,33	6,60	6,06	Seragam
	6,51	6,33	6,60	6,06	Seragam
	6,42	6,33	6,60	6,06	Seragam
	6,24	6,33	6,60	6,06	Seragam
	6,46	6,33	6,60	6,06	Seragam
6,31	6,33	6,60	6,06	Seragam	
Proses mewarnai	35,37	35,42	35,63	35,22	Seragam
	35,31	35,42	35,63	35,22	Seragam
	35,46	35,42	35,63	35,22	Seragam
	35,25	35,42	35,63	35,22	Seragam
	35,53	35,42	35,63	35,22	Seragam
	35,43	35,42	35,63	35,22	Seragam
	35,33	35,42	35,63	35,22	Seragam
	35,52	35,42	35,63	35,22	Seragam
	35,54	35,42	35,63	35,22	Seragam

	35,48	35,42	35,63	35,22	Seragam
Proses fiksasi	5,45	5,29	5,54	5,04	Seragam
	5,32	5,29	5,54	5,04	Seragam
	5,22	5,29	5,54	5,04	Seragam
	5,38	5,29	5,54	5,04	Seragam
	5,13	5,29	5,54	5,04	Seragam
	5,33	5,29	5,54	5,04	Seragam
	5,19	5,29	5,54	5,04	Seragam
	5,47	5,29	5,54	5,04	Seragam
	5,12	5,29	5,54	5,04	Seragam
	5,27	5,29	5,54	5,04	Seragam
Proses nglorod	10,29	10,26	10,56	9,97	Seragam
	10,23	10,26	10,56	9,97	Seragam
	10,45	10,26	10,56	9,97	Seragam
	10,39	10,26	10,56	9,97	Seragam
	10,05	10,26	10,56	9,97	Seragam
	10,15	10,26	10,56	9,97	Seragam
	10,19	10,26	10,56	9,97	Seragam
	10,51	10,26	10,56	9,97	Seragam
	10,22	10,26	10,56	9,97	Seragam
	10,14	10,26	10,56	9,97	Seragam
Proses penjemuran	122,23	121,45	122,72	120,17	Seragam
	121,43	121,45	122,72	120,17	Seragam
	121,55	121,45	122,72	120,17	Seragam
	122,24	121,45	122,72	120,17	Seragam
	121,43	121,45	122,72	120,17	Seragam
	120,59	121,45	122,72	120,17	Seragam
	120,40	121,45	122,72	120,17	Seragam
	121,19	121,45	122,72	120,17	Seragam
	121,26	121,45	122,72	120,17	Seragam
	122,13	121,45	122,72	120,17	Seragam
Proses kreasi batik	3,33	3,21	3,35	3,07	Seragam
	3,24	3,21	3,35	3,07	Seragam
	3,25	3,21	3,35	3,07	Seragam
	3,23	3,21	3,35	3,07	Seragam
	3,14	3,21	3,35	3,07	Seragam
	3,27	3,21	3,35	3,07	Seragam
	3,22	3,21	3,35	3,07	Seragam
	3,12	3,21	3,35	3,07	Seragam
	3,21	3,21	3,35	3,07	Seragam
	3,11	3,21	3,35	3,07	Seragam
Proses	10,45	10,32	10,65	9,99	Seragam

menjahit	10,33	10,32	10,65	9,99	Seragam
	10,25	10,32	10,65	9,99	Seragam
	10,45	10,32	10,65	9,99	Seragam
	10,09	10,32	10,65	9,99	Seragam
	10,45	10,32	10,65	9,99	Seragam
	10,22	10,32	10,65	9,99	Seragam
	10,54	10,32	10,65	9,99	Seragam
	10,38	10,32	10,65	9,99	Seragam
	10,05	10,32	10,65	9,99	Seragam
Proses finishing	3,24	3,17	3,25	3,09	Seragam
	3,15	3,17	3,25	3,09	Seragam
	3,13	3,17	3,25	3,09	Seragam
	3,14	3,17	3,25	3,09	Seragam
	3,16	3,17	3,25	3,09	Seragam
	3,19	3,17	3,25	3,09	Seragam
	3,11	3,17	3,25	3,09	Seragam
	3,21	3,17	3,25	3,09	Seragam
	3,19	3,17	3,25	3,09	Seragam
3,16	3,17	3,25	3,09	Seragam	

Tabel 4.22 Rekapitulasi Keseragaman Data Job C

<i>Work Center</i>	<i>Data Job C</i>	<i>Mean</i>	BKA	BKB	Keterangan
Membuat motif	5,01	4,68	5,14	4,22	Seragam
	5,00	4,68	5,14	4,22	Seragam
	4,58	4,68	5,14	4,22	Seragam
	4,55	4,68	5,14	4,22	Seragam
	4,54	4,68	5,14	4,22	Seragam
	4,54	4,68	5,14	4,22	Seragam
	4,51	4,68	5,14	4,22	Seragam
	4,52	4,68	5,14	4,22	Seragam
	4,51	4,68	5,14	4,22	Seragam
	5,02	4,68	5,14	4,22	Seragam
Proses mencanting	6,41	6,52	6,66	6,38	Seragam
	6,55	6,52	6,66	6,38	Seragam
	6,44	6,52	6,66	6,38	Seragam
	6,55	6,52	6,66	6,38	Seragam
	6,59	6,52	6,66	6,38	Seragam
	6,51	6,52	6,66	6,38	Seragam
	6,42	6,52	6,66	6,38	Seragam
	6,57	6,52	6,66	6,38	Seragam
	6,55	6,52	6,66	6,38	Seragam

	6,59	6,52	6,66	6,38	Seragam
Proses mewarnai	35,32	35,56	36,19	34,94	Seragam
	35,33	35,56	36,19	34,94	Seragam
	36,02	35,56	36,19	34,94	Seragam
	35,42	35,56	36,19	34,94	Seragam
	36,01	35,56	36,19	34,94	Seragam
	35,43	35,56	36,19	34,94	Seragam
	35,33	35,56	36,19	34,94	Seragam
	36,00	35,56	36,19	34,94	Seragam
	35,44	35,56	36,19	34,94	Seragam
	35,34	35,56	36,19	34,94	Seragam
Proses fiksasi	5,22	5,26	5,38	5,13	Seragam
	5,29	5,26	5,38	5,13	Seragam
	5,27	5,26	5,38	5,13	Seragam
	5,31	5,26	5,38	5,13	Seragam
	5,15	5,26	5,38	5,13	Seragam
	5,33	5,26	5,38	5,13	Seragam
	5,19	5,26	5,38	5,13	Seragam
	5,33	5,26	5,38	5,13	Seragam
	5,29	5,26	5,38	5,13	Seragam
	5,21	5,26	5,38	5,13	Seragam
Proses nglorod	10,59	10,66	11,16	10,15	Seragam
	11,01	10,66	11,16	10,15	Seragam
	10,45	10,66	11,16	10,15	Seragam
	10,39	10,66	11,16	10,15	Seragam
	10,56	10,66	11,16	10,15	Seragam
	11,03	10,66	11,16	10,15	Seragam
	10,49	10,66	11,16	10,15	Seragam
	10,51	10,66	11,16	10,15	Seragam
	10,53	10,66	11,16	10,15	Seragam
	11,00	10,66	11,16	10,15	Seragam
Proses penjemuran	121,55	121,55	122,62	120,48	Seragam
	121,45	121,55	122,62	120,48	Seragam
	121,55	121,55	122,62	120,48	Seragam
	122,24	121,55	122,62	120,48	Seragam
	121,33	121,55	122,62	120,48	Seragam
	120,59	121,55	122,62	120,48	Seragam
	121,40	121,55	122,62	120,48	Seragam
	121,59	121,55	122,62	120,48	Seragam
	121,26	121,55	122,62	120,48	Seragam
	122,55	121,55	122,62	120,48	Seragam
Proses kreasi	4,27	4,22	4,32	4,11	Seragam

batik	4,24	4,22	4,32	4,11	Seragam
	4,25	4,22	4,32	4,11	Seragam
	4,23	4,22	4,32	4,11	Seragam
	4,14	4,22	4,32	4,11	Seragam
	4,27	4,22	4,32	4,11	Seragam
	4,22	4,22	4,32	4,11	Seragam
	4,12	4,22	4,32	4,11	Seragam
	4,20	4,22	4,32	4,11	Seragam
	4,21	4,22	4,32	4,11	Seragam
Proses menjahit	11,55	11,73	12,40	11,05	Seragam
	12,09	11,73	12,40	11,05	Seragam
	11,45	11,73	12,40	11,05	Seragam
	11,45	11,73	12,40	11,05	Seragam
	12,09	11,73	12,40	11,05	Seragam
	11,45	11,73	12,40	11,05	Seragam
	12,22	11,73	12,40	11,05	Seragam
	11,54	11,73	12,40	11,05	Seragam
	11,38	11,73	12,40	11,05	Seragam
12,05	11,73	12,40	11,05	Seragam	
Proses finishing	3,19	3,19	3,23	3,14	Seragam
	3,17	3,19	3,23	3,14	Seragam
	3,21	3,19	3,23	3,14	Seragam
	3,23	3,19	3,23	3,14	Seragam
	3,16	3,19	3,23	3,14	Seragam
	3,19	3,19	3,23	3,14	Seragam
	3,21	3,19	3,23	3,14	Seragam
	3,19	3,19	3,23	3,14	Seragam
	3,16	3,19	3,23	3,14	Seragam
	3,18	3,19	3,23	3,14	Seragam

Tabel 4.23 Rekapitulasi Keseragaman Data Job D

Work Center	Data Job D	Mean	BKA	BKB	Keterangan
Membuat motif	4,49	4,50	4,55	4,46	Seragam
	4,48	4,50	4,55	4,46	Seragam
	4,51	4,50	4,55	4,46	Seragam
	4,49	4,50	4,55	4,46	Seragam
	4,54	4,50	4,55	4,46	Seragam
	4,48	4,50	4,55	4,46	Seragam
	4,51	4,50	4,55	4,46	Seragam
	4,54	4,50	4,55	4,46	Seragam
	4,49	4,50	4,55	4,46	Seragam

	4,51	4,50	4,55	4,46	Seragam
Proses mencanting	6,12	6,27	6,54	5,99	Seragam
	6,13	6,27	6,54	5,99	Seragam
	6,42	6,27	6,54	5,99	Seragam
	6,24	6,27	6,54	5,99	Seragam
	6,46	6,27	6,54	5,99	Seragam
	6,31	6,27	6,54	5,99	Seragam
	6,41	6,27	6,54	5,99	Seragam
	6,12	6,27	6,54	5,99	Seragam
	6,13	6,27	6,54	5,99	Seragam
	6,31	6,27	6,54	5,99	Seragam
Proses mewarnai	35,33	35,43	35,65	35,22	Seragam
	35,52	35,43	35,65	35,22	Seragam
	35,54	35,43	35,65	35,22	Seragam
	35,48	35,43	35,65	35,22	Seragam
	35,53	35,43	35,65	35,22	Seragam
	35,31	35,43	35,65	35,22	Seragam
	35,46	35,43	35,65	35,22	Seragam
	35,25	35,43	35,65	35,22	Seragam
	35,53	35,43	35,65	35,22	Seragam
	35,39	35,43	35,65	35,22	Seragam
Proses fiksasi	5,38	5,26	5,47	5,05	Seragam
	5,13	5,26	5,47	5,05	Seragam
	5,33	5,26	5,47	5,05	Seragam
	5,12	5,26	5,47	5,05	Seragam
	5,32	5,26	5,47	5,05	Seragam
	5,22	5,26	5,47	5,05	Seragam
	5,38	5,26	5,47	5,05	Seragam
	5,13	5,26	5,47	5,05	Seragam
	5,33	5,26	5,47	5,05	Seragam
	5,28	5,26	5,47	5,05	Seragam
Proses nglorod	10,45	10,23	10,56	9,90	Seragam
	10,39	10,23	10,56	9,90	Seragam
	10,05	10,23	10,56	9,90	Seragam
	10,15	10,23	10,56	9,90	Seragam
	10,05	10,23	10,56	9,90	Seragam
	10,15	10,23	10,56	9,90	Seragam
	10,19	10,23	10,56	9,90	Seragam
	10,51	10,23	10,56	9,90	Seragam
	10,22	10,23	10,56	9,90	Seragam
	10,14	10,23	10,56	9,90	Seragam
Proses	121,43	121,32	122,36	120,29	Seragam

penjemuran	120,59	121,32	122,36	120,29	Seragam
	120,40	121,32	122,36	120,29	Seragam
	121,19	121,32	122,36	120,29	Seragam
	121,43	121,32	122,36	120,29	Seragam
	121,55	121,32	122,36	120,29	Seragam
	121,43	121,32	122,36	120,29	Seragam
	121,55	121,32	122,36	120,29	Seragam
	122,24	121,32	122,36	120,29	Seragam
	121,43	121,32	122,36	120,29	Seragam
Proses kreasi batik	4,24	4,25	4,27	4,22	Seragam
	4,25	4,25	4,27	4,22	Seragam
	4,23	4,25	4,27	4,22	Seragam
	4,24	4,25	4,27	4,22	Seragam
	4,27	4,25	4,27	4,22	Seragam
	4,24	4,25	4,27	4,22	Seragam
	4,27	4,25	4,27	4,22	Seragam
	4,24	4,25	4,27	4,22	Seragam
	4,25	4,25	4,27	4,22	Seragam
4,23	4,25	4,27	4,22	Seragam	
Proses menjahit	11,45	11,73	12,41	11,04	Seragam
	12,09	11,73	12,41	11,04	Seragam
	11,45	11,73	12,41	11,04	Seragam
	12,22	11,73	12,41	11,04	Seragam
	11,54	11,73	12,41	11,04	Seragam
	12,09	11,73	12,41	11,04	Seragam
	11,45	11,73	12,41	11,04	Seragam
	11,45	11,73	12,41	11,04	Seragam
	12,09	11,73	12,41	11,04	Seragam
11,45	11,73	12,41	11,04	Seragam	
Proses finishing	3,16	3,19	3,24	3,14	Seragam
	3,19	3,19	3,24	3,14	Seragam
	3,21	3,19	3,24	3,14	Seragam
	3,17	3,19	3,24	3,14	Seragam
	3,21	3,19	3,24	3,14	Seragam
	3,23	3,19	3,24	3,14	Seragam
	3,16	3,19	3,24	3,14	Seragam
	3,19	3,19	3,24	3,14	Seragam
	3,21	3,19	3,24	3,14	Seragam
3,18	3,19	3,24	3,14	Seragam	

Tabel 4.24 Rekapitulasi Keseragaman Data Job E

Work Center	Data Job E	Mean	BKA	BKB	Keterangan
Membuat motif	5,01	5,01	5,03	4,99	Seragam
	5,00	5,01	5,03	4,99	Seragam
	5,01	5,01	5,03	4,99	Seragam
	5,03	5,01	5,03	4,99	Seragam
	5,01	5,01	5,03	4,99	Seragam
	5,01	5,01	5,03	4,99	Seragam
	5,01	5,01	5,03	4,99	Seragam
	5,03	5,01	5,03	4,99	Seragam
	5,01	5,01	5,03	4,99	Seragam
	5,02	5,01	5,03	4,99	Seragam
Proses mencanting	7,04	7,28	7,70	6,87	Seragam
	7,56	7,28	7,70	6,87	Seragam
	7,11	7,28	7,70	6,87	Seragam
	7,12	7,28	7,70	6,87	Seragam
	7,58	7,28	7,70	6,87	Seragam
	7,44	7,28	7,70	6,87	Seragam
	7,43	7,28	7,70	6,87	Seragam
	7,33	7,28	7,70	6,87	Seragam
	7,11	7,28	7,70	6,87	Seragam
7,12	7,28	7,70	6,87	Seragam	
Proses mewarnai	37,55	38,62	40,00	37,25	Seragam
	38,56	38,62	40,00	37,25	Seragam
	39,15	38,62	40,00	37,25	Seragam
	39,19	38,62	40,00	37,25	Seragam
	39,19	38,62	40,00	37,25	Seragam
	38,53	38,62	40,00	37,25	Seragam
	39,19	38,62	40,00	37,25	Seragam
	38,53	38,62	40,00	37,25	Seragam
	37,33	38,62	40,00	37,25	Seragam
	39,02	38,62	40,00	37,25	Seragam
Proses fiksasi	5,38	5,26	5,62	4,89	Seragam
	5,05	5,26	5,62	4,89	Seragam
	5,15	5,26	5,62	4,89	Seragam
	5,35	5,26	5,62	4,89	Seragam
	5,22	5,26	5,62	4,89	Seragam
	5,54	5,26	5,62	4,89	Seragam
	5,15	5,26	5,62	4,89	Seragam
	5,19	5,26	5,62	4,89	Seragam
	5,51	5,26	5,62	4,89	Seragam

	5,02	5,26	5,62	4,89	Seragam
Proses nglorod	10,38	10,32	10,71	9,94	Seragam
	10,05	10,32	10,71	9,94	Seragam
	10,19	10,32	10,71	9,94	Seragam
	10,51	10,32	10,71	9,94	Seragam
	10,02	10,32	10,71	9,94	Seragam
	10,54	10,32	10,71	9,94	Seragam
	10,38	10,32	10,71	9,94	Seragam
	10,22	10,32	10,71	9,94	Seragam
	10,54	10,32	10,71	9,94	Seragam
	10,38	10,32	10,71	9,94	Seragam
Proses penjemuran	120,42	121,09	122,42	119,75	Seragam
	120,59	121,09	122,42	119,75	Seragam
	121,08	121,09	122,42	119,75	Seragam
	121,12	121,09	122,42	119,75	Seragam
	122,23	121,09	122,42	119,75	Seragam
	120,59	121,09	122,42	119,75	Seragam
	121,08	121,09	122,42	119,75	Seragam
	121,12	121,09	122,42	119,75	Seragam
	122,23	121,09	122,42	119,75	Seragam
	120,42	121,09	122,42	119,75	Seragam
Proses kreasi batik	2,05	2,03	2,06	2,00	Seragam
	2,03	2,03	2,06	2,00	Seragam
	2,01	2,03	2,06	2,00	Seragam
	2,05	2,03	2,06	2,00	Seragam
	2,03	2,03	2,06	2,00	Seragam
	2,01	2,03	2,06	2,00	Seragam
	2,02	2,03	2,06	2,00	Seragam
	2,05	2,03	2,06	2,00	Seragam
	2,03	2,03	2,06	2,00	Seragam
	2,01	2,03	2,06	2,00	Seragam
Proses menjahit	8,12	8,21	8,40	8,01	Seragam
	8,15	8,21	8,40	8,01	Seragam
	8,29	8,21	8,40	8,01	Seragam
	8,33	8,21	8,40	8,01	Seragam
	8,09	8,21	8,40	8,01	Seragam
	8,25	8,21	8,40	8,01	Seragam
	8,28	8,21	8,40	8,01	Seragam
	8,09	8,21	8,40	8,01	Seragam
	8,33	8,21	8,40	8,01	Seragam
	8,15	8,21	8,40	8,01	Seragam
Proses	3,19	3,14	3,20	3,09	Seragam

<i>finishing</i>	3,15	3,14	3,20	3,09	Seragam
	3,16	3,14	3,20	3,09	Seragam
	3,11	3,14	3,20	3,09	Seragam
	3,12	3,14	3,20	3,09	Seragam
	3,15	3,14	3,20	3,09	Seragam
	3,16	3,14	3,20	3,09	Seragam
	3,13	3,14	3,20	3,09	Seragam
	3,16	3,14	3,20	3,09	Seragam
	3,11	3,14	3,20	3,09	Seragam

Tabel 4.25 Rekapitulasi Keseragaman Data *Job F*

Work Center	Data Job F	Mean	BKA	BKB	Keterangan
Membuat motif	5,03	5,03	5,06	5,00	Seragam
	5,01	5,03	5,06	5,00	Seragam
	5,02	5,03	5,06	5,00	Seragam
	5,03	5,03	5,06	5,00	Seragam
	5,05	5,03	5,06	5,00	Seragam
	5,04	5,03	5,06	5,00	Seragam
	5,06	5,03	5,06	5,00	Seragam
	5,03	5,03	5,06	5,00	Seragam
	5,01	5,03	5,06	5,00	Seragam
Proses mencanting	5,02	5,03	5,06	5,00	Seragam
	7,22	7,24	7,45	7,03	Seragam
	7,35	7,24	7,45	7,03	Seragam
	7,16	7,24	7,45	7,03	Seragam
	7,14	7,24	7,45	7,03	Seragam
	7,28	7,24	7,45	7,03	Seragam
	7,25	7,24	7,45	7,03	Seragam
	7,41	7,24	7,45	7,03	Seragam
	7,33	7,24	7,45	7,03	Seragam
	7,11	7,24	7,45	7,03	Seragam
7,12	7,24	7,45	7,03	Seragam	
Proses mewarnai	38,53	38,62	40,00	37,25	Seragam
	37,33	38,62	40,00	37,25	Seragam
	39,02	38,62	40,00	37,25	Seragam
	39,19	38,62	40,00	37,25	Seragam
	39,19	38,62	40,00	37,25	Seragam
	38,53	38,62	40,00	37,25	Seragam
	37,55	38,62	40,00	37,25	Seragam
	38,56	38,62	40,00	37,25	Seragam
	39,15	38,62	40,00	37,25	Seragam

	39,19	38,62	40,00	37,25	Seragam
Proses fiksasi	5,35	5,26	5,43	5,09	Seragam
	5,22	5,26	5,43	5,09	Seragam
	5,15	5,26	5,43	5,09	Seragam
	5,19	5,26	5,43	5,09	Seragam
	5,38	5,26	5,43	5,09	Seragam
	5,35	5,26	5,43	5,09	Seragam
	5,22	5,26	5,43	5,09	Seragam
	5,35	5,26	5,43	5,09	Seragam
	5,22	5,26	5,43	5,09	Seragam
	5,19	5,26	5,43	5,09	Seragam
Proses nglorod	10,22	10,25	10,63	9,86	Seragam
	10,54	10,25	10,63	9,86	Seragam
	10,38	10,25	10,63	9,86	Seragam
	10,05	10,25	10,63	9,86	Seragam
	10,38	10,25	10,63	9,86	Seragam
	10,05	10,25	10,63	9,86	Seragam
	10,15	10,25	10,63	9,86	Seragam
	10,19	10,25	10,63	9,86	Seragam
	10,51	10,25	10,63	9,86	Seragam
	10,02	10,25	10,63	9,86	Seragam
Proses penjemuran	121,08	121,30	122,34	120,26	Seragam
	121,12	121,30	122,34	120,26	Seragam
	122,23	121,30	122,34	120,26	Seragam
	121,12	121,30	122,34	120,26	Seragam
	122,23	121,30	122,34	120,26	Seragam
	120,59	121,30	122,34	120,26	Seragam
	121,08	121,30	122,34	120,26	Seragam
	121,12	121,30	122,34	120,26	Seragam
	121,19	121,30	122,34	120,26	Seragam
	121,22	121,30	122,34	120,26	Seragam
Proses kreasi batik	2,04	2,03	2,06	2,00	Seragam
	2,02	2,03	2,06	2,00	Seragam
	2,05	2,03	2,06	2,00	Seragam
	2,03	2,03	2,06	2,00	Seragam
	2,03	2,03	2,06	2,00	Seragam
	2,01	2,03	2,06	2,00	Seragam
	2,02	2,03	2,06	2,00	Seragam
	2,02	2,03	2,06	2,00	Seragam
	2,05	2,03	2,06	2,00	Seragam
	2,03	2,03	2,06	2,00	Seragam
Proses	16,34	16,05	17,20	14,91	Seragam

menjahit	16,25	16,05	17,20	14,91	Seragam
	15,42	16,05	17,20	14,91	Seragam
	16,48	16,05	17,20	14,91	Seragam
	17,09	16,05	17,20	14,91	Seragam
	15,58	16,05	17,20	14,91	Seragam
	15,55	16,05	17,20	14,91	Seragam
	16,08	16,05	17,20	14,91	Seragam
	15,31	16,05	17,20	14,91	Seragam
	16,44	16,05	17,20	14,91	Seragam
Proses finishing	3,19	3,20	3,23	3,16	Seragam
	3,21	3,20	3,23	3,16	Seragam
	3,19	3,20	3,23	3,16	Seragam
	3,23	3,20	3,23	3,16	Seragam
	3,22	3,20	3,23	3,16	Seragam
	3,21	3,20	3,23	3,16	Seragam
	3,19	3,20	3,23	3,16	Seragam
	3,18	3,20	3,23	3,16	Seragam
	3,19	3,20	3,23	3,16	Seragam
3,18	3,20	3,23	3,16	Seragam	

Tabel 4.26 Rekapitulasi Keseragaman Data Job G

Work Center	Data Job G	Mean	BKA	BKB	Keterangan
Membuat motif	5,05	5,04	5,07	5,01	Seragam
	5,03	5,04	5,07	5,01	Seragam
	5,05	5,04	5,07	5,01	Seragam
	5,04	5,04	5,07	5,01	Seragam
	5,06	5,04	5,07	5,01	Seragam
	5,03	5,04	5,07	5,01	Seragam
	5,07	5,04	5,07	5,01	Seragam
	5,02	5,04	5,07	5,01	Seragam
	5,03	5,04	5,07	5,01	Seragam
	5,05	5,04	5,07	5,01	Seragam
Proses mencanting	7,16	7,21	7,36	7,07	Seragam
	7,16	7,21	7,36	7,07	Seragam
	7,14	7,21	7,36	7,07	Seragam
	7,28	7,21	7,36	7,07	Seragam
	7,25	7,21	7,36	7,07	Seragam
	7,22	7,21	7,36	7,07	Seragam
	7,35	7,21	7,36	7,07	Seragam
	7,16	7,21	7,36	7,07	Seragam
	7,14	7,21	7,36	7,07	Seragam

	7,28	7,21	7,36	7,07	Seragam
Proses mewarnai	38,56	38,40	39,78	37,02	Seragam
	39,15	38,40	39,78	37,02	Seragam
	39,19	38,40	39,78	37,02	Seragam
	38,53	38,40	39,78	37,02	Seragam
	37,55	38,40	39,78	37,02	Seragam
	38,56	38,40	39,78	37,02	Seragam
	37,33	38,40	39,78	37,02	Seragam
	39,02	38,40	39,78	37,02	Seragam
	37,55	38,40	39,78	37,02	Seragam
	38,56	38,40	39,78	37,02	Seragam
Proses fiksasi	5,35	5,26	5,43	5,09	Seragam
	5,22	5,26	5,43	5,09	Seragam
	5,15	5,26	5,43	5,09	Seragam
	5,19	5,26	5,43	5,09	Seragam
	5,38	5,26	5,43	5,09	Seragam
	5,35	5,26	5,43	5,09	Seragam
	5,22	5,26	5,43	5,09	Seragam
	5,35	5,26	5,43	5,09	Seragam
	5,22	5,26	5,43	5,09	Seragam
	5,19	5,26	5,43	5,09	Seragam
Proses nglorod	10,15	10,38	10,68	10,08	Seragam
	10,19	10,38	10,68	10,08	Seragam
	10,51	10,38	10,68	10,08	Seragam
	10,51	10,38	10,68	10,08	Seragam
	10,38	10,38	10,68	10,08	Seragam
	10,54	10,38	10,68	10,08	Seragam
	10,38	10,38	10,68	10,08	Seragam
	10,22	10,38	10,68	10,08	Seragam
	10,54	10,38	10,68	10,08	Seragam
	10,38	10,38	10,68	10,08	Seragam
Proses penjemuran	122,23	121,18	122,42	119,93	Seragam
	120,59	121,18	122,42	119,93	Seragam
	121,08	121,18	122,42	119,93	Seragam
	121,12	121,18	122,42	119,93	Seragam
	121,19	121,18	122,42	119,93	Seragam
	121,12	121,18	122,42	119,93	Seragam
	122,23	121,18	122,42	119,93	Seragam
	120,42	121,18	122,42	119,93	Seragam
	120,59	121,18	122,42	119,93	Seragam
	121,19	121,18	122,42	119,93	Seragam
Proses kreasi	2,05	2,03	2,06	2,01	Seragam

batik	2,03	2,03	2,06	2,01	Seragam
	2,03	2,03	2,06	2,01	Seragam
	2,01	2,03	2,06	2,01	Seragam
	2,02	2,03	2,06	2,01	Seragam
	2,04	2,03	2,06	2,01	Seragam
	2,02	2,03	2,06	2,01	Seragam
	2,05	2,03	2,06	2,01	Seragam
	2,03	2,03	2,06	2,01	Seragam
	2,03	2,03	2,06	2,01	Seragam
Proses menjahit	16,44	16,03	16,95	15,11	Seragam
	16,34	16,03	16,95	15,11	Seragam
	16,25	16,03	16,95	15,11	Seragam
	15,42	16,03	16,95	15,11	Seragam
	16,08	16,03	16,95	15,11	Seragam
	15,30	16,03	16,95	15,11	Seragam
	16,44	16,03	16,95	15,11	Seragam
	16,34	16,03	16,95	15,11	Seragam
	16,25	16,03	16,95	15,11	Seragam
15,42	16,03	16,95	15,11	Seragam	
Proses finishing	3,21	3,20	3,23	3,17	Seragam
	3,19	3,20	3,23	3,17	Seragam
	3,18	3,20	3,23	3,17	Seragam
	3,19	3,20	3,23	3,17	Seragam
	3,19	3,20	3,23	3,17	Seragam
	3,21	3,20	3,23	3,17	Seragam
	3,19	3,20	3,23	3,17	Seragam
	3,23	3,20	3,23	3,17	Seragam
	3,22	3,20	3,23	3,17	Seragam
	3,19	3,20	3,23	3,17	Seragam

4.2.5 Perhitungan Waktu Proses

Selesai melakukan pengukuran *cycle time*, perhitungan uji kecukupan data, dan uji keseragaman data. Maka, data-data tersebut akan menjadi acuan untuk perhitungan berikutnya. Sebelum menghitung waktu proses, terlebih dahulu mencari waktu rata-rata (\bar{x}) pada setiap *work center* dengan rumus berikut:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (16)$$

Keterangan:

\bar{x} = Waktu rata-rata

$\sum x_i$ = Total waktu

n = Jumlah data

Berikut adalah perhitungan waktu rata-rata pada WC 1 Job A:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (17)$$

$$\bar{x} = \frac{(4,59 + 5,01 + 5,00 + 5,03 + 4,58 + 5,01 + 5,03 + 5,01 + 5,02 + 5,04)}{10}$$

$$\bar{x} = \frac{49,32}{10}$$

$$\bar{x} = 4,93$$

Adapun rekapitulasi waktu rata-rata seluruh *job* pada tiap *work center* adalah sebagai berikut:

Tabel 4.27 Rekapitulasi Waktu Rata-Rata

Job	Waktu Rata-Rata Work Center (menit)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	4,93	7,32	38,31	5,28	10,28	121,28	2,04	8,29	3,15
B	4,52	6,33	35,42	5,29	10,26	121,45	3,21	10,32	3,17
C	4,68	6,52	35,56	5,26	10,66	121,55	4,22	11,73	3,19
D	4,50	6,27	35,43	5,26	10,23	121,32	4,25	11,73	3,19
E	5,01	7,28	38,62	5,26	10,32	121,09	2,03	8,21	3,14
F	5,03	7,24	38,62	5,26	10,25	121,30	2,03	16,05	3,20
G	5,04	7,21	38,40	5,26	10,38	121,18	2,03	16,03	3,20

Dalam menghitung waktu proses, membutuhkan rata-rata *cycle time*, jumlah *order*, dan kapasitas mesin atau orang. Adapun rumusnya sebagai berikut:

$$\text{Waktu Proses} = \frac{\text{Waktu Rata-Rata} \times \text{Jumlah Order}}{\text{Kapasitas Per Proses}} \quad (18)$$

Berikut adalah contoh berupa perhitungan waktu proses dari:

$$\begin{aligned} \text{Job A Work Center 1} \rightarrow \text{Waktu Proses} &= \frac{4,93 \times 40}{5} \\ &= 39,4 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Job A Work Center 2} \rightarrow \text{Waktu Proses} &= \frac{7,32 \times 40}{5} \\ &= 58,6 \text{ menit} \end{aligned}$$

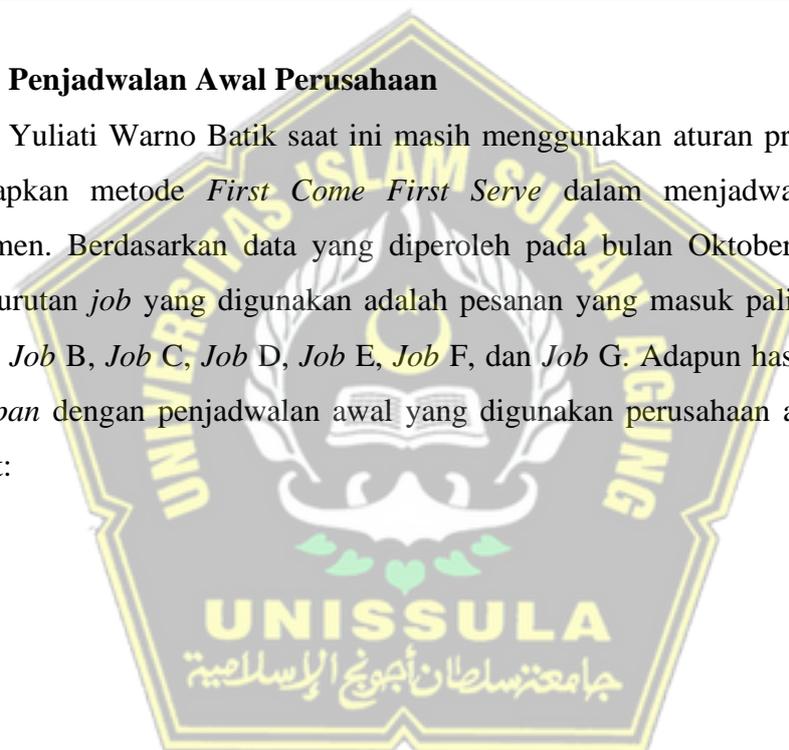
Adapun rekapitulasi waktu proses seluruh *job* pada tiap *work center* adalah sebagai berikut:

Tabel 4.28 Rekapitulasi Waktu Proses

Job	Waktu Proses <i>Work Center</i> (menit)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	39,4	58,6	306,5	105,6	137,1	1617,1	20,4	82,9	42,0
B	36,2	50,6	283,4	105,8	136,8	1619,3	32,1	103,2	42,3
C	32,8	45,6	248,9	92,1	124,4	1418,1	36,9	102,6	37,2
D	27,0	37,6	212,6	78,9	102,3	1213,2	31,9	88,0	31,9
E	55,1	80,1	424,8	144,7	189,2	2220,0	27,9	112,9	57,6
F	25,2	36,2	193,1	65,8	85,4	1010,8	12,7	100,3	26,7
G	30,2	43,3	230,4	78,9	103,8	1211,8	15,2	120,2	32,0

4.2.6 Penjadwalan Awal Perusahaan

Yuliati Warno Batik saat ini masih menggunakan aturan prioritas dengan menerapkan metode *First Come First Serve* dalam menjadwalkan pesanan konsumen. Berdasarkan data yang diperoleh pada bulan Oktober – November 2023, urutan *job* yang digunakan adalah pesanan yang masuk paling awal yaitu *Job A*, *Job B*, *Job C*, *Job D*, *Job E*, *Job F*, dan *Job G*. Adapun hasil perhitungan *makespan* dengan penjadwalan awal yang digunakan perusahaan adalah sebagai berikut:



Tabel 4.29 Perhitungan *Makespan* Penjadwalan Awal Perusahaan

<i>Job</i>	<i>Makespan WC 1 (menit)</i>			<i>Makespan WC 2 (menit)</i>			<i>Makespan WC 3 (menit)</i>			<i>Makespan WC 4 (menit)</i>		
	<i>Start Time</i>	<i>Processing Time</i>	<i>Completion Time</i>	<i>Start Time</i>	<i>Processing Time</i>	<i>Completion Time</i>	<i>Start Time</i>	<i>Processing Time</i>	<i>Completion Time</i>	<i>Start Time</i>	<i>Processing Time</i>	<i>Completion Time</i>
A	0	39,4	39,4	39,4	58,6	98,0	98,0	306,5	404,5	404,5	105,6	510,1
B	39,4	36,2	75,6	98,0	50,6	148,6	404,5	283,4	687,8	687,8	105,8	793,6
C	75,6	32,8	108,4	148,6	45,6	194,3	687,8	248,9	936,8	936,8	92,1	1028,8
D	108,4	27,0	135,4	194,3	37,6	231,9	936,8	212,6	1149,3	1149,3	78,9	1228,2
E	135,4	55,1	190,5	231,9	80,1	312,0	1149,3	424,8	1574,2	1574,2	144,7	1718,8
F	190,5	25,2	215,6	312,0	36,2	348,2	1574,2	193,1	1767,3	1767,3	65,8	1833,0
G	215,6	30,2	245,9	348,2	43,3	391,4	1767,3	230,4	1997,7	1997,7	78,9	2076,6

Tabel 4.30 Perhitungan *Makespan* Penjadwalan Awal Perusahaan (Lanjutan)

<i>Makespan WC 5 (menit)</i>			<i>Makespan WC 6 (menit)</i>			<i>Makespan WC 7 (menit)</i>			<i>Makespan WC 8 (menit)</i>			<i>Makespan WC 9 (menit)</i>		
<i>Start Time</i>	<i>Processing Time</i>	<i>Completion Time</i>	<i>Start Time</i>	<i>Processing Time</i>	<i>Completion Time</i>	<i>Start Time</i>	<i>Processing Time</i>	<i>Completion Time</i>	<i>Start Time</i>	<i>Processing Time</i>	<i>Completion Time</i>	<i>Start Time</i>	<i>Processing Time</i>	<i>Completion Time</i>
510,1	137,1	647,1	647,1	1617,1	2264,2	2264,2	20,4	2284,6	2284,6	82,9	2367,5	2367,5	42,0	2409,5
793,6	136,8	930,4	2264,2	1619,3	3983,5	3983,5	32,1	4015,6	4015,6	103,2	4118,8	4118,8	42,3	4161,1
1028,8	124,4	1153,2	3983,5	1418,1	5801,6	5801,6	36,9	5838,5	5838,5	102,6	5941,2	5941,2	37,2	5978,4
1228,2	102,3	1330,5	5801,6	1213,2	7214,8	7214,8	31,9	7246,7	7246,7	88,0	7334,7	7334,7	31,9	7366,6
1718,8	189,2	1908,0	7214,8	2220,0	9834,8	9834,8	27,9	9862,7	9862,7	112,9	9975,6	9975,6	57,6	10033,2
1908,0	85,4	1993,4	9834,8	1010,8	10945,6	10945,6	12,7	10958,3	10958,3	100,3	11058,6	11058,6	26,7	11085,3
2076,6	103,8	2180,4	10945,6	1211,8	12157,4	12157,4	15,2	12172,6	12172,6	120,2	12292,9	12292,9	32,0	12324,9

Total waktu penyelesaian proses produksi didapatkan dari akumulasi seluruh *job* pada tiap *work center* yang diperoleh setelah diketahui waktu prosesnya. Adapun penjabaran dalam menentukan nilai *makespan* nya adalah sebagai berikut:

$$c = (a + b) \quad (19)$$

Setiap *a* diambil dari hasil membandingkan nilai *c* terbesar, baik itu dari *c* pada WC yang sama sebelumnya maupun *c* pada WC yang berbeda sebelumnya.

Keterangan:

a = *Start Time*

b = *Processing Time*

c = *Completion Time*

Berikut contoh pengambilan data pada perhitungan nilai *makespan* tiap *work center*:

$$\begin{aligned} \text{Job A Makespan WC 1} &\rightarrow c = (0 + 39,4) \text{ menit} \\ &= 39,4 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Job A Makespan WC 2} &\rightarrow c = (39,4 + 58,6) \text{ menit} \\ &= 98,0 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Job B Makespan WC 1} &\rightarrow c = (39,4 + 36,2) \text{ menit} \\ &= 75,6 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Job B Makespan WC 2} &\rightarrow c = (98,0 + 50,6) \text{ menit} \\ &= 148,6 \text{ menit} \end{aligned}$$

**a* didapat dari *c* terbesar pada WC 2 sebelumnya (98,0), karena *c* pada WC 1 sebelumnya (75,6) bernilai lebih kecil.

Berdasarkan data aktual Yuliati Warno Batik pada bulan Oktober – November 2023 dengan urutan *job* yang digunakan yaitu A-B-C-D-E-F-G, maka total *makespan* yang dihasilkan sebesar 12324,9 menit atau 29,345 hari yang setara dengan 29 hari kerja.

4.2.7 Penjadwalan Usulan Metode CDS (*Campbell Dudeck Smith*)

Pada penjadwalan usulan, pendekatan *Campbell Dudeck Smith* digunakan untuk menjadwalkan produksi berdasarkan total proses produksi terminim. Pada tahun 1965, Campbell, Dudek, dan Smith merancang pendekatan CDS, yang

mereka gunakan untuk mengurutkan operasi terhadap m mesin. $t_{i,1}^k = t_{i,1}$ dan $t_{i,2}^k = t_{i,2}$ sebagai waktu proses pada mesin pertama dan mesin terakhir. Untuk urutan yang kedua dirumuskan dengan:

$$t_{i,1}^k = t_{i,1} + t_{i,2} \quad \text{dan} \quad t_{i,2}^k = t_{i,m} + t_{i,m-1} \quad (20)$$

Selengkapnya agar lebih jelas, dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 4.31 Iterasi Dua Mesin

k	$t_{i,1}^k$ (total mesin pertama)	$t_{i,2}^k$ (total mesin kedua)
1	$t_{i,1}$	t_{m+1-1}
2	$t_{i,1} + t_{i,2}$	$t_{m+1-1} + t_{m+1-2}$
3	$t_{i,1} + t_{i,2} + t_{i,3}$	$t_{m+1-1} + t_{m+1-2} + t_{m+1-3}$
...
$m-1$	$t_{i,1} + t_{i,2} + t_{i,3} \dots + t_{i,(m-1)}$	$t_{m+1-1} + t_{m+1-2} + t_{m+1-3} \dots + t_{m+1-(m-1)}$

Tabel iterasi (k) dari 1 hingga $m - 1$ digunakan dalam perhitungan, yang dimulai dengan $k = 1, 2, 3 \dots (m - 1)$.

Berikut beberapa simbol yang digunakan:

- k = Tahapan iterasi
- n = Jumlah *job* / pekerjaan
- m = Jumlah mesin / *work center*
- $t_{i,j}$ = Waktu pengerjaan *job* i pada mesin ke j
- $t_{i,1}$ = Waktu proses pada mesin pertama
- $t_{i,2}$ = Waktu proses pada mesin terakhir

Pendekatan CDS digunakan untuk mengatur 7 *job* di 9 *work center* terhadap *cycle time* atau waktu yang dibutuhkan untuk produksi pada penjadwalan ini. Rumus $k = m - 1$, dimana m adalah jumlah *work center* yang akan digunakan untuk menentukan jumlah kemungkinan urutan *job* dari iterasi atau pengujian berulang sampai mencapai hasil yang sesuai. Pada Yuliati Warno Batik memiliki 9 *work center*, sehingga:

$$k = m - 1 \quad \rightarrow \quad k = 9 - 1 = 8 \quad (21)$$

Dari hasil penentuan jumlah iterasi. Maka, iterasi yang akan dilakukan adalah sebanyak 8 iterasi.

Tabel 4.32 Waktu Proses 7 Job Pada 9 Work Center

Job	Waktu Proses Work Center (menit)								
	$t_{i,1}$	$t_{i,2}$	$t_{i,3}$	$t_{i,4}$	$t_{i,5}$	$t_{i,6}$	$t_{i,7}$	$t_{i,8}$	$t_{i,9}$
A	39,4	58,6	306,5	105,6	137,1	1617,1	20,4	82,9	42,0
B	36,2	50,6	283,4	105,8	136,8	1619,3	32,1	103,2	42,3
C	32,8	45,6	248,9	92,1	124,4	1418,1	36,9	102,6	37,2
D	27,0	37,6	212,6	78,9	102,3	1213,2	31,9	88,0	31,9
E	55,1	80,1	424,8	144,7	189,2	2220,0	27,9	112,9	57,6
F	25,2	36,2	193,1	65,8	85,4	1010,8	12,7	100,3	26,7
G	30,2	43,3	230,4	78,9	103,8	1211,8	15,2	120,2	32,0

1. Iterasi pertama ($k = 1$) dimulai dengan menentukan $t_{i,1}^1$ (waktu proses mesin pertama pada iterasi 1) dan $t_{i,2}^1$ (waktu proses mesin kedua pada iterasi 1). Pada $t_{i,1}^1$ diambil dari waktu proses work center $t_{i,1}$ dan untuk $t_{i,2}^1$ diambil dari waktu proses work center $t_{i,9}$.

$$t_{i,1}^k = \sum_{j=1}^k t_{i,j} \quad \text{dan} \quad t_{i,2}^k = \sum_{j=m+1-k}^m t_{i,j} \quad (22)$$

$$t_{i,1}^1 = t_{i,1} \quad t_{i,2}^1 = t_{i,9}$$

Tabel 4.33 Iterasi 1

Job	K = 1	
	$t_{i,1}^1 = t_{i,1}$	$t_{i,2}^1 = t_{i,9}$
A	39,4	42,0
B	36,2	42,3
C	32,8	37,2
D	27,0	31,9
E	55,1	57,6
F	25,2	26,7
G	30,2	32,0

Urutan job didapatkan dari nilai minimum $t_{i,1}^1$ dan $t_{i,2}^1$. Apabila nilai waktu terkecil terletak pada urutan $t_{i,1}^1$ (waktu proses mesin pertama pada iterasi 1) maka job diletakkan pada urutan paling awal. Apabila nilai waktu terkecil terletak pada urutan $t_{i,2}^1$ (waktu proses mesin kedua pada iterasi 1) maka job diletakkan pada urutan paling akhir. Berikut penjabaran penentuan salah satu alternatif urutan job dari semua waktu proses mulai yang terkecil hingga terbesar:

Tabel 4.34 Pengurutan Job

Urutan	$t_{i,1}^1$ & $t_{i,2}^1$	Keterangan
1	25,2	Urutan pertama terletak di $t_{i,1}$ pada Job F
2	26,7	Job sudah terpilih
3	27,0	Urutan kedua terletak di $t_{i,1}$ pada Job D
4	30,2	Urutan ketiga terletak di $t_{i,1}$ pada Job G
5	31,9	Job sudah terpilih
6	32,0	Job sudah terpilih
7	32,8	Urutan keempat terletak di $t_{i,1}$ pada Job C
8	36,2	Urutan kelima terletak di $t_{i,1}$ pada Job B
9	37,2	Job sudah terpilih
10	39,4	Urutan keenam terletak di $t_{i,1}$ pada Job A
11	42,0	Job sudah terpilih
12	42,3	Job sudah terpilih
13	55,1	Urutan ketujuh terletak di $t_{i,1}$ pada Job E
14	57,6	Job sudah terpilih

Diperoleh alternatif urutan job adalah dari $t_{i,1}$ semua, yang mana terletak di $t_{i,1}^1$ (waktu proses mesin pertama pada iterasi 1). Maka, pada iterasi 1 diperoleh alternatif urutan Job F-D-G-C-B-A-E.

2. Iterasi kedua ($k = 2$) dimulai dengan menentukan $t_{i,1}^2$ (waktu proses mesin pertama pada iterasi 2) dan $t_{i,2}^2$ (waktu proses mesin kedua pada iterasi 2). Pada $t_{i,1}^2$ diambil dari waktu proses work center $t_{i,1} + t_{i,2}$ dan untuk $t_{i,2}^2$ diambil dari waktu proses work center $t_{i,9} + t_{i,8}$.

$$t_{i,1}^k = \sum_{j=1}^k t_{i,j} \quad \text{dan} \quad t_{i,2}^k = \sum_{j=m+1-k}^m t_{i,j} \quad (23)$$

$$t_{i,1}^2 = t_{i,1} + t_{i,2} \quad t_{i,2}^2 = t_{i,9} + t_{i,8}$$

Tabel 4.35 Iterasi 2

Job	K = 2	
	$t_{i,1}^2 = t_{i,1} + t_{i,2}$	$t_{i,2}^2 = t_{i,9} + t_{i,8}$
A	98,0	124,9
B	86,8	145,5
C	78,4	139,9
D	64,6	119,9
E	135,2	170,5
F	61,4	127,0
G	73,5	152,2

Berdasarkan pengurutan, maka pada iterasi 2 diperoleh alternatif urutan *Job* F-D-G-C-B-A-E.

3. Iterasi ketiga ($k = 3$) dimulai dengan menentukan $t_{i,1}^3$ (waktu proses mesin pertama pada iterasi 3) dan $t_{i,2}^3$ (waktu proses mesin kedua pada iterasi 3). Pada $t_{i,1}^3$ diambil dari waktu proses *work center* $t_{i,1} + t_{i,2} + t_{i,3}$ dan untuk $t_{i,2}^3$ diambil dari waktu proses *work center* $t_{i,9} + t_{i,8} + t_{i,7}$.

$$t_{i,1}^k = \sum_{j=1}^k t_{i,j} \quad \text{dan} \quad t_{i,2}^k = \sum_{j=m+1-k}^m t_{i,j} \quad (24)$$

$$t_{i,1}^3 = t_{i,1} + t_{i,2} + t_{i,3} \quad t_{i,2}^3 = t_{i,9} + t_{i,8} + t_{i,7}$$

Tabel 4.36 Iterasi 3

<i>Job</i>	$K = 3$	
	$t_{i,1}^3 = t_{i,1} + t_{i,2} + t_{i,3}$	$t_{i,2}^3 = t_{i,9} + t_{i,8} + t_{i,7}$
A	404,5	145,3
B	370,2	177,6
C	327,3	176,8
D	277,2	151,8
E	560,0	198,4
F	254,5	139,7
G	303,9	167,5

Berdasarkan pengurutan, maka pada iterasi 3 diperoleh alternatif urutan *Job* E-B-C-G-D-A-F.

4. Iterasi keempat ($k = 4$) dimulai dengan menentukan $t_{i,1}^4$ (waktu proses mesin pertama pada iterasi 4) dan $t_{i,2}^4$ (waktu proses mesin kedua pada iterasi 4). Pada $t_{i,1}^4$ diambil dari waktu proses *work center* $t_{i,1} + t_{i,2} + t_{i,3} + t_{i,4}$ dan untuk $t_{i,2}^4$ diambil dari waktu proses *work center* $t_{i,9} + t_{i,8} + t_{i,7} + t_{i,6}$.

$$t_{i,1}^k = \sum_{j=1}^k t_{i,j} \quad \text{dan} \quad t_{i,2}^k = \sum_{j=m+1-k}^m t_{i,j} \quad (25)$$

$$t_{i,1}^4 = t_{i,1} + t_{i,2} + t_{i,3} + t_{i,4} \quad t_{i,2}^4 = t_{i,9} + t_{i,8} + t_{i,7} + t_{i,6}$$

Tabel 4.37 Iterasi 4

Job	K = 4	
	$t_{i,1}^4 = t_{i,1} + t_{i,2} + t_{i,3} + t_{i,4}$	$t_{i,2}^4 = t_{i,9} + t_{i,8} + t_{i,7} + t_{i,6}$
A	510,1	1762,4
B	476,0	1796,9
C	419,4	1594,9
D	356,1	1365,0
E	704,7	2418,4
F	320,2	1150,5
G	382,8	1379,3

Berdasarkan pengurutan, maka pada iterasi 4 diperoleh alternatif urutan Job F-D-G-C-B-A-E.

5. Iterasi kelima ($k = 5$) dimulai dengan menentukan $t_{i,1}^5$ (waktu proses mesin pertama pada iterasi 5) dan $t_{i,2}^5$ (waktu proses mesin kedua pada iterasi 5). Pada $t_{i,1}^5$ diambil dari waktu proses *work center* $t_{i,1} + t_{i,2} + t_{i,3} + t_{i,4} + t_{i,5}$ dan untuk $t_{i,2}^5$ diambil dari waktu proses *work center* $t_{i,9} + t_{i,8} + t_{i,7} + t_{i,6} + t_{i,5}$.

$$t_{i,1}^k = \sum_{j=1}^k t_{i,j} \quad \text{dan} \quad t_{i,2}^k = \sum_{j=m+1-k}^m t_{i,j} \quad (26)$$

$$t_{i,1}^5 = t_{i,1} + t_{i,2} + t_{i,3} + t_{i,4} + t_{i,5} \quad t_{i,2}^5 = t_{i,9} + t_{i,8} + t_{i,7} + t_{i,6} + t_{i,5}$$

Tabel 4.38 Iterasi 5

Job	K = 5	
	$t_{i,1}^5 = t_{i,1} + t_{i,2} + t_{i,3} + t_{i,4} + t_{i,5}$	$t_{i,2}^5 = t_{i,9} + t_{i,8} + t_{i,7} + t_{i,6} + t_{i,5}$
A	647,1	1899,4
B	612,8	1933,7
C	543,7	1719,2
D	458,4	1467,3
E	893,9	2607,6
F	405,6	1235,9
G	486,6	1483,1

Berdasarkan pengurutan, maka pada iterasi 5 diperoleh alternatif urutan Job F-D-G-C-B-A-E.

6. Iterasi keenam ($k = 6$) dimulai dengan menentukan $t_{i,1}^6$ (waktu proses mesin pertama pada iterasi 6) dan $t_{i,2}^6$ (waktu proses mesin kedua pada iterasi 6). Pada $t_{i,1}^6$ diambil dari waktu proses *work center* $t_{i,1} + t_{i,2} + t_{i,3} + t_{i,4} + t_{i,5} + t_{i,6}$ dan untuk $t_{i,2}^6$ diambil dari waktu proses *work center* $t_{i,9} + t_{i,8} + t_{i,7} + t_{i,6} + t_{i,5} + t_{i,4}$.

$$t_{i,1}^k = \sum_{j=1}^k t_{i,j} \quad \text{dan} \quad t_{i,2}^k = \sum_{j=m+1-k}^m t_{i,j} \quad (27)$$

$$t_{i,1}^6 = t_{i,1} + t_{i,2} + t_{i,3} + t_{i,4} + t_{i,5} + t_{i,6} \quad t_{i,2}^6 = t_{i,9} + t_{i,8} + t_{i,7} + t_{i,6} + t_{i,5} + t_{i,4}$$

Tabel 4.39 Iterasi 6

Job	K = 6	
	$t_{i,1}^6 = t_{i,1} + t_{i,2} + t_{i,3} + t_{i,4} + t_{i,5} + t_{i,6}$	$t_{i,2}^6 = t_{i,9} + t_{i,8} + t_{i,7} + t_{i,6} + t_{i,5} + t_{i,4}$
A	2264,2	2005,0
B	2232,1	2039,5
C	1961,8	1811,3
D	1671,6	1546,2
E	3113,8	2752,2
F	1416,5	1301,7
G	1698,4	1562,0

Berdasarkan pengurutan, maka pada iterasi 6 diperoleh alternatif urutan *Job* E-B-A-C-G-D-F.

7. Iterasi ketujuh ($k = 7$) dimulai dengan menentukan $t_{i,1}^7$ (waktu proses mesin pertama pada iterasi 7) dan $t_{i,2}^7$ (waktu proses mesin kedua pada iterasi 7). Pada $t_{i,1}^7$ diambil dari waktu proses *work center* $t_{i,1} + t_{i,2} + t_{i,3} + t_{i,4} + t_{i,5} + t_{i,6} + t_{i,7}$ dan untuk $t_{i,2}^7$ diambil dari waktu proses *work center* $t_{i,9} + t_{i,8} + t_{i,7} + t_{i,6} + t_{i,5} + t_{i,4} + t_{i,3}$.

$$t_{i,1}^k = \sum_{j=1}^k t_{i,j} \quad \text{dan} \quad t_{i,2}^k = \sum_{j=m+1-k}^m t_{i,j} \quad (28)$$

$$t_{i,1}^7 = t_{i,1} + t_{i,2} + t_{i,3} + t_{i,4} + t_{i,5} + t_{i,6} + t_{i,7} \quad t_{i,2}^7 = t_{i,9} + t_{i,8} + t_{i,7} + t_{i,6} + t_{i,5} + t_{i,4} + t_{i,3}$$

Tabel 4.40 Iterasi 7

Job	K = 7	
	$t_{i,1}^7 = t_{i,1} + t_{i,2} + t_{i,3} + t_{i,4} + t_{i,5} + t_{i,6} + t_{i,7}$	$t_{i,2}^7 = t_{i,9} + t_{i,8} + t_{i,7} + t_{i,6} + t_{i,5} + t_{i,4} + t_{i,3}$
A	2284,6	2311,5
B	2264,2	2322,9
C	1998,7	2060,2
D	1703,5	1758,7
E	3141,8	3177,0
F	1429,1	1494,8
G	1713,6	1792,4

Berdasarkan pengurutan, maka pada iterasi 7 diperoleh alternatif urutan Job F-D-G-C-B-A-E.

8. Iterasi kedelapan ($k = 8$) dimulai dengan menentukan $t_{i,1}^8$ (waktu proses mesin pertama pada iterasi 8) dan $t_{i,2}^8$ (waktu proses mesin kedua pada iterasi 8). Pada $t_{i,1}^8$ diambil dari waktu proses *work center* $t_{i,1} + t_{i,2} + t_{i,3} + t_{i,4} + t_{i,5} + t_{i,6} + t_{i,7} + t_{i,8}$ dan untuk $t_{i,2}^8$ diambil dari waktu proses *work center* $t_{i,9} + t_{i,8} + t_{i,7} + t_{i,6} + t_{i,5} + t_{i,4} + t_{i,3} + t_{i,2}$.

$$t_{i,1}^k = \sum_{j=1}^k t_{i,j} \quad \text{dan} \quad t_{i,2}^k = \sum_{j=m+1-k}^m t_{i,j} \quad (29)$$

$$t_{i,1}^8 = t_{i,1} + t_{i,2} + t_{i,3} + t_{i,4} + t_{i,5} + t_{i,6} + t_{i,7} + t_{i,8}$$

$$t_{i,2}^8 = t_{i,9} + t_{i,8} + t_{i,7} + t_{i,6} + t_{i,5} + t_{i,4} + t_{i,3} + t_{i,2}$$

Tabel 4.41 Iterasi 8

Job	K = 8	
	$t_{i,1}^8 = t_{i,1} + t_{i,2} + t_{i,3} + t_{i,4} + t_{i,5} + t_{i,6} + t_{i,7} + t_{i,8}$	$t_{i,2}^8 = t_{i,9} + t_{i,8} + t_{i,7} + t_{i,6} + t_{i,5} + t_{i,4} + t_{i,3} + t_{i,2}$
A	2367,5	2370,1
B	2367,4	2373,5
C	2101,4	2105,8
D	1791,5	1796,4
E	3254,6	3257,1
F	1529,5	1531,0
G	1833,9	1835,6

Berdasarkan pengurutan, maka pada iterasi 8 diperoleh alternatif urutan Job F-D-G-C-B-A-E.

Selain mendapatkan hasil perhitungan dengan delapan iterasi, diperoleh juga delapan alternatif urutan *Job* dengan penjadwalan CDS, yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.42 Alternatif Urutan *Job* Penjadwalan CDS

Iterasi	Alternatif Urutan <i>Job</i>	<i>Makespan</i>
1	F-D-G-C-B-A-E	10914,3
2	F-D-G-C-B-A-E	10914,3
3	E-B-C-G-D-A-F	11343,8
4	F-D-G-C-B-A-E	10914,3
5	F-D-G-C-B-A-E	10914,3
6	E-B-A-C-G-D-F	11343,8
7	F-D-G-C-B-A-E	10914,3
8	F-D-G-C-B-A-E	10914,3

Berdasarkan alternatif urutan *Job* diatas, diketahui bahwa iterasi dengan *makespan* terkecil terdapat pada iterasi 1, 2, 4, 5, 7 dan 8 dengan urutan *Job* F-D-G-C-B-A-E yang sama persis memiliki nilai *makespan* sebesar 10914,3 menit. Perhitungan total *makespan* dapat dilihat pada tabel berikut ini:



Tabel 4.43 Perhitungan Total *Makespan* Alternatif Urutan *Job* Terpilih

<i>Job</i>	<i>Makespan WC 1 (menit)</i>			<i>Makespan WC 2 (menit)</i>			<i>Makespan WC 3 (menit)</i>			<i>Makespan WC 4 (menit)</i>		
	<i>Start Time</i>	<i>Processing Time</i>	<i>Completion Time</i>	<i>Start Time</i>	<i>Processing Time</i>	<i>Completion Time</i>	<i>Start Time</i>	<i>Processing Time</i>	<i>Completion Time</i>	<i>Start Time</i>	<i>Processing Time</i>	<i>Completion Time</i>
F	0	25,2	25,2	25,2	36,2	61,4	61,4	193,1	254,5	254,5	65,8	320,2
D	25,2	27,0	52,2	61,4	37,6	99,0	254,5	212,6	467,0	467,0	78,9	545,9
G	52,2	30,2	82,4	99,0	43,3	142,2	467,0	230,4	697,4	697,4	78,9	776,3
C	82,4	32,8	115,2	142,2	45,6	187,9	697,4	248,9	946,4	946,4	92,1	1038,4
B	115,2	36,2	151,3	187,9	50,6	238,5	946,4	283,4	1229,7	1229,7	105,8	1335,5
A	151,3	39,4	190,8	238,5	58,6	297,1	1229,7	306,5	1536,2	1536,2	105,6	1641,8
E	190,8	55,1	245,9	297,1	80,1	377,2	1536,2	424,8	1961,0	1961,0	144,7	2105,7

Tabel 4.44 Perhitungan Total *Makespan* Alternatif Urutan *Job* Terpilih (Lanjutan)

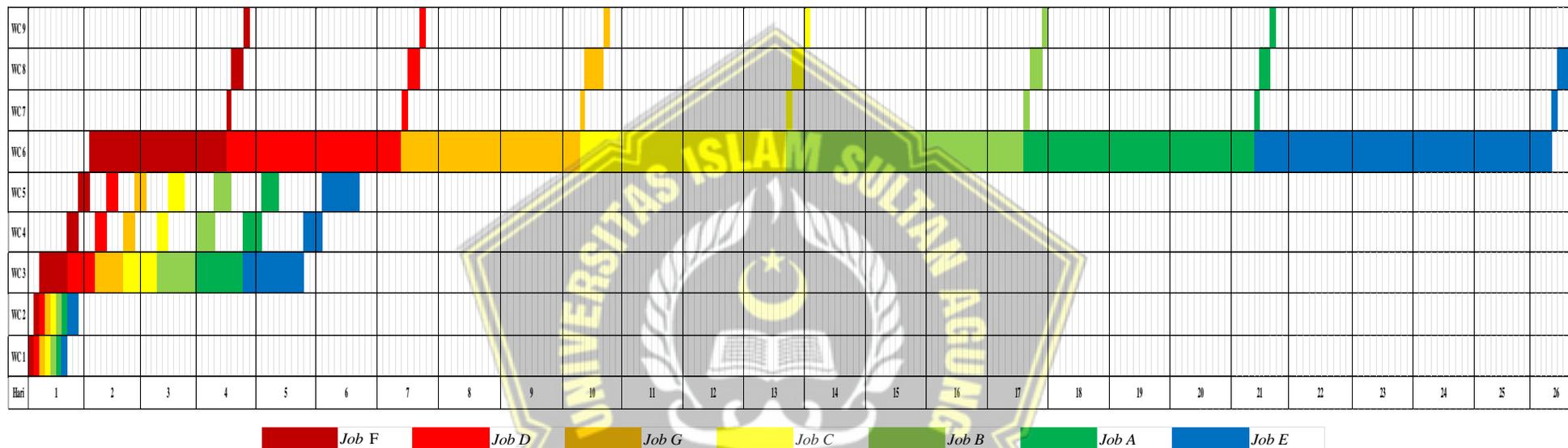
<i>Makespan WC 5 (menit)</i>			<i>Makespan WC 6 (menit)</i>			<i>Makespan WC 7 (menit)</i>			<i>Makespan WC 8 (menit)</i>			<i>Makespan WC 9 (menit)</i>		
<i>Start Time</i>	<i>Processing Time</i>	<i>Completion Time</i>	<i>Start Time</i>	<i>Processing Time</i>	<i>Completion Time</i>	<i>Start Time</i>	<i>Processing Time</i>	<i>Completion Time</i>	<i>Start Time</i>	<i>Processing Time</i>	<i>Completion Time</i>	<i>Start Time</i>	<i>Processing Time</i>	<i>Completion Time</i>
320,2	85,4	405,6	405,6	1010,8	1416,5	1416,5	12,7	1429,1	1429,1	100,3	1529,5	1529,5	26,7	1556,1
545,9	102,3	648,2	1416,5	1213,2	2629,7	2629,7	31,9	2661,5	2661,5	88,0	2749,5	2749,5	31,9	2781,4
776,3	103,8	880,1	2629,7	1211,8	3841,5	3841,5	15,2	3856,7	3856,7	120,2	3976,9	3976,9	32,0	4008,9
1038,4	124,4	1162,8	3841,5	1418,1	5259,5	5259,5	36,9	5296,5	5296,5	102,6	5399,1	5399,1	37,2	5436,3
1335,5	136,8	1472,3	5259,5	1619,3	6878,9	6878,9	32,1	6911,0	6911,0	103,2	7014,2	7014,2	42,3	7056,4
1641,8	137,1	1778,9	6878,9	1617,1	8495,9	8495,9	20,4	8516,3	8516,3	82,9	8599,2	8599,2	42,0	8641,2
2105,7	189,2	2294,9	8495,9	2220,0	10715,9	10715,9	27,9	10743,8	10743,8	112,9	10856,7	10856,7	57,6	10914,3

Berdasarkan perhitungan penjadwalan menggunakan metode *Campbell Dudeck Smith* (CDS), diperoleh alternatif urutan *job* yang terpilih adalah F-D-G-C-B-A-E dengan total *makespan* sebesar 10914,3 menit atau 25,986 hari atau setara dengan 26 hari kerja. Selanjutnya akan dilakukan penyusunan *ganttt chart* guna kebutuhan visualisasi hasil penjadwalan yang diusulkan agar mudah dibaca oleh perusahaan. Adapun langkah untuk mempermudah pembuatan *ganttt chart* adalah dengan melakukan konversi waktu ke satuan menit dalam bentuk satuan hari, dimana estimasi waktu bekerja dalam sehari adalah 8 jam. Berikut merupakan contoh perhitungan konversi waktu dari satuan menit ke hari pada WC 1 Job A.

$$\begin{aligned} \text{Waktu Kerja Per Hari} &= \text{Waktu Kerja} - \text{Waktu Istirahat} & (30) \\ &= 8 \text{ jam} - 1 \text{ jam} \\ &= 7 \text{ jam} \approx 420 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu Proses (hari)} &= \frac{\text{Waktu Proses (menit)}}{\text{Waktu Kerja Per Hari (menit)}} & (31) \\ &= \frac{25,2 \text{ menit}}{420 \text{ menit}} \\ &= 0,060 \text{ hari} \approx 0,1 \text{ hari} \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan penentuan masing-masing waktu proses dalam satuan hari, adapun hasil rekapitulasi perhitungannya langsung diimplementasikan dalam visualisasi *ganttt chart* berikut ini:



Gambar 4.25 Gantt Chart Penjadwalan Usulan (CDS)

4.3 Analisis dan Interpretasi

Berikut adalah analisis serta interpretasi terhadap hasil penjadwalan awal perusahaan yaitu *First Come First Serve* (FCFS) serta penjadwalan usulan dengan metode *Campbell Dudeck Smith* (CDS).

4.3.1 Analisis Penjadwalan Awal Perusahaan

Berbasis data riil penjadwalan Yuliati Warno Batik pada bulan Oktober – November 2023 didapati urutan *job* yang digunakan perusahaan adalah A-B-C-D-E-F-G. Perusahaan melakukan penjadwalan dengan menerapkan aturan prioritas *First Come First Serve* (FCFS), dimana pesanan yang lebih awal datang akan lebih dulu diproses. Namun, penerapan aturan tersebut tidak dibarengi dengan adanya perhitungan yang pasti, hanya mengandalkan perkiraan. Terbukti pada pemesanan paket kreasi batik yang seharusnya pengerjaan selesai selama 27 hari kerja yaitu dari 16 Oktober – 15 November 2023 yang terhitung 6 hari kerja perminggunya, akan tetapi tidak sesuai target. Karena pada perhitungan yang telah dilakukan menggunakan FCFS diperoleh total *makespan* sebesar 12324,9 menit atau 29,345 hari atau setara dengan 29 hari kerja. Akibat dari penggunaan aturan prioritas tanpa kalkulasi yang pasti menjadikan keterlambatan pengiriman barang yang seharusnya sesuai *duedate* menjadi *over duedate* karena masih banyak nya *idletime* (waktu menganggur).

Berikut perolehan *idletime* berdasarkan perhitungan dengan metode FCFS untuk mengetahui seberapa besar waktu yang tidak digunakan dengan maksimal:

Tabel 4.45 *Idletime* Penjadwalan Awal

No	Work Center	Idle Time (menit)
1	WC 1	0
2	WC 2	0
3	WC 3	0
4	WC 4	1000,4
5	WC 5	791,3
6	WC 6	0
7	WC 7	9731,3
8	WC 8	9298,1
9	WC 9	9687,7
Total		30508,87

Berdasarkan perolehan perhitungan penjadwalan awal perusahaan dengan metode FCFS yang didapatkan dari “Tabel 4.28 dan Tabel 4.29 Perhitungan *Makespan* Penjadwalan Awal Perusahaan” dengan cara mengurangi *start time job* kedua (setelahnya) dengan *completion time job* awal (sebelumnya) pada setiap *work center*. Ditemukan WC 1, 2, 3 tidak ada waktu menganggur, kemudian WC 4 terdapat 1000,4 menit waktu menganggur, ditemukan lagi waktu menganggur sebesar 791,3 menit di WC 5, lalu WC 6 tidak ditemukan waktu menganggur sama sekali, kemudian pada WC 7 terdapat waktu menganggur lagi sebesar 9731,3 menit, terdapat juga di WC 8 waktu menganggur sebesar 9298,1 menit, dan didapati lagi pada WC 9 sebesar 9687,7 menit waktu menganggur. Sehingga dengan penjadwalan awal perusahaan menggunakan metode FCFS diperoleh waktu menganggur sebesar 30508,87 menit.

4.3.2 Analisis Penjadwalan Usulan

Pada penjadwalan usulan untuk perbaikan penjadwalan perusahaan, metode yang digunakan adalah *Campbell Dudeck Smith* (CDS). Pada dasarnya metode ini memecahkan persoalan *flowshop* dengan membagi mesin ke dalam dua kelompok, yang mana pengambilan urutan *job* didapatkan dari nilai minimum pada kedua mesin. Apabila nilai waktu terkecil terletak pada urutan mesin pertama, maka *job* diletakkan pada urutan paling awal. Apabila nilai waktu terkecil terletak pada urutan mesin kedua, maka *job* diletakkan pada urutan paling akhir. Kemudian, setelah memperoleh alternatif dari banyaknya iterasi, maka diambil urutan *Job* yang memiliki nilai *makespan* terkecil.

Diperoleh hasil perhitungan dengan penjadwalan CDS terdapat delapan iterasi dengan alternatif urutan *Job*, yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.46 Alternatif Urutan *Job* Penjadwalan CDS

Iterasi	Alternatif Urutan <i>Job</i>	<i>Makespan</i>
1	F-D-G-C-B-A-E	10914,3
2	F-D-G-C-B-A-E	10914,3
3	E-B-C-G-D-A-F	11343,8
4	F-D-G-C-B-A-E	10914,3
5	F-D-G-C-B-A-E	10914,3
6	E-B-A-C-G-D-F	11343,8

7	F-D-G-C-B-A-E	10914,3
8	F-D-G-C-B-A-E	10914,3

Berdasarkan perolehan delapan alternatif urutan *job* penjadwalan CDS, didapatkan nilai *makespan* serupa terhadap keenam iterasi yaitu 10914,3 menit pada iterasi pertama, kedua, keempat, kelima, ketujuh, dan kedelapan dengan urutan *Job* F-D-G-C-B-A-E. Terdapat lagi dua iterasi serupa dengan nilai *makespan* sebesar 11343,8 menit pada iterasi ketiga dan keenam dengan urutan *Job* E-B-C-G-D-A-F dan E-B-A-C-G-D-F. Sehingga nilai *makespan* terkecil diantara delapan alternatif urutan *Job* tersebut adalah sebesar 10914,3 menit yang terletak pada iterasi pertama, kedua, keempat, kelima, ketujuh, dan kedelapan dengan urutan *Job* F-D-G-C-B-A-E.

Berikut perolehan *idletime* berdasarkan perhitungan menggunakan metode CDS dengan urutan *Job* terpilih yaitu F-D-G-C-B-A-E untuk mengetahui seberapa besar waktu yang tidak digunakan dengan maksimal:

Tabel 4.47 *Idletime* Penjadwalan CDS

No	Work Center	Idle Time (menit)
1	WC 1	0
2	WC 2	0
3	WC 3	0
4	WC 4	1179,6
5	WC 5	1095,7
6	WC 6	0
7	WC 7	7747,4
8	WC 8	7397,9
9	WC 9	9115,2
Total		26535,77

Berdasarkan perolehan perhitungan penjadwalan usulan perbaikan dengan metode CDS yang didapatkan dari “Tabel 4.42 dan Tabel 4.43 Perhitungan Total *Makespan* Alternatif Urutan *Job* Terpilih” dengan cara mengurangi *start time job* kedua (setelahnya) dengan *completion time job* awal (sebelumnya) pada setiap *work center*. Ditemukan WC 1, 2, 3 tidak ada waktu menganggur, kemudian WC 4 terdapat 1179,6 menit waktu menganggur, ditemukan lagi waktu menganggur sebesar 1095,7 menit di WC 5, lalu WC 6 tidak ditemukan waktu menganggur sama sekali, kemudian pada WC 7 terdapat waktu menganggur lagi sebesar

7747,4 menit, terdapat juga di WC 8 waktu mengganggu sebesar 7397,9 menit, dan didapati lagi pada WC 9 sebesar 9115,2 menit waktu mengganggu. Sehingga dengan penjadwalan usulan perbaikan menggunakan metode CDS diperoleh waktu mengganggu sebesar 26535,77 menit.

4.3.3 Interpretasi

Tahapan interpretasi pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa reliabel usulan perbaikan penjadwalan pada penelitian ini. Perusahaan melakukan penjadwalan dengan menerapkan aturan prioritas *First Come First Serve* (FCFS), dimana pesanan yang lebih awal datang akan lebih dulu diproses. Namun, penerapan aturan tersebut tidak dibarengi dengan adanya perhitungan yang pasti, hanya mengandalkan perkiraan. Terbukti pada pemesanan paket kreasi batik yang seharusnya pengerjaan selesai selama 27 hari kerja yaitu dari 16 Oktober – 15 November 2023 yang terhitung 6 hari kerja perminggunya, akan tetapi tidak sesuai target. Karena pada perhitungan yang telah dilakukan menggunakan FCFS diperoleh total *makespan* sebesar 12324,9 menit atau 29,345 hari atau setara dengan 29 hari kerja. Akibat dari penggunaan aturan prioritas tanpa kalkulasi yang pasti menjadikan keterlambatan pengiriman barang yang seharusnya sesuai *duedate* menjadi *over duedate* karena masih banyak nya *idletime* (waktu mengganggu). Setelah diketahui nilai *makespan* penjadwalan awal perusahaan yang menggunakan metode FCFS, maka selanjutnya menentukan penjadwalan usulan sebagai perbaikan yaitu dengan menggunakan metode CDS. Pada dasarnya metode *Campbell Dudeck Smith* (CDS) memecahkan persoalan *flowshop* dengan membagi m mesin ke dalam dua kelompok, yang mana pengambilan urutan *job* didapatkan dari nilai minimum pada kedua mesin. Apabila nilai waktu terkecil terletak pada urutan mesin pertama, maka *job* diletakkan pada urutan paling awal. Apabila nilai waktu terkecil terletak pada urutan mesin kedua, maka *job* diletakkan pada urutan paling akhir. Kemudian, setelah memperoleh alternatif dari banyaknya iterasi, maka diambil urutan *Job* yang memiliki nilai *makespan* terkecil. Berdasarkan perolehan delapan alternatif urutan *job* penjadwalan CDS, didapatkan enam iterasi serupa dengan nilai *makespan* terkecil diantara delapan alternatif urutan *Job* tersebut yaitu sebesar

10914,3 menit atau setara dengan 25,986 hari atau 26 hari kerja pada pada iterasi pertama, kedua, keempat, kelima, ketujuh, dan kedelapan dengan urutan *Job* F-D-G-C-B-A-E. Setelah dilakukan perhitungan penjadwalan, maka dapat diketahui bahwa penjadwalan awal perusahaan yang menggunakan aturan prioritas FCFS masih memiliki nilai *makespan* dan *idle time* yang besar jika dibandingkan dengan penjadwalan usulan yang menggunakan metode CDS karena total *makespan* terkecil ada pada metode ini. Sehingga pengurutan *job* yang semula A-B-C-D-E-F-G menjadi F-D-G-C-B-A-E setelah dilakukan perbaikan. Penjadwalan yang sistematis dengan mengetahui waktu proses masing-masing *job* pada tiap *work center* akan mempermudah perusahaan untuk menentukan *duedate* sehingga minim *delay* pengiriman karena penjadwalan produksi terstruktur dengan visualisasi *ganttt chart*. Dapat disimpulkan bahwa diantara dua metode yaitu FCFS dan CDS, terdapat satu metode yang lebih efektif dalam minimasi waktu penyelesaian proses produksi (*makespan*) dan waktu menganggur (*idle time*), yaitu *Campbell Dudeck Smith* (CDS).

4.4 Pembuktian Hipotesis

Dalam pembuktian hipotesis akan diperlihatkan hasil perbandingan sebelum dan sesudah yaitu pada penjadwalan awal dan penjadwalan usulan, dimana penelitian ini akan membuktikan bahwa penjadwalan dengan metode usulan dapat memperbaiki penjadwalan awal perusahaan baik dari segi minimasi *makespan* maupun keterlambatan akibat besarnya waktu menganggur.

Tabel 4.48 Pembuktian Hipotesis

Metode Penjadwalan	Urutan <i>Job</i>	Total <i>Makespan</i> (menit)	<i>Idle Time</i> (menit)
<i>First Come First Serve</i>	A-B-C-D-E-F-G	12324,9	30508,87
<i>Campbell Dudeck Smith</i>	F-D-G-C-B-E-A	10914,3	26535,77

Berdasarkan perbandingan metode antara penjadwalan awal dan penjadwalan usulan, terbukti bahwa penjadwalan usulan dengan menggunakan metode CDS lebih efektif karena memiliki total *makespan* sebesar 10914,3 menit dan *idle time* sebesar 26535,77 menit, dimana angka nya lebih kecil dibanding dengan penjadwalan awal yang menerapkan aturan prioritas yaitu metode FCFS.

Sehingga selisih nilai perbedaan *makespan* yang didapat adalah 1410,6 menit dan selisih *idle time* sebesar 3973,10 menit.

Untuk membuktikan reliabilitasnya lebih lanjut, dilakukan perhitungan *Efficiency Index* (EI) yang berguna untuk mengetahui performansi terbaik diantara kedua metode dengan cara membandingkan *makespan* awal (FCFS) dengan *makespan* alternatif (CDS). Apabila nilai $EI < 1$, maka penjadwalan awal lebih efektif dibandingkan penjadwalan usulan. Apabila nilai $EI > 1$, maka penjadwalan usulan lebih efektif dibandingkan penjadwalan awal. Namun, apabila nilai $EI = 1$, artinya kedua metode memiliki nilai efektifitas yang sama. Sehingga diperoleh:

$$EI = \frac{\text{Makespan Awal}}{\text{Makespan Alternatif}} \quad (32)$$

$$EI = \frac{12324,9}{10914,3}$$

$$EI = 1,1292$$

Berdasarkan perhitungan diatas, didapatkan hasil $EI = 1,1292 > 1$, artinya penjadwalan usulan (CDS) lebih efektif dibandingkan penjadwalan awal (FCFS). Sehingga, hipotesis di awal terbukti bahwa usulan perbaikan dengan menerapkan metode *Campbell Dudeck Smith* (CDS) sebagai penjadwalan perusahaan adalah efektif. Kemudian dilanjutkan dengan menghitung *Relative Error* (RE) untuk mengetahui sejauh mana perbedaan persentase hasil akhir perbandingan antara nilai *makespan* penjadwalan awal dan penjadwalan usulan. Sehingga didapatkan perhitungan:

$$RE = \left| \frac{\text{Makespan Alternatif} - \text{Makespan Awal}}{\text{Makespan Alternatif}} \right| \times 100\% \quad (33)$$

$$RE = \left| \frac{10914,3 - 12324,9}{10914,3} \right| \times 100\%$$

$$RE = \left| \frac{-1410,6}{10914,3} \right| \times 100\%$$

$$RE = |-0,12924| \times 100\%$$

$$RE = 12,92\%$$

Dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan RE terhadap perbandingan nilai *makespan* penjadwalan awal dan penjadwalan usulan memiliki perbedaan persentase sebesar 12,92%.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penyusunan tugas akhir ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Penjadwalan pada Yuliati Warno Batik menggunakan aturan prioritas *First Come First Serve* (FCFS) dapat menyelesaikan pesanan selama 29 hari kerja. Menggunakan metode *Campbell Dudeck Smith* (CDS) dapat terselesaikan dalam jangka waktu 26 hari kerja. Sedangkan perusahaan menargetkan pesanan selesai selama 27 hari kerja. Sehingga penjadwalan metode CDS lebih efektif karena tidak melebihi *duedate*.
2. Berdasarkan perhitungan dengan penjadwalan awal perusahaan yaitu aturan FCFS memperoleh total *makespan* sebesar 12324,9 menit atau setara dengan 29 hari kerja dengan *idle time* 30508,87 menit. Sedangkan dengan penjadwalan usulan metode CDS memperoleh total *makespan* sebesar 10914,3 menit atau 26 hari kerja dengan *idle time* sebesar 26535,77 menit.
3. Penjadwalan dengan metode CDS memiliki nilai *makespan* lebih kecil dibanding dengan aturan FCFS dengan perbedaan nilai *makespan* sebesar 1410,6 menit dan selisih *idle time* sebesar 3973,10 menit atau perbedaan persentase sebesar 12,92% dan didapatkan hasil $EI = 1,1292 > 1$, artinya penjadwalan usulan (CDS) lebih efektif dibandingkan penjadwalan awal (FCFS). Sehingga urutan *job* yang semula A-B-C-D-E-F-G pada aturan FCFS menjadi F-D-G-C-B-A-E setelah dilakukan perbaikan berdasarkan alternatif urutan *job* yang terpilih pada metode CDS.

5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, berikut merupakan saran-saran yang diberikan kepada perusahaan.

1. Setiap *order* yang masuk pada Yuliati Warno Batik perlu dilakukan penjadwalan agar dapat mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan *order* sehingga penetapan waktu ketika barang sudah *ready* tidak *over due date* sehingga minim keterlambatan dan klaim dari pelanggan.
2. Untuk mengetahui waktu menganggur pada tiap *work center* dan total *makespan* dengan nilai yang lebih minim lagi, dapat melakukan analisis penelitian serupa dengan melakukan komparasi metode penjadwalan lain dengan performansi metode usulan perbaikan yaitu *Campbell Dudeck Smith* (CDS).



DAFTAR PUSTAKA

- Annisya, S. D., & Saifudin, J. A. (2020). Analisis Penjadwalan Produksi Batu Tahan Api Dengan Menggunakan Metode Campbell Dudek Smith (CDS), Nawaz Enscore Ham (NEH), Dan Palmer Untuk Mengurangi Makespan Di PT. X. *Juminten*, 1(3), 165-176.
- Antari, N. K. D. P., Harini, L. P. I., & Tastrawati, N. K. T. (2021). Analisis Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode Campbell Dudek Smith Dan Dannenbring Dalam Meminimumkan Total Waktu Produksi Beras. *E-Jurnal Mat*, 10(4), 215.
- Asih, P., Mindhayani, I., & Prakasa, T. (2022). Analisis Penjadwalan Proses Packing Arumanis Dengan Menggunakan Metode CDS (Campbell Dudeck Smith) dan NEH (Nawas, Enscore, and HAM) Studi Kasus di UMKM Arumanis Haji Ardi Sleman: Penjadwalan Proses Packing Arumanis Dengan Metode CDS dan NEH. *Jurnal Rekayasa Industri (JRI)*, 4(1), 44-51.
- Baker, K. R., & Trietsch, D. (2019). *Principles of sequencing and scheduling*. America: John Wiley & Sons.
- David D. Bedworth (1987). *Integrated Production Control Systems, Management, Analysis, Design 2/E*. New York: John Wiley & Sons.
- Conway, R. W., Maxwell, W. L., Miller, L. W. (2001). *Theory of Scheduling*. America: Addison- Wesley Publishing Company.
- Ginting, R. (2009). Penjadwalan mesin. *Yogyakarta: Graha Ilmu*.
- Haningrum, K. A. (2019). Usulan Penjadwalan Produksi Vulkanisir Masak Dingin Guna Meminimumkan Makespan Dengan Metode CDS Dan IS Di PT. Nuansa Baru Lawang Malang. *Jurnal Valtech*, 2(2), 80-87.
- Heizer, J., Render, B., Munson, C. (2016). *Operations Management Sustainability and Supply Chain Management 12th Edition*, Pearson, U.S.
- Lestari, D. A., & Asri, V. I. (2021). Analisa Perbandingan Penjadwalan Produksi Dengan Metode CDS (Campbell Dudek Smith), EDD (Earliest Due Date)

- Dan FCFS (First Come First Serve) Pada PT. Sari Warna Asli Unit V. *Journal of Industrial Engineering and Technology*, 1(2), 116-121.
- Mail, A., Nusran, M., Chairani, N., Nur, T., & Faturrahman, R. (2018). Analisis Penjadwalan Produksi dengan Menggunakan Metode Campbell Dudeck Smith dan Palmer pada PT. Bobi Agung Indonesia. *Journal Of Industrial Engineering Management*, 8(2), 41-47.
- Makarim, R. A., Maksum, A. H., & Rachmat, M. T. (2023). Optimization of Scheduling using Heuristic Approach with Campbell Dudek Smith Algorithm (CDS) at PT OSIN. *Jurnal Rekayasa Sistem & Industri (JRSI)*, 10(01), 25-31.
- Mauguière, P., Billaut, J.C. & Bouquard, J.L. (2005). New Single Machine and Job-Shop Scheduling Problems with Availability Constraints. *J Sched* 8, 211–231. <https://doi.org/10.1007/s10951-005-6812-2>
- Montororing, Y. D. R. (2018). Usulan Penentuan Waktu Baku Proses Racking Produk Amplimesh Dengan Metode Jam Henti Pada Departemen Powder Coating. *Jurnal Teknik: Universitas Muhammadiyah Tangerang*, 7(2), 53-63.
- Nadia, V., Dewi, D. R. S., & Sianto, M. E. (2010). Penjadwalan Produksi dan Perancangan Persediaan Bahan Baku di PT. Wahana Lentera Raya. *Penjadwalan Produksi dan Perancangan Persediaan Bahan Baku di PT. Wahana Lentera Raya*, 9(2), 179-192.
- Nasution, A. H., & Prasetyawan, Y. (2008). Perencanaan dan pengendalian produksi. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Pour, H. D. (2001). A New Heuristic for The n-Job, m-Machine Flow-Shop Problem. *Production Planning & Control*, 12(7), 648–653. doi:10.1080/09537280152582995
- Sholeh, M., Asih, E. W., & Sodikin, I. (2021). Penjadwalan Pekerjaan Yang Optimal Untuk Meminimasi Keterlambatan Pada PT Mandiri Jogja Internasional. *Jurnal Rekavasi*, 9(1), 35-42.
- Utami, I. D., Kuswandi, I., & Wibowo, D. E. (2020, July). Comparison of Scheduling Methods: Campbell Dudek Smith, Palmer and Dannenbring to

Minimize Makespan. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1569, No. 3, p. 032019). IOP Publishing.

Yusuf, R. B., & Aryanny, E. (2022). Analisa Penjadwalan Produksi Dengan Metode Campbell Dudek Smith Untuk Meminimasi Makespan Di CV. AM. Nanda Putra. *Humantech: Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, 1(11), 1601-1609.

