ESTIMASI *DUE DATE* PADA PENJADWALAN PROSES *FINISHING* PRODUK FURNITUR MENGGUNAKAN METODE HEURISTIK BERBASIS *LONGEST PROCESSING TIME-LN* (LPT-LN)

SKRIPSI

TEKNIK INDUSTRI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

ACHMAD FAWWAZ BAHAUDIN

NIM. 155060700111024

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2019

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN

ESTIMASI *DUE DATE* PADA PENJADWALAN PROSES *FINISHING* PRODUK FURNITUR MENGGUNAKAN METODE HEURISTIK BERBASIS *LONGEST PROCESSING TIME-LN* (LPT-LN)

SKRIPSI

TEKNIK INDUSTRI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

ACHMAD FAWWAZ BAHAUDIN
NIM. 155060700111024

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada
tanggal 19 Desember 2019

Dosen Pembimbing

Ratih Ardia Sari, ST., MT.
NIP. 19851017 201012 2 003

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Industri

Ir. Oyong Novareza, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19741115 200604 1 002

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan, dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas, naskah skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini terdapat unsur-unsur jiplakan yang dapat dibuktikan, saya bersedia skripsi dibatalkan dan diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 19 Desember 2019

Mahasiswa

Achmad Fawwaz Bahaudin

NIM. 155060700111024

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul **"Penentuan *Due Date* Proses *Finishing* Furnitur menggunakan Metode Heuristik Berbasis *Longest Processing Time*-LN (LPT-LN)"** dengan baik.

Skripsi ini disusun sebagai bagian dari proses memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S-1) pada Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Setelah melewati berbagai tahapan, skripsi ini dapat diselesaikan berkat bantuan, dukungan dan dorongan dari berbagai pihak. Penulis sepatutnya menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi.
2. Kedua orang tua, Bapak Noor Cholish dan Ibu Fitri Andarini dan seluruh keluarga yang telah memberikan doa, motivasi, dorongan dan dukungan untuk menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Industri.
3. Bapak Ir. Oyong Novareza, ST., MT., Ph.D. selaku Kepala Jurusan Teknik Industri.
4. Ibu Rahmi Yuniarti, ST., MT. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Industri.
5. Ibu Ratih Ardia Sari, ST., MT. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan bimbingan, arahan dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini.
6. Bapak Suluh Elman Swara, ST., MT. selaku dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan arahan akademik selama menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Industri.
7. Seluruh dosen serta staf akademik Jurusan Teknik Industri yang telah membantu dalam mempelajari keilmuan teknik industri dan menyelesaikan skripsi ini.
8. Pak Danik, Mas Amry dan Mbak Anik selaku staf perusahaan yang telah membantu dalam pengumpulan dan penyediaan data pada penelitian ini.
9. Keluarga Pakdhe Muhammad Zen yang telah membantu penulis selama kuliah di Malang.
10. Teman-teman ICL 2015, Eko L, Nade, Yulic, Ivan P, Yogs, Apri dan Rifdah yang telah memberikan banyak ilmu, wawasan, dan pengalaman selama menjadi asisten di ICL dan memberikan dorongan motivasi untuk mengerjakan skripsi.
11. Gacan, Habi dan Indra yang selalu mengajak dan menemani penulis mengerjakan skripsi di perpustakaan serta memotivasi penulis untuk selalu mengerjakan skripsi.

12. Adik-adik di ICL 2016 dan 2017, Amal, Rangga, Naila, Stef, Evan, Ayip, Dela, Nopal, Hasibin, Nindi, Fika, Kholis, Elsa dan Sukma yang telah banyak membantu penulis selama menjadi asisten.
13. Teman-teman seperjuangan teknik Industri angkatan 2015 yang telah memberikan dukungan kepada penulis dalam penyelesaian skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari sempurna. Oleh karena itu saran dan kritik sangat diperlukan untuk kebaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Malang, Desember 2019

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR i
DAFTAR ISI iii
DAFTAR TABEL vii
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR LAMPIRAN xiii
RINGKASAN xv
SUMMARY xvii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Identifikasi Masalah 3
1.3 Rumusan Masalah 4
1.4 Tujuan Penelitian 4
1.5 Manfaat Penelitian 4
1.6 Batasan Masalah 4
1.7 Asumsi 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Penelitian Terdahulu 5
2.2 Pengukuran Waktu Kerja 7
2.3 Pengukuran Kerja dengan Jam Henti 8
2.4 *Performance Rating* 9
2.5 *Allowance* 10
2.6 Uji Keseragaman Data 11
2.7 Uji Kecukupan Data 12
2.8 Waktu Normal 13
2.9 Perhitungan Waktu Standar 13
2.10 Pengertian Penjadwalan 14
2.11 Tujuan Penjadwalan 14
2.12 Beberapa Istilah dan Notasi dalam Penjadwalan 14
2.13 Penjadwalan *Flowshop* 15
2.14 *Flexible* Flowshop 16
2.15 Metode Penjadwalan Produksi 17
2.16 Aturan Prioritas 17

2.17Algoritma LPT-LN 18
2.18*Gantt Chart* 20
BAB III METODE PENELITIAN 21
3.1 Jenis Penelitian 21
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian 21
3.3 Sumber Data 21
3.4 Metode Pengumpulan Data 22
3.5 Langkah-langkah Penelitian 22
3.6 Diagram Alir Penelitian 25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 27
4.1 Gambaran Umum Perusahaan 27
4.1.1 Profil umum perusahaan 27
4.1.2 Struktur organisasi perusahaan 28
4.1.3 Proses *finishing* perusahaan 29
4.2 Pengumpulan Data 31
4.2.1 Data jenis furnitur yang telah diekspor 31
4.2.2 Data jumlah tenaga kerja di setiap proses 33
4.2.3 Data pemesanan bulan april 2019 34
4.2.4 Penyusunan elemen kerja 35
4.2.5 Data waktu pengamatan 38
4.2.6 Penentuan *performance rating* 40
4.2.7 penentuan *allowance* 41
4.3 Penentuan Waktu Baku 42
4.3.1 Uji keseragaman data 42
4.3.2 Uji kecukupan data 45
4.3.3 Perhitungan waktu baku 48
4.3.4 Menghitung total kebutuhan waktu setiap operasi 52
4.4 Penjadwalan untuk Penentuan *Due Date* 53
4.4.1 Mengidentifikasi notasi variabel dan parameter penjadwalan 54
4.4.2 Merancang penjadwalan 54
4.4.3 Melakukan verifikasi algoritma 59
4.4.4 Menentukan waktu *due date* produksi 83
4.5 Perancangan Rekomendasi Penentuan *Due Date* 85

4.6 Analisa dan Pembahasan 88
BAB V PENUTUP 95
5.1 Kesimpulan 95
5.2 Saran 96
DAFTAR PUSTAKA 97
LAMPIRAN 99

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Pesanan perusahaan periode bulan Oktober 2018 1
Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian terdahulu dan penelitian saat ini 6
Tabel 2.2 Westinghouse *system performance rating skill* dan *effort* 10
Tabel 2.3 Westinghouse *system performance rating condition & consistency* 10
Tabel 4.1 Jenis furnitur yang telah diekspor tahun 2018 31
Tabel 4.2 Kode jenis produk yang diproses 32
Tabel 4.3 Jumlah tenaga kerja pada setiap proses 33
Tabel 4.4 Data pesanan bulan April 2019 34
Tabel 4.5 Elemen Kerja pada setiap proses *finishing* 35
Tabel 4.6 Data *stopwatch time study* proses penghalusan mesin produk kursi 39
Tabel 4.7 *Performance rating* pekerja 40
Tabel 4.8 Jumlah tenaga kerja pada setiap proses 41
Tabel 4.9 Hasil uji keseragaman data proses *finishing* kursi 43
Tabel 4.10 Hasil uji keseragaman data proses *finishing* lemari bufet 44
Tabel 4.11 Hasil uji kecukupan data proses *finishing* kursi 45
Tabel 4.12 Hasil uji kecukupan data proses *finishing* lemari bufet 46
Tabel 4.13 Hasil uji kecukupan data proses *finishing* dipan 47
Tabel 4.14 Perhitungan waktu baku proses *finishing* kursi 49
Tabel 4.15 Perhitungan waktu baku proses *finishing* lemari bufet 49
Tabel 4.16 Perhitungan waktu baku proses *finishing* dipan 50
Tabel 4.17 Waktu kebutuhan setiap operasi 53
Tabel 4.18 *List* pesanan HK/PO-1/190402 pada bulan April 2019 60
Tabel 4.19 Kelompok pasangan mesin *flowshop* 61
Tabel 4.20 *Completion time* setiap proses 61
Tabel 4.21 Daftar *job* i=1 62
Tabel 4.22 *List* S 63
Tabel 4.23 *List* S *Update* 1 64
Tabel 4.24 Pengelompokan *List* K_1. 65
Tabel 4.25 Pengelompokan *List* K_2 65
Tabel 4.26 Pengelompokan *List* K_3 65
Tabel 4.27 Pengelompokan *List* K_4 66
Tabel 4.28 Daftar *List* K_1 sampai dengan K_4 66

Tabel 4.29 Penjadwalan 2 jadwal parsial G_1 67
Tabel 4.30 Penjadwalan 2 jadwal parsial G_2 67
Tabel 4.31 Penjadwalan 2 jadwal parsial G_3 67
Tabel 4.32 Penjadwalan 2 jadwal parsial G_4 67
Tabel 4.33 Daftar *List* K_1 sampai dengan K_4 (*Update* 1) 68
Tabel 4.34 Penjadwalan 3 jadwal parsial G_1 69
Tabel 4.35 Penjadwalan 3 jadwal parsial G_2 69
Tabel 4.36 Penjadwalan 3 jadwal parsial G_3 69
Tabel 4.37 Penjadwalan 3 jadwal parsial G_4 70
Tabel 4.38 Daftar *List* K_1 sampai dengan K_4 (*Update* 2) 70
Tabel 4.39 *Completion time* setiap proses 71
Tabel 4.40 Daftar *job* i=2 72
Tabel 4.41 *List* S *Update* 2 73
Tabel 4.42 *List* S *Update* 3 74
Tabel 4.43 Pengelompokan *List* K_1. i = 2 75
Tabel 4.44 Pengelompokan *List* K_2 i = 2 75
Tabel 4.45 Pengelompokan *List* K_1. i = 2 75
Tabel 4.46 Pengelompokan *List* K_4 i = 2 75
Tabel 4.47 Daftar *List* K_1 sampai dengan K_4.i=2 76
Tabel 4.48 Penjadwalan 2 jadwal parsial G_1 i=2 77
Tabel 4.49 Penjadwalan 2 jadwal parsial G_2 i=2 77
Tabel 4.50 Penjadwalan 2 jadwal parsial G_3 i=2 77
Tabel 4.51 Penjadwalan 2 jadwal parsial G_4 i=2 77
Tabel 4.52 Daftar *List* K_1 sampai dengan K_4.i=2 *Update* 1 78
Tabel 4.53 Penjadwalan 3 jadwal parsial G_1 pada i=2 79
Tabel 4.54 Penjadwalan 3 jadwal parsial G_2 pada i=2 79
Tabel 4.55 Penjadwalan 3 jadwal parsial G_3 pada i=2 79
Tabel 4.56 Penjadwalan 3 jadwal parsial G_4 pada i=2 80
Tabel 4.57 Daftar *List* K_1 sampai dengan K_4 i=2 *Update* 2 80
Tabel 4.58 *Completion time* setiap proses 81
Tabel 4.59 Hasil penjadwalan LPT-LN 83
Tabel 4.60 Perbandingan hasil perhitungan due date dengan tanggal pengiriman 84
Tabel 4.61 Hasil perhitungan pada Microsoft Excel 88

Tabel 4.62 Perbandingan 4 pengamplasan dengan 3 pengamplasan (*Case* 1) 91
Tabel 4.63 Perbandingan 4 pengamplasan dengan 3 pengamplasan (*Case* 2) 92
Tabel 4.64 Perbandingan *completion time* setiap proses (*Case* 1) 92
Tabel 4.65 Perbandingan *completion time* setiap proses (*Case* 2) 92

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Aliran kerja *pure flowshop* 16
Gambar 2.2 Aliran kerja *general flowshop* 16
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian 26
Gambar 4.1 Struktur organisasi UD Harapan Kita 28
Gambar 4.2 Proses produksi perusahaan 29
Gambar 4.3 *Flowchart* algoritma LPT-LN bagian 1 57
Gambar 4.4 *Flowchart* algoritma LPT-LN bagian 2 dan 3 58
Gambar 4.5 *Flowchart* algoritma LPT-LN bagian 4 59
Gambar 4.6 *Gantt chart* pesanan HK/PO-1/190402 82
Gambar 4.7 Tampilan *sheets* daftar waktu proses 85
Gambar 4.8 Tampilan *sheets* pengurutan pesanan pada setiap *job* 86
Gambar 4.9 Tampilan *sheets* pengelompokan *job* 86
Gambar 4.10 Tampilan *sheets* daftar *job* pada setiap kelompok 87
Gambar 4.11 Tampilan *sheets* perhitungan *due date* 87

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data *stopwatch time study* setiap proses 99
Lampiran 2 Total waktu baku proses pada setiap produk 112
Lampiran 3 Daftar *job* HK/PO-1/190407 dan HK/PO-1/190418 159
Lampiran 4 *Gantt Chart* 161
Lampiran 5 Rumus pada Microsoft Excel 163

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

RINGKASAN

Achmad Fawwaz Bahaudin, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Desember 2019, *Estimasi Due Date pada Penjadwalan Proses Finishing Produk Furnitur menggunakan Metode Heuristik Berbasis Longest Processing Time-LN (LPT-LN),* Dosen Pembimbing: Ratih Ardia Sari.

Jepara merupakan penghasil produk Furnitur berbahan baku kayu yang telah didistribusikan ke luar negeri. Salah satu perusahaan furnitur yang ada di Jepara adalah UD Harapan Kita, yang bergerak dalam bidang *finishing* furnitur berbahan baku kayu jati dan mahoni. Pada pemenuhan pesanan *customer,* UD Harapan Kita mengalami keterlambatan. Hal ini diakibatkan karena perusahaan tidak mengetahui waktu baku dari proses *finishing,* yang mengakibatkan dalam penentuan *due date* menggunakan perkiraan. Selain itu dalam penentuan *due date,* perusahaan tidak mempertimbangkan pesanan yang sedang dikerjakan. Keterlambatan ini dapat memberikan kesan buruk dari *customer.* Kesan buruk ini dapat mengakibatkan *customer* beralih ke perusahaan lain. Selain itu, keterlambatan ini juga menghambat dalam pengurusan dokumen yang diperlukan untuk pengiriman ekspor. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan *due date finishing* yang mempertimbangkan pesanan yang sedang dikerjakan oleh perusahaan.

Langkah pertama yang dilakukan pengumpulan data waktu kerja dari proses *finishing* pada perusahaan menggunakan *stopwatch time study* pada kelompok produk kursi, bufet dan dipan. Setelah data waktu didapatkan, dilakukan penjadwalan menggunakan algoritma LPT-LN untuk mendapatkan *completion time* dari setiap pesanan. Metode ini dikembangkan oleh Hong et al (2006) untuk menyelesaikan masalah penjadwalan untuk aliran *flexible flowshop.* Metode ini dipilih karena dapat mendapatkan *completion time* yang mendekati optimal dengan waktu yang lebih singkat daripada metode lain yang lebih optimal. Metode ini perlu di modifikasi agar sesuai dengan sistem di perusahaan terlebih dahulu. Setelah itu dilakukan perancangan alat bantu perhitungan *due date* menggunakan dengan mempertimbangkan antrian *job.*

Waktu proses *finishing* pada produk kursi 45×45×105 cm memiliki waktu *finishing* pada setiap prosesnya selama 23 menit, 14 menit, 53 menit, 21 menit dan 61 menit. Pada produk bufet ukuran 200×45×45 cm memiliki waktu proses 50 menit, 64 menit, 153 menit, 68 menit dan 108 menit. Sementara pada produk dipan 160×200×105 cm sebesar 64 menit, 80 menit, 195 menit, 115 menit dan 274 menit. Dari proses penjadwalan, didapatkan *completion time* masing-masing pesanan berturut-turut adalah 1236 menit, 1502 menit dan 1933 menit. Hasil yang didapatkan dari perhitungan *due date* adalah pesanan selesai dikerjakan berturut-turut pada tanggal 22 April 2019, 23 April 2019 dan 24 April 2019. Pada realisasinya, pesanan pertama dan kedua mengalami keterlambatan. Pesanan pertama, yang realisasinya selesai sama dengan perhitungan, ditargetkan selesai pada tanggal 18 April 2019. Sementara pesanan kedua yang ditargetka selesai pada tanggal 20 April 2019, namun baru dapat diselesaikan 2 hari kemudian. Pada pesanan ketiga tidak terjadi keterlambatan. Pesanan selesai seperti pada perhitungan, yaitu tanggal 24 April 2019.

Kata kunci: Penjadwalan Produksi, LPT-LN, *Stopwatch Time Study, Due Date, Flexible Flow Shop*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

repository.ub.ac.id

SUMMARY

Achmad Fawwaz Bahaudin, Industrial Engineering Department, Faculty of Engineering, Brawijaya University, December 2019, *Due Date Estimation for Finishing Process Scheduling on Furniture Product using Heuristic Method Based on Longest Processing Time-LN (LPT-LN),* Advisor Lecturer: Ratih Ardia Sari.

Jepara is a town which known as producent wooden furnitures that distributed abroad. One of the furnitur company in Jepara is UD Harapan Kita, which engaged in field of finishing teak and mahogany wooden furnitur.To fullfill customer order, UD Harapan Kita facing delay problem. This is because they did not know the standard time of finishing process, so the due date determination is estimated. Furthermore, they do not consider the other orders that still in process. This delayed order could give a bad impression from customers. The bad impression could make customer turn to another companies. Moreover, the delay order hamper the document handling that needed for export.shipping. The Objective of this research is to determine the due date of finishing process which considered the orders that still in process.

First step is collecting work time from finishing process in the company using stopwatch time study for chair's, buffet's and bedstead's groups. After obtaining the work's time, Next step is scheduling job with LPT-LN algorithm to get completion time for each order. This methods was developed by Hong et al (2006) to solve scheduling problem for flexible flowshop. This methods was choosen because it provides nearly optimal job sequencing and needs much less computational time than other optimal methods. This methods need to be modified so it can adapt the company's system. Next step is designing tools for calculation due date by considering job's queues.

The finishing process time of chair sized 45×45×105 cm has 23 minutes, 14 minutes, 53 minutes, 21 minutes and 61 minutes finishing process time in each process. For bufet sized 200×45×45 cm, the finishing process time in each process is 50 minutes, 64 minutes, 153 minutes, 68 minutes and 108 minutes. While bedstead sized 160×200×105 cm is 64 minutes, 80 minutes, 195 minutes, 115 minutes and 274 minutes. From the scheduling process, completion time from each order are 1236 minutes, 1502 minutes and 1933 minutes. The result obtained from due date's calculation each order finished on 22nd April 2019, 23rd April 2019 and 24th April 2014. In the realization, first and second order was delayed. The first order finished same like the calculation, that is 18th April 2019. While the second order targeted to finish on 20th April 2019, however it was finished in next two day. In the third order there was no delay. This order finished same like the calculation, that is 24th April 2019.

Keyword: Scheduling, LPT-LN, Stopwatch Time Study, Due Date, Flexible Flowshop

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

(Halaman ini sengaja dikosongkan).

BAB I
PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan ini akan membahas mengenai latar belakang, identifikasi masalah, rumusan masalah, batasan, asumsi, tujuan penelitian dan manfaat dari penelitian ini.

1.1 Latar Belakang

Furnitur merupakan perlengkapan rumah yang mencakup semua barang seperti meja, kursi, dan lemari dan lainnya. Furnitur merupakan barang penting yang menjadi pelengkap di rumah agar rumah tersebut menjadi nyaman untuk ditinggali. Furnitur menjadikan rumah menjadi tempat nyaman untuk beristirahat maupun bekerja. Sekarang ini banyak jenis furnitur yang dapat dijumpai, baik yang terbuat dari logam, plastik, ataupun kayu. Furnitur dari kayu merupakan produk yang menjadi unggulan di Kabupaten Jepara, Provinsi Jawa Tengah.

UD. Harapan Kita merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang *finishing* furnitur di Kabupaten Jepara. Perusahaan melayani pemesanan ekspor dan lokal. *Customer* luar negeri merupakan perusahaan yang memesan banyak produk untuk dijual kembali di negara mereka dan juga untuk proyek pembangunan hotel dan restoran. Sementara pemesanan lokal hanya dalam pemesanan kecil untuk kebutuhan pribadi.

Pada pelaksanaannya, perusahaan sering mengalami keterlambatan dalam pemenuhan permintaan *customer*. Beberapa proses pengepakan barang ke kontainer yang disebut *stuffing* harus ditunda dikarenakan keterlambatan produksi. Tabel 1.1 berisi data pesanan yang telah dipenuhi di bulan Oktober 2018.

Tabel 1.1
Pesanan HK periode bulan Oktober 2018

Pesanan	Volume (m^3)	Awal pesanan	Target Penyelesaian	Realisasi Penyelesaian	Keterangan
ARC	76,1	2 Agustus 2018	4 Oktober 2018	7 Oktober 2018	Terlambat 3 hari
DPI	76,1	6 Agustus 2018	7 Oktober 2018	10 Oktober 2018	Terlambat 3 hari
FAAZI	76,1	17 September 2018	1 Oktober 2018	11 Oktober 2018	Terlambat 10 hari
P1	76,1	2 Oktober 2018	22 Oktober 2018	22 Oktober 2018	Target terpenuhi

Pesanan	Volume (m^3)	Awal pesanan	Target Penyelesaian	Realisasi Penyelesaian	Keterangan
P2	76,1	20 September 2018	23 Oktober 2018	23 oktober 2018	Target terpenuhi
P2	76,1	20 September 2018	23 Oktober 2018	25 Oktober 2018	Terlambat 2 hari

Pada Tabel 1.1, Pada bulan Oktober 2018, UD Harapan Kita telah menyelesaikan enam pesanan *customer*. Dari enam kali penyelesaian tersebut, hanya dua yang memenuhi target waktu produksi. Pada setiap pesanan terbagi dalam beberapa *batch.* Pengiriman dilakukan saat *batch* pesanan telah mencukupi untuk pengiriman 1 kontainer. Saat *batch* sebelum pengiriman, penentuan target penyelesaian sangat penting. Karena mempengaruhi dalam pengurusan dokumen *invoice* untuk pengiriman ekspor. Selain itu, meskipun *customer* tidak memberikan denda secara langsung dalam bentuk uang, jika sering terjadi keterlambatan pada perusahaan tentu akan memberikan kesan buruk. Kesan ini dapat membuat *customer* tidak lagi membeli produk furnitur di UD Harapan Kita. Banyaknya pesaing usaha furnitur di Jepara dapat membuat *customer* mudah berpaling ke perusahaan lain di Jepara.

Menurut wawancara dengan perusahaan, keterlambatan terjadi karena banyaknya pesanan yang harus dikerjakan pada bulan tersebut. Banyaknya pesanan tidak diikuti dengan penyesuaian penentuan *due date* pada setiap pesanan. Salah satunya adalah pada pesanan FAAZI yang melakukan pesanan pada bulan September. Pada pesanan FAAZI diberikan target bulan Oktober tanggal 1 pesanan telah selesai dan siap *stuffing* tanpa melihat bahwa banyak pesanan lain yang harus dikerjakan seperti ARC, DPI, P1 dan P2. Keterbatasan sumber daya manusia menjadi hambatan perusahaan dalam mengejar target penyelesaian. Namun, perusahaan kesulitan dalam penambahan sumber daya manusia karena pekerja yang memiliki kemampuan yang sesuai dengan kebutuhan perusahaan sulit untuk didapatkan. Selain itu, perusahaan juga tidak mengetahui waktu yang dibutuhkan secara pasti untuk proses *finishingnya.*

Furnitur setengah jadi akan disimpan di dalam gudang penyimpanan terlebih dahulu agar kering. Setelah proses pengeringan, furnitur yang sudah kering akan dilakukan servis atau penguatan pondasi furnitur. Setelah barang selesai diperbaiki, dilakukan penghalusan. Setelah itu dilakukan proses pengecatan. Karena semua furnitur melalui proses sama yang searah, maka aliran kerja pada perusahaan dapat dikategorikan sebagai *flowshop.* Menurut Baker & Trietsch (2009), Aliran kerja pada UD Harapan Kita juga termasuk dalam jenis *flexible flowshop,* karena setiap *workstation* di perusahaan juga memiliki mesin lebih dari satu yang bekerja secara paralel.

Perusahaan hanya menentukan waktu *finishing* secara subjektif. Saat mendapatkan pesanan, staf *marketing* akan memeriksa stok furnitur setengah jadi yang ada di gudang produksi. Saat stok tersedia, staf *marketing* akan langsung menjanjikan *due date* kepada *customer*. Baik staf produksi maupun staf *marketing* kesulitan dalam menghitung waktu produksi yang diperlukan oleh perusahaan. Hal ini disebabkan karena perusahaan tidak memiliki data waktu standar. Waktu standar ini diperlukan untuk menghitung waktu produksi yang diperlukan oleh perusahaan. Selain itu, Penentuan *due date* tidak mempertimbangkan banyaknya pesanan yang sedang dikerjakan oleh perusahaan.

Dalam penentuan waktu *due date,* diperlukan untuk mengetahui *maximum completion time. Maximum completion time* merupakan waktu maksimum suatu pekerjaan selesai diproses (Baker & Trietsch, 2009). Untuk mengetahui *completion time,* perlu dilakukan *job sequencing* terlebih dahulu. *Job sequencing* adalah suatu pengurutan pekerjaan dengan kombinasi urutan-urutan yang diukur berdasarkan performanya. Dalam setiap o*rder* yang diterima oleh perusahaan, terdapat lebih dari satu *job*. *Customer* menginginkan waktu penyelesaian maksimal dari *job-job* dalam satu pesanan selesai secepat mungkin. Oleh karena itu, diperlukan untuk meminimasi *makespan* dalam pengurutan pekerjaan perusahaan. Menurut Baker & Trietsch (2009), *makespan* atau *maximum completion time* merupakan interval waktu penyelesaian seluruh *job* atau penyelesaian waktu terbesar dari seluruh *job.*

Hong et al (2006) telah mengembangkan algoritma heuristik yang disebut algoritma LPT-LN untuk meminimasi *makespan* pada aliran *flexible flowshop.* Algoritma ini merupakan kombinasi dari algoritma *Longest Processing Time* (LPT) dengan algoritma Rasaratnam Logendran dan Nudtapon Nudtasomboon (1991) atau yang biasa diketahui sebagai algoritma LN. Berdasarkan penelitiannya, hasil yang didapatkan dari algoritma ini dapat menyelesaikan penjadwalan *flexible flowshop* dengan *makespan* yang mendekati optimal.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang, permasalahan yang dapat diidentifikasi adalah sebagai berikut:

1. Waktu proses *finishing* pada perusahaan masih menggunakan perkiraan.
2. Metode penentuan waktu *due date* produksi yang subjektif sehingga menyebabkan keterlambatan pemenuhan pesanan produksi.

3. Penentuan *due date* tidak mempertimbangkan pesanan yang sedang dikerjakan oleh perusahaan

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diambil pada penelitian kali ini adalah:

1. Berapakah waktu standar pada proses *finishing*?
2. Bagaimana penentuan waktu *due date finishing* yang dapat diterapkan oleh perusahaan yang mempertimbangkan pesanan yang sedang dikerjakan dalam proses *finishing* perusahaan?
3. Bagaimana rekomendasi penentuan waktu *due date finishing* pada perusahaan?

1.4 Batasan Penelitian

Batasan penelitian di perusahaan ini adalah:

1. Penelitian hanya dibatasi pada tiga variasi produk.
2. Penelitian dilakukan dari proses penghalusan mesin sampai dengan pengecatan.

1.5 Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Stok furnitur setengah jadi yang ada di gudang produksi perusahaan selalu tersedia.
2. Waktu yang diperlukan untuk pengeringan setiap produk dianggap sama.

1.6 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan waktu standar proses pada tiga variasi produk yang dikerjakan di perusahaan.
2. Melakukan penjadwalan untuk menentukan *due date finishing* yang mempertimbangkan pesanan yang sedang dikerjakan dalam proses *finishing* perusahaan.
3. Merancang pembuatan rekomendasi penentuan *due date* produksi perusahaan.

1.7 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Perusahaan mengetahui waktu standar proses *finishing*.
2. Sebagai alternatif solusi yang lebih baik untuk perusahaan dalam perbaikan estimasi *due date* produk.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi mengenai landasan teori atau referensi yang digunakan dan diuraikan secara ringkas yang nantinya digunakan sebagai dasar kajian pendukung dalam penyelesaian masalah yang akan diteliti selanjutnya.

2.1 Penelitian Terdahulu

Berikut ini merupakan penelitian yang dilakukan sebagai referensi dalam penelitian ini.

1. Idris et al (2016) penelitian ini dilaksanakan di perusahaan CV. Sanggar Putra Kalingga Medan yang bergerak di bidang produksi furnitur yang bahan baku utamanya adalah kayu jati. Perusahaan ini melakukan produksi saat mendapatkan pesanan dari pelanggan. Tujuan dari penelitian ini menghitung waktu standar produksi untuk mengetahui waktu yang tepat dalam memenuhi permintaan. Metode yang digunakan adalah *stopwatch time study* untuk mengetahui waktu standar pada pemotongan dan penghalusan kayu pada pembuatan kursi makan. Dari penelitian diperoleh hasil waktu standar pada proses pemotongan kayu sebesar 49,28 menit dan pada proses penghalusan sebesar 50,51 menit.
2. Cahyanto (2016) penelitian ini dilaksanakan di PT Wangsa Jatra Lestari yang bergerak di bidang *commercial printing, book binding, packaging, uv varnish,* dan *laminating*. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan penjadwalan untuk mengetahui total waktu penyelesaian, waktu alir rata-rata, dan kapasitas menganggur mesin. Metode yang digunakan adalah penjadwalan produksi menggunkan algoritma *Non delay*. Hasil yang diperoleh dari penjadwalan dengan algoritma non delay adalah lebih cepat dalam penyelesaian pekerjaan dibanding metode perusahaan sebesar 6.522 menit. Rata-rata waktu alir lebih kecil kecil 2.911 menit dan kapasitas mesin menganggur berkurang 8%.
3. Prasetya (2017) penelitian ini dilaksanakan di PT. Ahmadaris yang bergerak dalam bidang industri kesehatan. Produk yang dibuat oleh perusahaan adalah *orthopaedic, antiseptic,* kasa, kapas dan plester. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan penjadwalan produksi pada aliran *flexible flowshop* serta membandingkan biaya energi listrik penjadwalan usulan dengan penjadwalan perusahaan. Metode yang digunakan adalah penjadwalan produksi dengan algoritma kombinasi LPT-LN. Hasil yang

diperoleh dari penjadwalan LPT-LN ini dapat meminimasi biaya energi listrik sebesar Rp.2.014.551,-

4. Nugroho (2018) penelitian ini dilaksanakan di UD. Tohu Srijaya, yang merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang kerajinan dari kayu. Perusahaan ini menerapkan sistem produksi secara *make to order*. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat aplikasi sistem pendukung keputusan penjadwalan produksi menggunakan algoritma Nawaz, Enscore dan Ham (NEH). Langkah pendahuluan pada penelitian ini adalah mendapatkan waktu standar menggunakan *stopwatch time study.* Lalu dilakukan penjadwalan produksi menggunakan algoritma NEH, dan terakhir dilakukan perancangan aplikasi sistem pendukung keputusan. Hasil akhir dari penelitian ini adalah aplikasi sistem pendukung keputusan penjadwalan produksi untuk *Re-Entrant Flow shop.*

Tabel 2.1
Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Penelitian Saat Ini

Penulis	Tipe aliran	Tujuan	Metode yang digunakan	Hasil
Idris et al (2016)	-	Menghitung waktu standar untuk mengetahui waktu produksi	*Stopwatch time study*	Penelitian ini memperoleh hasil waktu standar pada proses pemotongan kayu sebesar 49,28 menit dan penghalusan sebesar 50,51 menit
Cahyanto (2016)	*Jobshop*	Mengetahui total waktu penyelesaian, waktu alir rata-rata dan kapasitas menganggur mesin	Heuristik algoritma *Non delay*	Penyelesaian waktu penyelesaian 6.522 menit, waktu alir 2.911 menit dan kapasitas mesin menganggur berkurang 8%
Prasetya (2017)	*Flexible Flowshop*	Melakukan penjadwalan dengan algoritma LPT-LN serta membandingkan biaya energi listrik yang dikeluarkan	Algoritma kombinasi LPT-LN	Algoritma usulan dapat meminimasi biaya penggunaan energi sebesar Rp.2.014.551,-
Nugroho (2018)	*Re-Entrant Flowshop*	Merancang aplikasi sistem pendukung keputusan	*Stopwatch time study*, algoritma NEH	Aplikasi sistem informasi yang mampu mengelola data-data yang digunakan

Penulis	Tipe aliran	Tujuan	Metode yang digunakan	Hasil
		penjadwalan produksi untuk *Re-Entrant Flowshop* pada kerajinan kayu	dan Sistem Informasi	perusahaan untuk melakukan penjadwalan produksi menggunakan algoritma NEH
Penelitian saat ini (2019)	*Flexible Flowshop*	Merancang algoritma heuristik berbasis LPT-LN untuk mengetahui estimasi waktu *due date finishing*	Pengukuran *stopwatch time study* dan penjadwalan dengan heuristik berbasis LPT - LN	Diharapkan dapat merancang metode penjadwalan yang sesuai dengan perusahaan dan menghasilkan alat bantu yang dapat membantu perusahaan dalam penentuan *due date*

2.2 Pengukuran Waktu Kerja

Menurut Wignjosoebroto (2006) pengukuran waktu kerja merupakan suatu aktivitas untuk menentukan waktu yang diperlukan oleh seorang operator (yang memiliki ketrampilan yang baik) dalam melaksanakan sebuah kegiatan kerja dalam kondisi dan tempo kerja yang normal. Waktu inilah yang disebut sebagai waktu standar.

Menurut Wignjosoebroto (2006) teknik pengukuran waktu kerja dapat dibagi menjadi dua yaitu:

1. Pengukuran waktu kerja secara langsung

   Pengukuran yang dilakukan secara langsung di tempat dimana pekerjaan dilaksanakan. Beberapa cara dalam teknik ini yaitu:

   a. Jam henti (*stop-watch time study*).

      Pengukuran waktu kerja menggunakan jam henti diperkenalkan Frederick W. Taylor pada abad ke-19. Metode ini baik untuk diaplikasikan pada pekerjaan yang singkat dan berulang (*repetitive*). Dari hasil pengukuran akan diperoleh waktu baku untuk menyelesaikan suatu siklus pekerjaan yang akan dipergunakan sebagai waktu standar penyelesaian suatu pekerjaan bagi semua pekerja yang akan melaksanakan pekerjaan yang sama.

   b. Sampling pekerjaan (*work sampling*).

      Work sampling adalah suatu aktivitas pengukuran kerja untuk mengestimasikan proporsi waktu yang hilang (*idle*/*delay*) selama siklus kerja berlangsung atau untuk melihat proporsi kegiatan tidak produktif yang terjadi (*ratio delay study*). Pengamatan dilaksanakan secara random selama siklus kerja berlangsung untuk

beberapa saat tertentu. Sebagai contoh aktivitas ini sering kali diaplikasikan guna mengestimasikan jumlah waktu yang diperlukan atau harus dialokasikan guna memberi kelonggaran waktu (*allowances*) untuk *personal needs*, melepas lelah ataupun *unavoidable delays*.

2. Pengukuran waktu kerja secara tidak langsung.

   Pengukuran waktu kerja secara tidak langsung merupakan pengukuran yang dilakukan tanpa pengamat harus berada di tempat kerja. namun pengamat harus memahami proses pekerjaan yang diukur.

   a. Pengukuran dengan menggunakan waktu baku.

      Metode ini biasanya digunakan untuk mengukur kerja mesin atau satu operasi tertentu saja, dimana data yang diperoleh sama sekali tidak bisa digunakan untuk jenis operasi lainnya. Oleh karena itu, metode ini khusus diaplikasikan untuk elemen kegiatan konstan seperti *set-up*, *loading*/*unloading*, *handling machine* dan sebagainya.

      Keuntungan dari metode ini yaitu akan mengurangi aktivitas pengukuran kerja tertentu, mempercepat proses yang diperlukan untuk penetapan waktu baku yang dibutuhkan untuk penyelesaian pekerjaan.

   b. Pengukuran dengan menggunakan waktu gerakan.

      Pengukuran waktu kerja secara tidak langsung dengan data waktu gerakan yaitu pengukuran waktu yang tidak langsung berdasarkan elemen-elemen pekerjaaannnya, melainkan berdasarkan elemen-elemen gerakannya. Elemen gerakan timbul dari gagasan konsep Therbligs yang dikemukakan oleh Frank dan Lilian Gilberth.

2.3 Pengukuran Kerja dengan Jam Henti (*Stopwatch Time Study*)

Metode *stopwatch time study* merupakan teknik pengukuran waktu kerja dengan menggunakan alat pengukur waktu yaitu *stopwatch* pada suatu aktivitas yang akan diukur atau diamati (Wignjosoebroto, 2006). Pengukuran ini dikenalkan oleh Fredrick W. Taylor sekitar abad ke-19. Metode pengukuran ini merupakan cara yang pengukuran yang objektif karena dalam hal ini waktu ditetapkan berdasarkan fakta yang terjadi dan tidak hanya estimasi secara subjektif.

Selain *stopwatch* sebagai *timing device*, diperlukan juga *form* untuk mencatat segala informasi yang diperlukan untuk mendukung kegiatan pengukuran suatu aktifitas tertentu.

Langkah pengukuran waktu kerja dengan metode *direct stopwatch time study* adalah sebagai berikut:

1. Memilih operator dan mendefinisikan pekerjaan yang akan diteliti untuk diukur waktunya, lalu memberitahukan maksud dan tujuan pengukuran ini kepada pekerja yang dipilih untuk diamati oleh *supervisor* yang ada.
2. Mencatat semua informasi yang berkaitan erat dengan penyesuaian pekerjaan.
3. Membagi operasi kerja dalam elemen-elemen kerja sedetail-detailnya tapi masih dalam batas kemudahan dalam pengukuran
4. Mengamati, mengukur, dan mencatat waktu yang dibutuhkan oleh pekerja untuk menyelesaikan elemen-elemen kerja tersebut. Ada tiga metode umum yang digunakan dalam pencatatan waktu untuk mengukur elemen-elemen tersebut, yaitu:
   a. *Continous Timing*

      Tombol *stopwatch* ditekan pada saat awal elemen kerja dan terus dibiarkan berjalan selama periode studi. Pengamat teman melihat jalannya jarum *stopwatch* dan setiap awal/akhir dari sebuah elemen kerja adan mencatat kemudian menuliskannya dilembar pengamatan. Waktu setiap elemen kerja akan diperoleh dengan cara pengurangan dan dilakukan setelah studi pengukuran kerja selesai dilaksanakan.
   b. *Repetitive Timing*

      Jam penunjuk *stopwatch* selalu dikembalikan ke posisi nol setiap kali satu elemen kegiatan selesai dilaksanakan. Waktu yang diamati dan dicatat akan merupakan waktu yang sebenarnya. Analis *Time study* akan bisa mendeteksi dengan mudah adanya variasi perbedaan waktu dari setiap elemen kegiatan.
   c. *Accumulative Timing*

      Merupakan kombinasi cara pengukuran metode *continous* dengan *snap-back*. Dimana pengukuran dilaksanakan dengan menggunakan dua atau lebih *stopwatch* yang bekerja secara bergantian.

2.4 *Performance Rating*

Berdasarkan praktek pengukuran kerja, maka metode penetapan *performance rating* kerja operator adalah didasarkan pada satu faktor tunggal yaitu *operator speed*. Sistem ini dikenal sebagai "*performance rating*" atau "*speed rating*". Faktor ini umumnya dinyatakan dalam prosentase (%) atau angka desimal, dimana performance kerja normal akan sama dengan 100% atau 1.00. Rating faktor pada dasarnya seperti apa yang telah diuraikan

panjang lebar diaplikasikan untuk menormalkan waktu kerja yang diperoleh dari pengukuran kerja akibat tempo atau kecepatan kerja yang berubah ubah. (Wignjosoebroto, 2006). Tabel 2.2 dan 2.3 merupakan tabel *performance ratings* dengan sistem Westinghouse.

Tabel 2.2
Westionghouse *SystemPerformance Rating Skill dan Effort*

SKILL			***EFFORT***		
+0,15	A1	*Superskill*	+0,13	A1	*Superskill*
+0,13	A2		+0,12	A2	
+0,11	B1	*Excellent*	+0,10	B1	*Excellent*
+0.08	B2		+0,08	B2	
+0,06	C1	*Good*	+0,05	C1	*Good*
+0,03	C2		+0,02	C2	
+0,00	D	*Average*	0,00	D	*Average*
-0,05	E1	*Fair*	-0,04	E1	*Fair*
-0,10	E2		-0,08	E2	
-0,16	F1	*Poor*	-0,12	F1	*Poor*
-0,24	F2		-0,17	F2	

Sumber: Wignjosoebroto (2006)

Tabel 2.3
Westionghouse *SystemPerformance Rating Condition & Consistency*

CONDITION			***CONSISTENCY***		
+0,06	A	*Ideal*	+0,04	A	*Ideal*
+0,04	B	*Excellent*	+0,03	B	*Excellent*
+0,02	C	*Good*	+0,01	C	*Good*
+0,00	D	*Average*	0,00	D	*Average*
-0,03	E	*Fair*	-0,02	E	*Fair*
-0,07	F	*Poor*	-0,04	F	*Poor*

Sumber: Wignjosoebroto (2006)

2.5 *Allowance*

Waktu normal untuk suatu elemen kerja adalah semata-mata menunjukkan bahwa seorang operator yang berkualifikasi bekerja menyelesaikan pekerjaan pada kecepatan normal. Karena ini dibutuhkan kelonggaran dalam menyelesaikan pekerjaan yang sering disebut dengan *allowance*. *Allowance* ada 3, terdiri dari:

1. *Personal allowance*

   Personal allowance adalah jumlah waktu yang diijinkan untuk operator yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan pribadi. Yang termasuk kebutuhan pribadi disini adalah minum untuk menghilangkan rasa haus, ke kamar kecil, bercakap-cakap sekedarnya dengan teman sekerja untuk menghilangkan kejenuhan ataupun ketegangan dalam bekerja. Untuk pekerjaan dimana operator bekerja selama 8 jam perhari besamya allowance berkisar 2 - 2,5% di negara maju sedangkan di negara berkembang diberikan 5 - 15%.

2. *Delay allowance*

   Delay allowance merupakan hambatan-hambatan yang tidak dapat dihilangkan. Dalam melaksanakan pekerjaannya, pekerja tidak akan lepas dari berbagai hambatan. Ada hambatan yang dapat dihindarkan seperti mengobrol dengan sengaja. Bagi hambatan pertama jelas tidak ada pilihan selain menghilangkannya, sedangkan yang kedua harus diusahakan serendah mungkin, hambatan akan tetap ada dan karena itu harus tetap diperhitungkan dalam melakukan perhitungan waktu standar. Beberapa contoh hambatan yang tidak dapat dihindarkan adalah:

   a. Menerima atau meminta petunjuk kepada pengawas.
   b. Melakukan penyesuaian-penyesuaian mesin.
   c. Memperbaiki kemacetan-kemacetan singkat,seperti mengganti alat potong yang patah.
   d. Memasang kembali ban yang lepas.
   e. Mengasah peralatan potong.
   f. Mengambil alat-alat atau bahan-bahan khusus dari gudang.
   g. Hambatan-hambatan karena kesalahan pemakaian alat ataupun bahan.

3. *Fatigue allowance*

   Kelelahan (*fatigue*) dapat dilihat dengan menurunnya hasil produksi baik kualitas maupun kuantitas atau dengan perkataan lain rasa lelah itu dapat dilihat dari menurunnya kualitas kerja operator. *Fatigue allowance* terdiri dari dua bagian, yaitu kelonggaran tetap (*basic allowance*) dan *variabel allowance*.

2.6 Uji Keseragaman Data

Menurut Sutalaksana (2006), selain kecukupan data harus dipenuhi dalam pelaksanaan *time study* maka yang tidak kalah pentingnya adalah bahwa data yang dikumpulkan harus seragam. Uji keseragaman data perlu dilakukan mengingat bahwa ketidakseragaman dengan cara *visual* atau mengaplikasikan peta kontrol (*control chart*) yang disebut dengan Peta Kontrol Shewhart.

Dalam penentuan batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB) untuk tingkat kepercayaan 95% dan tingkat ketelitian 5% digunakan batas 1,96σ.

BKA = $\bar{X} + K\,\sigma$ ..... (2-1)

Sumber : Sutalaksana (2006)

BKB = $\bar{X} - K\,\sigma$ ..... (2-2)

Sumber: Sutalaksana (2006)

Dimana:

$\bar{X}$ = rata-rata waktu pengamatan

σ = standar deviasi

K = tingkat kepercayaan

Berikut adalah tingkat kepercayaan yang digunakan dalam uji keseragaman data:

1. Untuk tingkat kepercayaan 99% harga K=3
2. Untuk tingkat kepercayaan 95% harga K=2
3. Untuk tingkat kepercayaan 68% harga K=1

Rata-rata

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{N} \quad \text{.....(2-3)}$$

Sumber: Sutalaksana (2006)

Dimana:

$\bar{X}$ = rata-rata waktu pengamatan

N = Jumlah pengamatan

$\sum$Xi= total waktu pengamatan

Standar Deviasi

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum(Xi-\bar{X})^2}}{N-1} \quad \text{.....(2-4)}$$

Sumber: Sutalaksana (2006)

Dimana:

$\bar{X}$ = rata-rata waktu pengamatan

Xi = hasil pengukuran data ke i

σ = standar deviasi

N = Jumlah pengamatan

2.7 Uji Kecukupan Data

Menurut Sutalaksana (2006), Uji kecukupan data dilakukan untuk mengetahui apakah data yang diambil dari lapangan penelitian telah mencukupi untuk digunakan dalam menyelesaikan permasalahan yang ada. Misalkan serangkaian pengukuran pendahuluan telah dilakukan dan hasil pengukuran ini dapat dikelompokkan ke dalam N sampel.

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{s}\sqrt{N(\sum Xi^2)-(\sum Xi^2}}{\sum Xi}\right] \quad \text{.....(2-5)}$$

Sumber: Sutalaksana (2006)

Dimana:

N’ = Jumlah pengamatan yang seharusnya dilakukan

N = Jumlah pengukuran yang dilakukan

k = Waktu pengamatan

S = Derajat ketelitian

Untuk mengetahui berapa kali pengukuran harus dilakukan, hal pertama yang dilakukan adalah pengukuran pendahuluan.Tujuan melakukan pengukuran pendahuluan ialah untuk mengetahui berapa kali pengukuran harus dilakukan untuk tingkat-tingkat ketelitian dan kepercayaan yang digunakan. Jika diperoleh dari pengujian tersebut ternyata N’ > N, maka diperlukan pengukuran tambahan, tapi jika N’ < N maka data pengukuran pendahuluan sudah mencukupi.

2.8 Waktu Normal

Menurut Wignjosoebroto (2006) waktu normal merupakan waktu yang diperlukan pekerja untuk menyelesaikan suatu aktivitas dalam kondisi kerja yang normal. Waktu normal tidak termasuk waktu longgar yang diperlukan untuk melepas lelah (*fatigue*) ataupun kebutuhan seorang pekerja (*personal needs*). Rumus yang digunakan untuk menghitung waktu normal sebagai berikut.

Wn = Total waktu × *performance rating* (%) ..... (2-6)

Sumber: Wignjosoebroto (2006)

2.9 Perhitungan Waktu Standar

Waktu standar suatu pekerjaan adalah jumlah waktu *standard* dari masing-masing elemen pekerjaan.Waktu standar ini merupakan waktu yang digunakan untuk menyelesaikan satu siklus pekerjaan yang dilakukan menurut metode kerja tertentu pada kecepatan normal dengan mempertimbangkan *performance rating* dan kelonggaran. Waktu standar terutama sekali diperlukan dalam:

1. *Man power planning* (perencanaan kebutuhan tenaga kerja).
2. Estimasi biaya-biaya untuk upah karyawan.
3. Penjadwalan produksi dan penganggaran.
4. Perencanaan sistem pemberian bonus dan insentif bagi karyawan yang berprestasi.
5. Indikasi keluaran (*output*) yang mampu dihasilkan oleh seorang pekerja.

Untuk menghitung waktu standar perlu dihitung waktu siklus rata-rata yang disebut dengan waktu terpilih, *rating factor*, waktu normal dan kelonggaran (*allowance*).

$$Ws = Wn \times \frac{100\%}{100\% - \%allowance} \quad \text{.....(2.7)}$$

Sumber: Wignjosoebroto (2006)

2.10 Pengertian Penjadwalan

Menurut Baker & Trietsch (2009), Kegiatan penjadwalan adalah proses dimana pengalokasian sumber-sumber atau mesin-mesin yang ada untuk menjalankan sekumpulan tugas dalam jangka waktu tertentu. Penjadwalan melibatkan pengerjaan sejumlah komponen yang sering disebut *Job*. *Job* merupakan elemen dasar yang bisa disebut aktivitas atau operasi. Tiap operasi ini membutuhkan alokasi sumber daya selama periode tertentu yang disebut waktu proses. Alokasi sumber daya yang sebelumnya disebut adalah seperti mesin, waktu tunggu, dan transportasi.

2.11 Tujuan Penjadwalan

Menurut Baker & Trietsch (2009), tujuan utama dari dilakukannya penjadwalan adalah agar permintaan dari konsumen dapat terselesaikan pada waktu yang tepat, mengurangi keterlambatan. Memperkecil waktu pengerjaan bisa dilakukan cara meningkatkan produktitas mesin dengan cara mengurangi waktu menganggur mesin. Dengan demikian produktifitas perusahaan akan meningkat dan tujuan untuk memuaskan konsumen tercapai. Disisi lain dengan berkurangnya waktu pengerjaan yang dilakukan oleh perusahaan akan berimbas kepada ongkos produksi yang dikeluarkan perusahaan.

2.12 Beberapa Istilah dan Notasi dalam Penjadwalan

Dalam pembahasan masalah penjadwalan sering dijumpai beberapa istilah yang umum digunakan (Baker & Trietsch,2009), antara lain:

1. Waktu proses / *processing time* (Pi)

   Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan operasi atau proses dari pekerjaan ke- i, waktu proses ini telah mencakup waktu untuk persiapan dan pengaturan proses.

2. *Due date* (di)

   Batas akhir waktu pekerjaan ke-i boleh diselesaikan. Lewat dari batas ini suatu pekerjaan dikatakan tardy.

3. Waktu penyelesaian / *completion time* (Ci)

   Rentang waktu sejak pekerjaan pertama dimulai (t= 0) hingga pekerjaan ke-i diselesaikan.

4. *Lateness* (Li)

   Penyimpangan dari waktu penyelesaian hingga saat *due date.*

   Li = Ci-di < 0, saat memenuhi batas (*early job*).

   Li = Ci-di > 0, saat melampui batas (*tardy job*).

   Li = *Lateness*

   Ci = waktu penyelesaian

   di = *Due date*

5. *Tardiness* (Ti)

   Keterlambatan penyelesaian suatu pekerjaan dari saat *due date. Tardiness* disebut juga sebagai *positive lateness*.

6. *Earliness* (Ei)

   Penyelesaian *job* terlalu dini (sebelum *due date*), *earliness* juga disebut *negative lateness.*

7. *Makespan* (M)

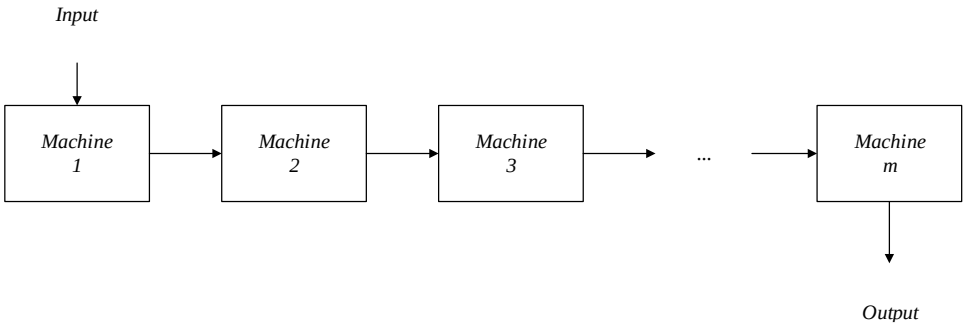
   Jangka waktu penyelesaian seluruh *job. Completion time* terbesar dari seluruh job.

8. *Flowtime* (Fi)

   Merupakan waktu yang dihabiskan *jo* j dalam sistem. Dalam kata lain merupakan rentang waktu antara *job* yang tersedia untuk diproses sampai *job* tersebut selesai dikerjakan.

2.13 Penjadwalan *Flowshop*

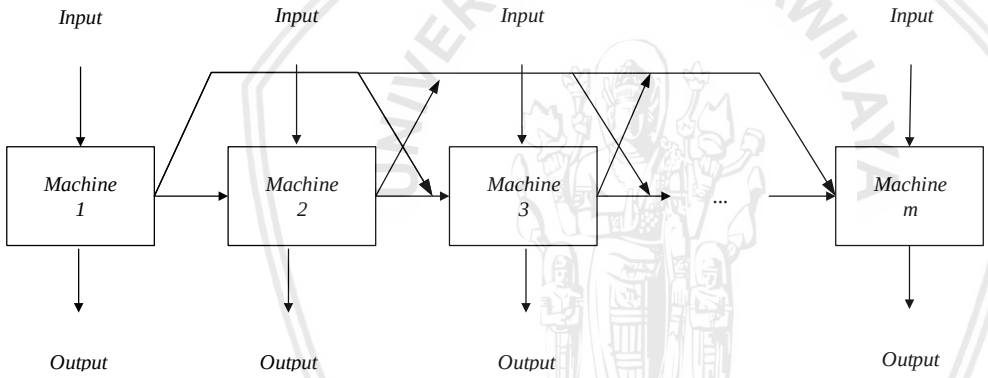
Menurut Baker & Trietsch (2009) tipe penjadwalan *flowshop* adalah pergerakan dari unit satu ke unit yang lain secara terus menerus dengan melewati *workstation* dan disusun berdasarkan produk yang di buat. Proses produksi dengan aliran *Flowshop* berarti proses produksi dengan aliran identik dari satu mesin ke mesin lain. Dan dalam prosesnya produk hanya melewati satu kali proses dalam satu mesin untuk kemudian diproses kembali dengan mesin lainnya seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Aliran kerja *pure flowshop*

Sumber: Baker & Trietsch (2009)

Flowshop secara umum (*General flowshop*) memiliki operasi yang tidak selalu memerlukan diproses pada setiap mesin. Mesin pertama dan mesin terakhir bisa jadi tidak selalu pada mesin ke-1 dan ke-m. Selama aliran kerja masih searah, dapat direpresentasikan sebagai kasus umum sebagai *flowshop* murni dengan waktu operasi sama dengan 0 seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Aliran kerja *general flowshop*

Sumber : Baker & Trietsch (2009)

2.14 *Flexible Flowshop*

Pada dasarnya *flexible flowshop* terdapat m mesin yang disusun secara seri dengan beberapa stage, yang didalam stage terdapat jumlah mesin identik yang disusun secara paralel. Masing-masing *job* akan diproses melewati *stage* 1 kemudian *stage* 2 dan seterusnya hingga selesei. Pada masing-masing *stage*, *job* akan diproses oleh salah satu mesin identik (Pinedo, 2016).

Menurut Ruiz & Vázquez-Rodríguez (2010) ada beberapa karakteristik untuk *hybrid flowshop / flexible flowshop*:

1. Jumlah tahapan proses m minimal 2 buah
2. Setiap tahapan memiliki $M(k) \geq 1$ mesin dalam bentuk paralel dan paling tidak disalah satu stage $M(k) > 1$

3. Semua *job* diproses mengikuti alur produksi yang sama seperti *stage* 1, *stage* 2, sampai dengan *stage* m. Sebuah *job* mungkin *job* ini tetap diproses paling tidak disalah satu *stage* tersebut.

2.15 Metode Penjadwalan Produksi

Dalam menyelesaikan atau memecahkan suatu masalah dalam penjadwalan, dibutuhkan suatu metode yang tepat. Secara umum, ada dua metode yang digunakan, yaitu dengan program linear dan heuristik. Metode heuristik merupakan metode yang melakukan pemecahan masalah yang dapat menghasilkan solusi yang baik. Kelebihan dari metode heuristik adalah tahapan yang digunakan lebih efisien dan sederhana, serta menghasilkan hasil yang mendekati optimal. Metode heuristik dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya adalah pengurutan pekerjaan. Hal ini dapat dilakukan dengan *priority dispatching rule* (memprioritaskan pekerjaan).

Menurut Pinedo (2016) *Priority dispacthing rule* adalah aturan penjadwalan yang mengatur *job* dimana pada suatu *job* pada suatu mesin yang harus diselesaikan terlebih dahulu berdasarkan prioritas-prioritas tertentu. Jadi pada suatu saat mesin telah selesai memproses susatu *job* berdasarkan prioritas yang dipilih salah satu *job* yang memiliki prioritas tertinggi untuk selanjutnya diproses pada mesin tersebut.

2.16 Aturan Prioritas

Aturan prioritas ini digunakan sebagai pedoman untuk pengurutan sebuah pengerjaan yang dilakukan. Ada beberapa aturan prioritas yang populer (Heizer & Render, 2005):

1. FCFS (*First Come First Serve*)

   Pengurutan yang mengutamakan yang pertama datang yang akan terlebih dahulu untuk dikerjakan.
2. SPT (*Shortest Processing Time*)

   Pengurutan yang mengutamakan *job* yang memiliki waktu pemrosesan terpendek yang akan dikerjakan terlebih dahulu.
3. LPT (*Longest Processing Time*)

   Pengurutan yang mengutamakan *job* yang memiliki waktu pemrosesan terpanjang yang akan dikerjakan terlebih dahulu.

4. EDD (*Earliest Due Date*)

   Pengurutan yang mengutamakan *job* yang memiliki batas waktu paling awal atau paling mendekati akan dikerjakan terlebih dahulu.

2.17 Algoritma LPT-LN

Di masa lalu, Sriskandarajah dan Sethi (1989) mengusulkan algoritma *heuristic* untuk memecahkan persoalan penjadwalan *flexibel flowshop* dengan dua pusat mesin. Hong et al. (2006) merancang metode kombinasi LPT-LN adalah metode perluasan algoritma yang sudah ada sebelumnya. Dimana Metode LPT (*Longest Processing Time*) digunakan untuk menentukan atau menetapkan pekerjaan untuk setiap mesin kelompok sedangan algoritma LN digunakan untuk menangani pengurutan pekerjaan pada setiap mesin kelompok. Berikut merupakan notasi yang digunakan dalam algoritma LPT-LN:

n	:	Nomor *job*
m	:	Nomor tugas pada setiap *job*
mc_i	:	Pusat mesin ke-i, i = 1,2,…, m.
p	:	Nomor mesin pada setiap pusat mesin
F_i	:	Alokasi kelompok mesin (*flowshop*) ke-i
F_{ji}	:	Mesin ke-j dari *flowshop* F_i ke-i, j 1 sampai m.
f_i	:	*Completion time* dari *flowshop* ke-i
f_{ji}	:	*Completion time* dari mesin ke-j pada *flowshop* ke-i
T_{ji}	:	Tugas ke-j untuk *job* ke-i, j = 1 sampai m dan i = 1 sampai n
t_{ji}	:	Waktu eksekusi dari T_{ji}
tt_i	:	Waktu total eksekusi daro *job* ke-i
Q_{Fi}	:	Kelompok *job* yang dieksekusi pada *flowshop* ke-i
ff	:	*Completion time* akhir dari seluruh penjadwalan.

Dalam penyelesaian penjadwalan dengan algoritma LPT-LN ada tiga bagian dalam penyelesaiannya dan disetiap bagian terdapat beberapa langkah untuk pengerjaannya. Berikut merupakan langkah-langkah algoritma LPT-LN:

Bagian 1 : Membentuk kelompok mesin

1. Membentuk p pasangan mesin, dimana pada setiap pasangan terdiri dari sedikitnya 1 mesin pada setiap mesin pusatnya. Setiap pasangan mesin dapat dianggap sebagai *flowshop* sederhana $F_1, F_2, F_3, \ldots, F_p$.
2. Menginisialisasi *completion time* pada setiap flowshop $f_1, f_2, f_3, \ldots, f_p$.

Bagian 2 : Menetapkan *job* pada setiap kelompok mesin.

3. Pada setiap *job* J_i, $1 \leq i \leq n$, mencari waktu total eksekusi $tt_i = t_{1i} + t_{2i} + \ldots + t_{mi}$.
4. Mengurutkan *job* secara menurun dari waktu proses tt_i; jika terdapat 2 *job* yang bernilai sama, urutkan secara sembarang.
5. Mencari *flowshop* F_i dengan waktu proses f_i minimum dari semua *flowshop*; jika terdapat *flowshop* dengan waktu proses f_i minimum yang sama, pilih 1 sembarang.
6. Menetapkan *job* pertama J_i dalam daftar pada *flowshop* terpilih.
7. Tambahkan waktu total tt_i dari *job* J_i pada total waktu yang dibutuhkan dari *flowshop* terpilih. $f_i = f_i + tt_i$
8. Hapus *job* J_i dari daftar *job.*
9. Ulangi langkah 5 sampai 8 sampai *job* habis.

Setelah langkah 9, *jobs* telah dikelompokkan pada p kelompok dan telah dialokasikan pada pasangan mesin p.

Bagian 3: Menguraikan pengurutan *job* pada setiap *flowshop*.

10. Untuk setiap *job* i, hitung rata-rata waktu eksekusi pada setiap tugas,

    $T_i^{avg} = \frac{\sum_{j=1}^{m} t_{ji}}{m}$, dimana t_{ji} adalah waktu eksekusi untuk waktu yang dibutuhkan untuk tugas ke j dari *job* ke i.
11. Urutkan *job* berdasarkan T_i^{avg} secara menurun.
12. Memilih 2 *job* pertama dari daftar yang telah diurutkan pada langkah 11 dan menghasilkan 2 jadwal parsial.
13. Menghitung total *completion time* dari setiap jadwal parsial pada langkah 12.
14. Pertahankan jadwal parsial dengan total *completion time* paling kecil.
15. *Set* k = 3.
16. Ulangi langkah 17 sampai 20 sampai semua *job* dalam daftar telah diproses.
17. Pilih *job* ke-k dari daftar yang diurutkan pada langkah 11 dan menghasilkan k kemungkinan jadwal parsial dengan memasukkan *job* ke k dalam jadwal parsial yang telah dipertahankan sebelumnya.
18. Menghitung total *completion time* dari setiap kemungkinan jadwal parsial yang dihasilkan pada langkah 17.
19. Pertahankan jadwal parsial dengan total *completion time* minimum.
20. Set k = k+1. Kembali ke langkah 16

Bagian 4: Menyelesaikan masalah *flowshop*

21. Menetapkan jadwal terpilih pada F_i sebagai Q_{Fi} dan set *completion time* akhir dari setiap *flowshop* f_i = *completion time* dari mesin f_{mi} pada Q_{Fi} ke-m.
22. Cari *completion time* maksimum ff = max (f_i) dari *completion time* semua *flowshop.*

Setelah langkah 22, penjadwalan berakhir dan total *completion time* didapatkan.

Metode LPT-LN dipilih dalam penelitian karena dapat menghemat waktu penyelesaiannya lebih banyak dari pada pendekatan yang optimal dan memperoleh makespan yang mendekati optimal. Dengan demikian, algoritma LPT-LN ini lebih cocok untuk diaplikasikan secara nyata.

2.18 *Gantt Chart*

Gantt chart merupakan respresentasi grafis dari pekerjaan-pekerjaan yang harus diselesaikan dan digambarkan dalam bentuk batang dan analog dengan waktu penyelesaian pekerjaan tersebut (Baker & Trietsch, 2009). Keuntungan menggunakan *gantt chart* sebagai berikut.

1. Semua pekerjaan diperlihatkan secara grafis dalam satu peta yang mudah dipahami.
2. Kemajuan pekerjaan mudah diamati dan diperiksa setiap waktu karena sudah tergambar dengan jelas.
3. Dalam situasi keterbatasan sumber penggunaan *gantt* c*hart* memungkinkan evaluasi yang lebih awal mengenai penggunaan sumber seperti yang telah direncanakan

BAB III
METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan cara atau prosedur beserta tahapan yang disusun secara sistematis dalam proses penelitian. Tujuan dan arah penelitian haruslah jelas sehingga diperlukan sistematika kegiatan yang akan dilaksanakan dengan metode dan prosedur yang tepat mengarah pada sasaran atau target yang telah ditetapkan.

3.1 Jenis Penelitian

Metode penelitian adalah langkah–langkah yang ditetapkan terlebih dahulu sesuai dengan tujuan penelitian. Untuk membantu dalam pengumpulan data serta analisisnya sehingga didapatkan solusi penyelesaian masalah. Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah penelitian deskriptif. Penelitian deskriptif adalah penelitian yang mendeskripsikan dan menginterpretasikan sesuatu yang kemudian dianalisis sehingga dapat memberikan solusi dari masalah yang dihadapi.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dimulai pada bulan Mei 2019 hingga Oktober 2019 di UD Harapan Kita, perusahaan menengah yang berlokasi di desa Kecapi, Kecamatan Tahunan Kabupaten Jepara, Jawa Tengah, Indonesia. Perusahaan ini memproduksi furnitur yang dijual lokal maupun ekspor.

3.3 Sumber Data

Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu:

1. Data primer

   Data primer adalah data yang diperoleh dari pengamatan atau pengukuran secara langsung pada objek penelitian. Data primer dapat berupa hasil pengamatan atau wawancara terhadap pihak terkait. Data primer yang dibutuhkan yaitu:

   a. Elemen kerja proses *finishing* di perusahaan
   b. Waktu dan proses produksi perusahaan.

2. Data sekunder

   Data sekunder adalah data yang telah disajikan oleh pihak perusahaan atau pihak yang telah melakukan penelitian sebelumnya. Data sekunder yang dibutuhkan yaitu:

   a. Profil perusahaan UD Harapan Kita
   b. Data pesanan perusahaan
   c. Data nama, jumlah, dan klasifikasi produk perusahaan.

3.4 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam penelitian. Metode pengumpulan data dilakukan sebagai studi lapangan. Studi lapangan digunakan untuk mengamati permasalahan yang terjadi dan memperoleh data yang dibutuhkan. Berikut merupakan metode pengumpulan data yang digunakan.

1. Observasi Lapangan

   Merupakan suatu metode pengumpulan data dengan melakukan pengamatan secara langsung di lapangan pada saat proses produksi di UD Harapan Kita.

2. Wawancara

   Wawancara merupakan cara pengumpulan data dan informasi yang dilakukan dengan cara mengadakan wawancara secara langsung dengan pihak-pihak organisasi yang berkaitan dengan materi penelitian. Pada penelitian ini, wawancara dilakukan terhadap pihak-pihak sebagai pelaku kegiatan dan yang terlibat dalam kegiatan perencanaan produksi, produksi

3. Dokumentasi

   Dokumentasi merupakan cara pengumpulan data dengan mengambil data-data berupa arsip, foto, atau laporan yang sudah ada.

3.5 Langkah-Langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian merupakan suatu tahapan kegiatan yang dilakukan dalam penelitian yang tersusun secara urut dan sistematis. Langkah-langkah penelitian adalah sebagai berikut:

1. Studi Lapangan

   Tahap ini merupakan tahap awal penelitian. Pada tahap ini dilakukan pengamatan kondisi yang terjadi di lapangan untuk mengetahui kondisi yang ada saat ini. Pemahaman mengenai masalah-masalah yang terjadi dilakukan mengacu pada literatur

teori ilmiah yang berkaitan. Dalam hal ini yang diamati adalah alur produksi, sistem pemesanan, dan kendala-kendala yang terjadi di perusahaan.

2. Tinjauan Pustaka

   Tahap ini dilakukan untuk mencari, mempelajari teori dan ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan permasalahan yang ada sebagai pendukung tercapainya solusi dari permasalahan di lapangan. Tinjauan pustaka yang dilakukan adalah mempelajari literatur-literatur serta informasi dari jurnal dan informasi yang berhubungan dengan permasalahan dalam penelitian ini.

3. Identifikasi Masalah

   Pada tahap ini dilakukan identifikasi permasalahan yang terjadi pada perusahaan terkait, khususnya UD Harapan Kita. Identifikasi dilakukan dengan tujuan untuk menemukan permasalah yang terjadi.

4. Perumusan Masalah

   Tahap ini merupakan hasil dari tahap identifikasi masalah. Topik penelitian dan identifikasi masalah yang telah diperoleh digunakan sebagai acuan dalam menentukan rumusan masalah yang menjadi fokus penelitian

5. Penentuan Tujuan Penelitian

   Tahap selanjutnya merupakan menentukan tujuan penelitian yang akan dilakukan. Hal ini perlu dilakukan agar mendapatkan acuan dalam menentukan tingkat keberhasilan suatu penelitian.

6. Pengumpulan Data

   Pengumpulan data merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mengumpulkan informasi yang menunjang dan mendukung penelitian. Jenis data yang digunakan adalah data primer dan sekunder. Data primer dikumpulkan melalui kegiatan wawancara dan pengamatan langsung di lapangan. sedangkan data sekunder dikumpulkan melalui kegiatan dokumentasi baik dari perusahaan, maupun penelitian sebelumnya.

7. Penentuan Waktu Baku

   Setelah mendapatkan data waktu pada tiap proses produksi, selanjutnya dilakukan penentuan waktu baku proses *finishing* dengan langkah sebagai berikut:

   a. Uji keseragaman data

      Data waktu operasi dari hasil pengamatan selanjutnya dilakukan uji keseragaman data, dalam penelitian ini menggunakan tingkat kepercayaan 95% = 2.

b. Uji kecukupan data

Dalam uji kecukupan data tingkat kepercayaan yang digunakan adalah 95% = 2, sedangkan tingkat ketelitian adalah 5%=2.

c. Menghitung waktu baku

Perhitungan waktu baku, langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan waktu siklus, selanjutnya menentukan waktu normal dengan penyesuaian hasil perhitungan normal ditambah dengan *allowance* yang diberikan.

d. Menghitung total kebutuhan waktu tiap operasi

Menghitung total kebutuhan waktu operasi yang dibutuhkan dengan cara mengelompokkan tiap jenis produk pada suatu operasi sesuai dengan luasan produknya serta komponennya.

8. Penjadwalan untuk Menentukan *due date* produksi

Setelah didapatkan waktu baku setiap proses, selanjutnya dilakukan penjadwalan untuk menentukan *due date* produksi pada perusahaan dengan langkah sebagai berikut:

a. Mengidentifikasi definisi dari notasi variabel dan parameter penjadwalan.

Melakukan dan mengidentifikasi notasi penjadwalan. Notasi terdiri atas variabel dan parameter yang akan digunakan dalam pengembangan penjadwalan.

b. Merancang penjadwalan

Penjadwalan pada sistem operasi produksi furnitur perusahaan menggunakan metode heuristik berbasis LPT-LN yang disesuaikan dengan sistem produksi perusahaan.

c. Mengurutkan pekerjaan dengan metode heuristik berbasis LPT-LN

Dalam tahap ini dilakukan pengurutan produksi dengan pengurutan prioritas *First Come First Serve* (FCFS), dimana pesanan yang datang terlebih dahulu akan dijadwalkan terlebih dahulu. Dalam satu pesanan, terdapat banyak *job. Job* dalam satu pesanan ini yang akan dilakukan pengurutan menggunakan algoritma *Longest Processing Time*-LN (LPT-LN), dimana algoritma ini akan menjadwalkan *job* pada kelompok *flowshop. Job* pada *order* ini langsung dijadwalkan semua. Saat melakukan penjadwalan *order* berikutnya, penjadwalan dilakukan dengan memprioritaskan *order* sebelumnya lalu baru dijadwalkan seperti sebelumnya.

d. Melakukan verifikasi algoritma.

Melakukan verifikasi terhadap algoritma penjadwalan yang menggunakan metode heuristik dengan berbasis LPT-LN untuk memastikan algoritma yang dirancang berjalan sesuai dengan logika berpikir.

e. Mencari estimasi waktu *due date* produksi

Waktu *due date* didapatkan dari *maximum completion time* dari setiap *order* yang diterima oleh perusahaan,

9. Rancangan rekomendasi penentuan *due date*.

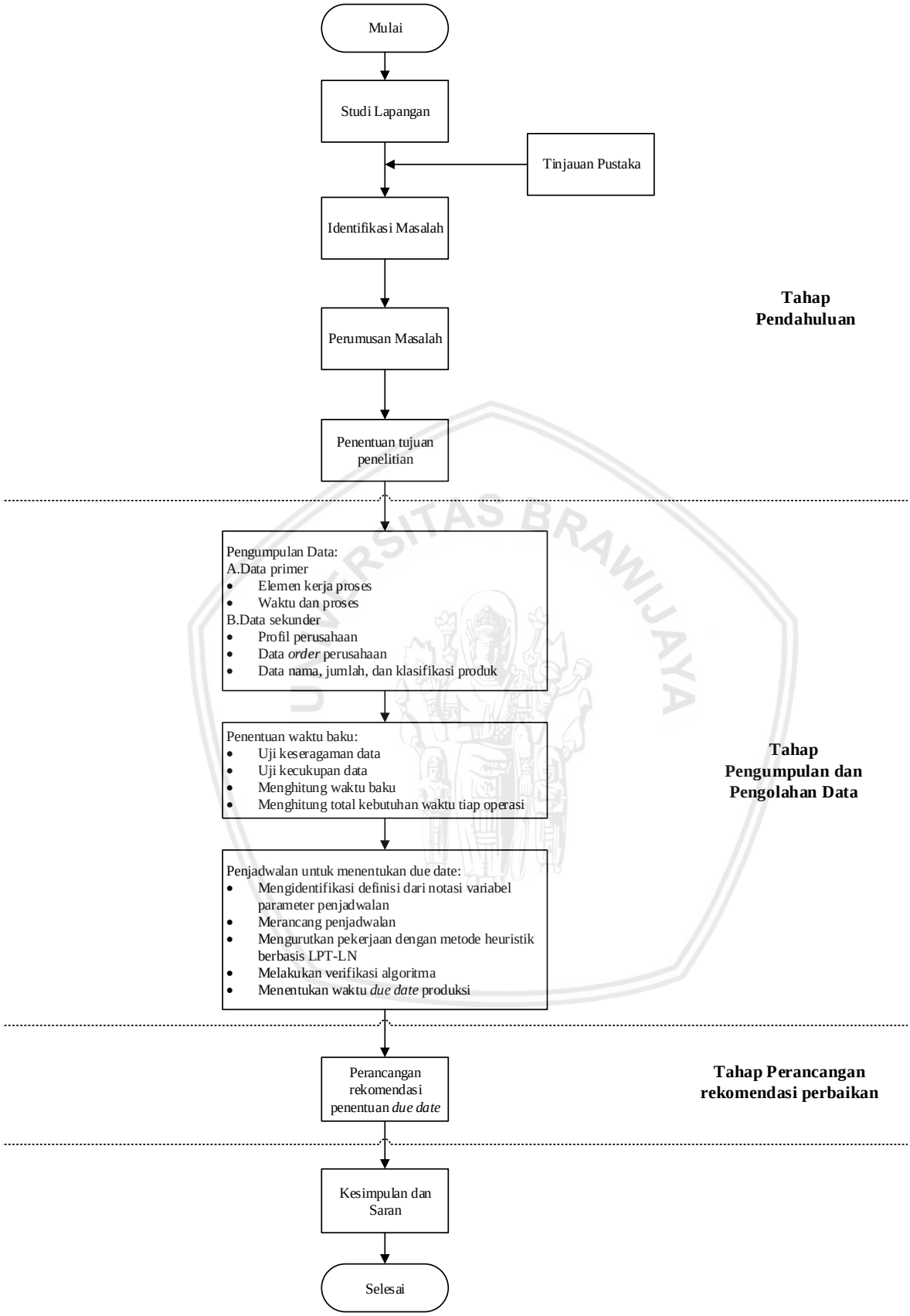
Pada tahap ini, dilakukan perancangan rekomendasi penentuan *due date* menggunakan *software* Microsoft Excel 2013.

10. Kesimpulan dan Saran

Tahap ini merupakan tahap akhir dalam penelitian. Tahap ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil analisis dan pembahasan untuk menjawab tujuan penelitian yang telah ditentukan sebelumnya.

3.6 Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.1 merupakan diagram alir penelitian.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai gambaran umum perusahaan, pengumpulan data yang dibutuhkan untuk penelitian, pengolahan data menggunakan metode yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, serta analisis dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan.

4.1 Gambaran umum perusahaan

Gambaran umum perusahaan membahas mengenai gambaran umum dari UD Harapan Kita yang berupa profil perusahaan, struktur organisasi dan proses produksi pada perusahaan.

4.1.1 Profil umum perusahaan

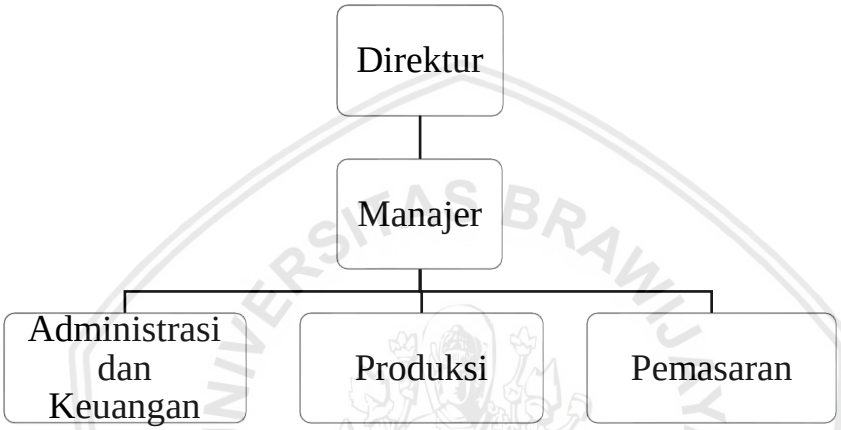
UD Harapan Kita merupakan perusahaan yang berlokasi di jalan RM. Sosrokartono Kecapi Juwetan RT 41 RW VII, kecamatan Tahunan, kabupaten Jepara, Jawa Tengah. Selain itu, perusahaan juga memiliki *showroom* untuk memamerkan sekaligus menjual produk-produk mereka. *Showroom* UD Harapan Kita terletak di jalan Wahid Hasyim, RW V kelurahan Bapangan, kecamatan Jepara, kabupaten Jepara, Jawa Tengah. Perusahaan ini bekerja pada bidang *finishing* furnitur-furnitur berbahan utama kayu jati dan mahoni. Jenis furnitur yang diproduksi oleh perusahaan yang pada awal berdirinya berfokus pada produk *Colonial, Carving Modern* dan *Garden.* Furnitur jenis *Colonial* merupakan gaya furnitur yang terinspirasi oleh Kolonial Amerika tahun 1600-1700an. Gaya ini juga bisa disebut gaya klasik. *Carving Modern* merupakan furnitur dengan hiasan ukiran, yang telah menjadi ciri khas furnitur di Jepara, yang desainnya telah dimodernisasi. Sementara furnitur *Garden* merupakan furnitur-furnitur yang digunakan di luar atau *outdoor*. Contohnya adalah bangku taman, meja taman dan gazebo. Pada praktiknya, perusahaan juga melayani jenis furnitur yang lain. Seperti pada akhir-akhir ini, perusahaan sering melayani furnitur berjenis minimalis.

UD Harapan Kita selalu melakukan kegiatan *finishing* setiap hari Sabtu sampai Kamis. Penjualan produk furnitur UD Harapan kita mencakup lokal dan mancanegara. Biasanya *customer* akan datang langsung ke *showroom* maupun gudang untuk memesan produk yang diinginkan. *Showroom* menyediakan produk furnitur yang sudah jadi dan siap langsung

dikirim. Sementara pada gudang produksi, terdapat stok produk furnitur setengah jadi yang siap untuk di *finishing* saat dipesan oleh *customer*. Produk-produk stok ini dibuat oleh pengrajin furnitur yang telah menjadi mitra perusahaan. Perusahaan tinggal melakukan *finishing* yang sesuai dengan keinginan *customer* maupun pasar, khusus untuk produk yang akan dipajang di *showroom.*

4.1.2 Struktur organisasi perusahaan

Pada Gambar 4.1 merupakan struktur organisasi perusahaan UD Harapan Kita:



Gambar 4.1 Struktur organisasi UD Harapan Kita

Struktur organisasi dan uraian fungsi merupakan hasil dari wawancara dengan direktur perusahaan UD Harapan Kita. Berikut merupakan penjelasan dari struktur organisasi UD Harapan Kita.

1. Direktur

   Direktur yang juga sebagai *owner* perusahaan UD Harapan Kita, memiliki keputusan tertinggi dan bertanggung jawab atas jalannya perusahaan yang dipimpin. Direktur juga yang memutuskan produk apa saja yang akan dipajang di *showroom.*

2. Manajer

   Manajer bertugas dalam hal mengatur permintaan produksi yang akan dikerjakan oleh perusahaan. Permintaan yang didapatkan dari kepala pemasaran, akan diatur oleh manajer dan dibuat daftar *job* yang setelah itu diberikan kepada kepala produksi.

3. Administrasi dan keuangan

   Administrasi dan keuangan bertugas untuk pencatatan-pencatatan barang masuk dan keluar serta keuangan perusahaan. Pencatatan barang masuk seperti pada saat furnitur setengah jadi dari pengrajin telah dikirim ke perusahaan, akan dilaporkan kepada bagian administrasi dan keuangan, untuk diteruskan kepada Manajer.

4. Produksi

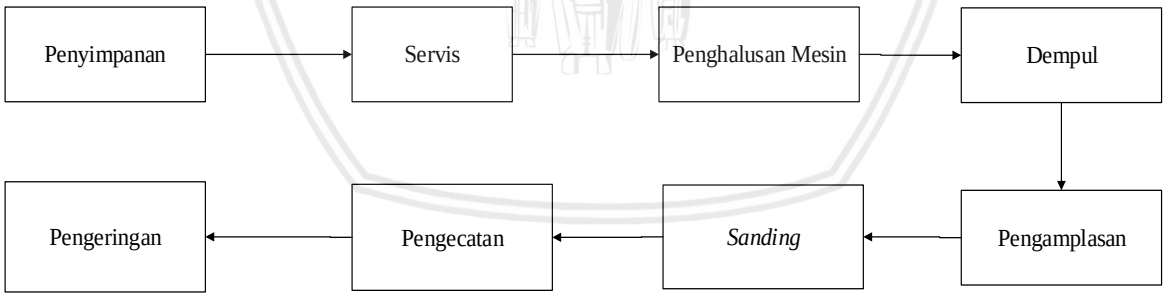
   Divisi produksi bertugas untuk mengatur kegiatan produksi perusahaan, mulai dari awal produk masuk di gudang sampai proses *stuffing*. Divisi ini dipimpin oleh seorang kepala produksi. Kepala produksi akan mendapatkan *list job* yang harus dikerjakan dari manajer, yang selanjutnya akan disalurkan kepada staf-staf produksi untuk dikerjakan sesuai dengan target yang diberikan.

5. Pemasaran

   Divisi pemasaran bertugas untuk memasarkan produk-produk furnitur perusahaan dan melayani calon *customer* yang akan memesan furnitur. Divisi ini dipimpin oleh kepala pemasaran. Saat ada calon *customer* datang, akan dilayani oleh staf pemasaran. Staf pemasaran akan melayani permintaan dalam jumlah kecil, sementara saat ada permintaan dalam jumlah besar atau ekspor, calon *customer* akan diarahkan menuju kepala pemasaran.

4.1.3 Proses *finishing* perusahaan

Proses *finishing* pada UD Harapan Kita dimulai dari furnitur setengah jadi yang dikirim oleh pengrajin disimpan di dalam gudang sampai furnitur jadi dikemas dan siap untuk dikirimkan kepada *customer*. Terdapat 8 tahapan proses yang dilakukan saat *finishing.* Urutan proses *finishing* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Proses produksi perusahaan

Berikut ini merupakan penjelasan tahapan proses *finishing* pada UD Harapan Kita:

1. Penyimpanan

   Furnitur setengah jadi yang telah dibuat oleh pengrajin yang telah menjadi mitra perusahaan disimpan di dalam gudang. Furnitur setengah jadi disimpan dalam gudang tertutup dan terlindung dari hujan. Penyimpanan bertujuan untuk mengurangi kadar air di dalam kayu. Tahapan ini berlangsung selama kurang lebih tiga minggu. Saat akan mulai dikerjakan, furnitur setengah jadi ini akan diperiksa kondisinya. Furnitur setengah jadi yang rusak akan diservis terlebih dahulu.

2. Penghalusan mesin

   Proses penghalusan pada perusahaan dilakukan menggunakan mesin gerinda. Proses awalnya adalah mempersiapkan mesin gerinda dengan menempelkan amplas pada permukaan mata pisau mesin. Setelah itu permukaan diratakan menggunakan mesin gerinda.

3. Pendempulan

   Dempul merupakan proses penambalan lubang-lubang pada permukaan kayu. Lubang-lubang yang tidak dapat dihindari dari kayu, disumpal dengan *gel* khusus. *Gel* ini akan menutup lubang-lubang dan menyatu dengan permukaan kayu. Setelah *gel* dioleskan, dilakukan pemerataan agar *gel* rata dengan permukaan kayu.

4. Pengamplasan

   Permukaan kayu yang telah dihaluskan menggunakan mesin gerinda masih belum sempurna. Oleh karena itu perlu dilakukan penghalusan kembali. Proses penghalusan untuk memperbaiki penghalusan dari mesin gerinda adalah proses pengamplasan. Proses pengamplasan ini dilakukan secara manual dengan menggosokkan kertas amplas langsung ke permukaan kayu.

5. *Sanding*

   Sanding merupakan proses yang bertujuan untuk menutupi pori-pori kayu dengan cairan khusus. Permukaan kayu yang telah halus dibersihkan terlebih dari debu-debu bekas pengamplasan. Setelah itu permukaan kayu dioleskan menggunakan kuas sampai merata. Setelah seluruh permukaan kayu dioleskan, produk didiamkan selama 15 s/d 30 menit sebelum dilakukan proses berikutnya.

6. Pengecatan

   Pengecatan ini adalah tahap utama dari proses *finishing.* Pengecatan dilakukan untuk memperindah sekaligus melindungi permukaan furnitur agar lebih awet. Proses diawali dengan mempersiapkan cat yang akan dioleskan pada permukaan kayu. Permukaan kayu lalu dihaluskan lagi menggunakan amplas, baru dioleskan cat dengan kuas. Proses ini dilakukan dua kali. Pada perusahaan UD Harapan Kita juga terdapat proses pengecatan dengan metode penyemprotan, namun permintaan funitur menggunakan metode ini tidak begitu banyak. Oleh karena itu, pada penelitian ini hanya difokuskan pada pengecatan dengan metode kuas.

7. Pengeringan

   Pengeringan dilakukan untuk mengeringkan cat dari tahapan sebelumnya. Pengeringan dilakukan dengan meletakkan furnitur pada tempat yang memiliki sirkulasi udara cukup dan tidak terkena sinar matahari secara langsung. Proses minimal dilakukan selama 1 hari penuh.

4.2 Pengumpulan Data

Pada tahap pengumpulan data, dijelaskan mengenai pengumpulan data yang dibutuhkan untuk digunakan dalam penelitian ini. Data-data yang dikumpulkan diantaranya adalah jumlah tenaga kerja, elemen kerja proses, waktu proses serta data nama, jumlah dan klasifikasi dari produk yang dilakukan proses *finishing* oleh perusahaan.

4.2.1 Data Jenis Furnitur yang telah diekspor

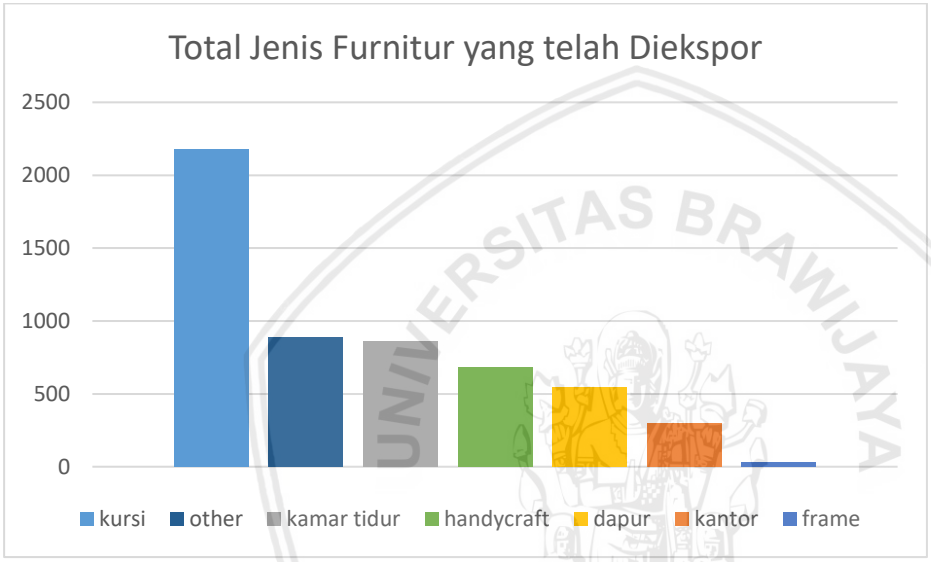
Perusahaan telah mengirimkan produk-produknya ke berbagai negara. Produk-produk dikelompokkan sesuai peraturan menteri keuangan Republik Indonesia nomor 6/PMK.010/2017 tentang penetapan sistem klasifikasi barang dan pembebanan tarif bea masuk atas barang impor. Furnitur yang telah diekspor oleh UD Harapan Kita pada tahun 2018 terdapat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1
Jenis furnitur yang telah diekspor tahun 2018

No	HS Code	Deskripsi	Keterangan
1	9401 6990	Kursi	Furnitur kayu yang digunakan sebagai tempat duduk seperti kursi makan dan bangku kafe.
2	9403 3000	Kantor	Furnitur kayu yang digunakan di kantor seperti meja komputer dan rak dokumen.
3	9403 4000	Dapur	Furnitur kayu yang digunakan di dapur seperti rak dapur dan meja makan.
4	9403 5000	Kamar Tidur	Furnitur kayu yang digunakan di kamar tidur seperti dipan dan *wardrobe.*
5	4414 0000	*Frame*	Bingkai kayu untuk lukisan, foto atau cermin.
6	9810 9900	*handycraft*	Hiasan kayu yang berfungsi sebagai pajangan atau hiasan.
7	9403 6010	*Other*	Furnitur yang tidak termasuk dalam pengelompokan lainnya. Contohnya : lemari bufet.

Pada Tabel 4.1 terdapat 7 jenis furnitur yang telah diekspor pada tahun 2018. Furnitur-furnitur ini terdiri dari kelompok kursi, kantor, dapur, kamar tidur, *frame, handycraft* dan *other*. Kategori kursi merupakan furnitur kayu yang digunakan sebagai tempat duduk seperti kursi *handrest* atau kursi makan dan bangku. Kategori kantor merupakan furnitur yang digunakan pada ruang kantor, seperti meja komputer dan rak dokumen. Kategori dapur

meliputi furnitur pada dapur seperti rak dapur dan meja makan. Furnitur-furnitur yang digunakan pada kamar tidur seperti dipan dan lemari pakaian atau *wardrobe* masuk dalam kategori kamar tidur. *Frame* merupakan kategori untuk bingkai kayu yang biasa digunakan pada lukisan, foto, atau cermin. *Handycraft* merupakan hiasan berbahan dasar kayu yang digunakan hanya untuk pajangan. Dan kategori *other* merupakan furnitur kayu yang tidak masuk dalam pengelompokan lainnya. Pada kategori ini yang diekspor oleh perusahaan adalah lemari bufet. Pada Gambar 4.3 menunjukkan jumlah produk yang diekspor oleh perusahaan dari masing-masing kategori.



*Gambar 4.*3 Total jenis furnitur yang telah diekspor tahun 2018

Furnitur jenis kursi, *other*, dan kamar tidur merupakan jenis *furnitur* yang memiliki total ekspor terbanyak di tahun 2018. Menurut manajer perusahaan, furnitur terbanyak yang diproduksi untuk jenis kursi adalah kursi tanpa sandaran tangan, sementara untuk jenis *other* adalah bufet, dan kamar tidur adalah meja dipan. Berdasarkan data dan rekomendasi dari manajer perusahaan, maka dalam penelitian ini dilakukan pengamatan pada furnitur jenis kursi, bufet dan dipan.

Pada penelitian kali ini, terdapat beberapa produk yang akan dihitung waktu proses *finishing* yang akan digunakan dalam perhitungan selanjutnya. Pada Tabel 4.2 berisi data produk-produk yang akan dihitung waktu proses *finishing* pada penelitian ini.

Tabel 4.2
Kode jenis produk yang diproses

Kode	Jenis Produk	Ukuran (cm)
B-1	Bufet	100×45×90
B-2	Bufet	120×40×60
B-3	Bufet	120×40×81
B-4	Bufet	120×45×85
B-5	Bufet	120×45×90
B-6	Bufet	150×40×60

Kode	Jenis Produk	Ukuran (cm)
B-7	Bufet	175×45×50
B-8	Bufet	175×50×50
B-9	Bufet	180×45×60
B-10	Bufet	76×40×80
B-11	Bufet	140×70×45
B-12	Bufet	200×45×45
B-13	Bufet	90×45×100
D-1	Dipan	180×200×105
D-2	Dipan	160×200×105
D-3	Dipan	90×190×105
K-1	Kursi	42×44×88
K-2	Kursi	45×45×105
K-3	Bangku Kafe	45×45×40
W-1	*Wardrobe*	110×60×200
W-2	*Wardrobe*	170×60×200
W-3	Wardrobe	100×60×200

Pada Tabel 4.2 memperlihatkan produk-produk yang diproses pada perusahaan. Produk-produk ini dibedakan setiap jenis produk dengan kode alfabet, dan angka untuk membedakan setiap ukurannya untuk membantu mengklasifikasi pada saat perhitungan waktu proses *finishing.*

4.2.2 Data Jumlah Tenaga Kerja di Setiap Proses

Jumlah tenaga kerja yang digunakan merupakan data tenaga kerja pada bulan April 2019. Tujuan dari data ini adalah untuk mengetahui kapasitas aliran pada setiap proses. Jumlah tenaga kerja ini akan menjadi dasar saat melakukan penjadwalan *job* pada setiap proses. Pada Tabel 4.3 merupakan jumlah tenaga kerja pada UD Harapan Kita.

Tabel 4.3
Jumlah Tenaga Kerja pada Setiap Proses

No.	Proses	Jumlah Tenaga Kerja	tersedia	Jumlah Alat/Mesin Tersedia
1	Penghalusan mesin	5	16 April 2019	7
2	Dempul	4	16 April 2019	Melimpah
3	Pengamplasan	14	16 April 2019	Melimpah
4	*Sanding*	7	16 April 2019	Melimpah
5	Pengecatan	12	16 April 2019	Melimpah

Berdasarkan Tabel 4.3 ditunjukkan bahwa terdapat 41 pekerja yang mengerjakan proses *finishing.* Pekerja-pekerja dibagi dalam 5 proses pengerjaan produk. 5 pekerja ditempatkan pada penghalusan mesin dengan 7 mesin gerinda, 4 pekerja pada proses dempul, 14 pekerja pada pengamplasan, 7 pekerja pada *sanding* dan 12 pekerja pada pengecatan.

4.2.3 Data Pemesanan Bulan April 2019

Perusahaan hampir selalu melakukan ekspor. Selain memenuhi pemesanan ekspor, perusahaan juga melakukan proses *finishing* untuk produk-produk yang akan dipajang di *showroom.* Permintaan pengisian furnitur pada *showroom* dianggap seperti pemesanan lainnya. Pada penelitian kali ini, data yang digunakan pada bulan April 2019. Pada bulan ini tidak ada pemesanan dari *showroom.* Data ini dipilih karena pada bulan ini memiliki pesanan yang dapat lakukan dilakukan proses *finishing* dan produk yang dikerjakan sesuai dengan produk yang akan diamati. Pada Tabel 4.4 berisi data pesanan pada bulan April 2019.

Tabel 4.4
Data Pesanan bulan April 2019

No. PO	Tanggal Order	Target Penyelesaian	Kode	Jenis Produk	Ukuran (cm)	Jumlah
HK/PO-1/190402	2 April 2019	18 April 2019	D-3	Dipan	90×190×105	4
			D-1	Dipan	180×200×105	1
			B-11	Bufet	140×70×45	1
			B-2	Bufet	120×40×60	1
			B-7	Bufet	175×45×50	2
			B-6	Bufet	150×40×60	1
			W-1	*Wardrobe*	110×60×200	2
			W-2	*Wardrobe*	170×60×200	2
			K-2	Kursi	45×45×105	24
			B-9	Bufet	180×45×60	1
HK/PO-1/190407	7 April 2019	20 April 2019	K-2	Kursi	45×45×105	24
			K-3	Bangku Kafe	45×45×40	2
			D-2	Dipan	160×200×105	2
			W-1	*Wardrobe*	110×60×200	2
			B-3	Bufet	120×40×81	6
			B-12	Bufet	200×45×45	2
			B-4	Bufet	120×45×85	1
			B-5	Bufet	120×45×90	1
HK/PO-1/190418	18 April 2019	28 April 2019	B-1	Bufet	100×45×90	3
			B-8	Bufet	175×50×50	2
			B-3	Bufet	120×40×81	5
			W-3	*Wardrobe*	100×60×200	2
			B-13	Bufet	90×45×100	3
			K-3	Bangku Kafe	45×45×40	2
			B-10	Bufet	76×40×80	2
			K-1	Kursi	42×44×88	18

Pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa terapat 3 *order* pada bulan April 2019. *Order* pertama pada tanggal 2 April 2019 dengan target penyelesaian 18 April 2019, yaitu HK/PO-1/190402, lalu pada tanggal 7 April 2019 ada HK/PO-1/190418 dengan target penyelesaian 20 April 2019 dan terakhir adalah HK/PO-1/190418 pada 18 April 2019 dengan target

penyelesaian 28 April 2019. Ketiga *order* ini merupakan pesanan yang nantinya akan diekspor keluar negeri.

4.2.4 Penyusunan Elemen Kerja

Proses *finishing* yang ada dilakukan oleh pekerja berbeda pada tiap prosesnya. Berikut merupakan elemen kerja dari setiap pekerja yang ada pada proses *finishing* yang disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5
Elemen Kerja pada Setiap Proses *Finishing*

Jenis Furnitur	Proses	Kode	Elemen Kerja	Luasan
Kursi	Penghalusan mesin	GK1	Menyiapkan mesin	1
		GK2	Mengatur posisi menyandar ke atas	1
		GK3	Menghaluskan sandaran	2925 cm^2
		GK4	Menghaluskan kaki kursi bagian samping	360 cm^2
		GK5	Mengatur posisi menyamping	1
		GK6	Menghaluskan kaki kursi bagian depan	360 cm^2
		GK7	Mengatur posisi telungkup	1
		GK8	Menghaluskan sandaran bagian belakang	3645 cm^2
		GK9	Mengatur posisi berdiri	1
		GK10	Pengahalusan alas duduk	2025 cm^2
		GK11	Menghaluskan sisi atas sandaran	180 cm^2
	Dempul	DK1	Mengatur posisi kursi untuk didempul	1
		DK2	Membersihkan debu	9315 cm^2
		DK3	Melakukan dempul	9315 cm^2
	Pengamplasan	AK1	Mengambil dan mengatur posisi telungkup	1
		AK2	Mengamplas bagian belakang	3645 cm^2
		AK3	Mengatur posisi menyandar ke atas	1
		AK4	Mengamplas kaki depan	360 cm^2
		AK5	Mengatur posisi berdiri	1
		AK6	Mengamplas alas duduk	2025 cm^2
		AK7	Mengamplas sandaran bagian depan	2925 cm^2
		AK8	Membersihkan bekas amplas	9315 cm^2
	Sanding	SK1	Mengatur posisi berdiri	1
		SK2	Membersihkan debu sandaran depan	2925 cm^2
		SK3	Menguaskan cairan sanding pada sandaran depan	2925 cm^2
		SK4	Mebersihkan debu pada alas duduk	2025 cm^2
		SK5	Menguaskan cairan sanding pada alas duduk	2025 cm^2
		SK6	Mengatur posisi menyandar ke atas	1
		SK7	Membersihkan debu pada kaki bagian depan	360 cm^2
		SK8	Menguaskan cairan sanding pada kaki bagian depan	360 cm^2
		SK9	Mengatur posisi berdiri	1
		SK10	Membersihkan debu bagian belakang	3645 cm^2
		SK11	Menguaskan cairan sanding bagian belakang	3645 cm^2
	Pengecatan	CK1	Mengatur posisi untuk berdiri	1
		CK2	Menghaluskan permukaan	9315 cm^2

Jenis Furnitur	Proses	Kode	Elemen Kerja	Luasan
		CK3	Menguaskan pada sandaran depan dan alas duduk	4950 cm^2
		CK4	Mengatur posisi telungkup	1
		CK5	Menguaskan pada bagian belakang	3645 cm^2
Bufet	Penghalusan mesin	GB1	Menyiapkan mesin	1
		GB2	Menghaluskanpermukaan atas	9000 cm^2
		GB3	Meratakan permukaan rak 1	4800 cm^2
		GB4	Meratakan permukaan rak 2	4800 cm^2
		GB5	Meratakan sisi samping 1	2025 cm^2
		GB6	Meratakan sisi belakang	9000 cm^2
		GB7	Meratakan sisi samping 2	2025 cm^2
		GB8	Meratakan permukaan depan dan dalam	9000 cm^2
		GB9	Meratakan laci	9150 cm^2
	Dempul	DB1	Mengatur posisi untuk didempul	1
		DB2	Membersihkan debu	77250 cm^2
		DB3	Melakukan dempul	77250 cm^2
	Pengamplasan	AB1	Mengatur posisi untuk diamplas dan melepaskan laci	1
		AB2	Meratakan permukaan depan dan dalam	9000 cm^2
		AB3	Meratakan permukaan samping 1	2025 cm^2
		AB4	Meratakan permukaan belakang	9000 cm^2
		AB5	Meratakan permukaan samping 2	2025 cm^2
		AB6	Meratakan permukaan atas	9000 cm^2
		AB7	Meratakan laci	9150 cm^2
	Sanding	SB1	Mengatur posisi bufet	1
		SB2	Membersihkan debu pada laci	9150 cm^2
		SB3	Menguaskan cairan sanding pada laci	9150 cm^2
		SB4	Membersihkan debu pada permukaan	9000 cm^2
		SB5	Menguaskan cairan sanding pada permukaan	9000 cm^2
		SB6	Membersihkan debu pada samping	2025 cm^2
		SB7	Menguaskan cairan sanding pada samping	2025 cm^2
		SB8	Membersihkan debu belakang	9000 cm^2
		SB9	Menguaskan cairan sanding pada belakang	9000 cm^2
		SB10	Membersihkan debu pada samping	2025 cm^2
		SB11	Menguaskan cairan sanding pada samping	2025 cm^2
		SB12	Membersihkan debu bagian dalam	9000 cm^2
		SB13	Menguaskan cairan sanding pada bagian dalam	9000 cm^2
	Pengecatan	CB1	Mengatur posisi bufet untuk dicat	1
		CB2	Menghaluskan permukaan laci	9150 cm^2
		CB3	Menguaskan pada laci	9150 cm^2
		CB4	Menghaluskan permukaan depan dan atas	18000 cm^2
		CB5	Menghaluskan permukaan samping 1	2025 cm^2
		CB6	Menghaluskan permukaan belakang	9000 cm^2
		CB7	Menghaluskan permukaan samping 2	2025 cm^2
		CB8	Menguaskan pada permukaan atas dan depan	18000 cm^2
		CB9	Menguaskan pada permukaan samping	2025 cm^2
		CB10	Menguaskan pada permukaan belakang	9000 cm^2
		CB11	Menguaskan pada permukaan samping	2025 cm^2
Dipan	Penghalusan mesin	GD1	Menyiapkan mesin	1
		GD2	Menghaluskan sandaran bagian depan	16800 cm^2

Jenis Furnitur	Proses	Kode	Elemen Kerja	Luasan
		GD3	Mengatur posisi sandaran menyandar belakang	1
		GD4	Menghaluskan sandaran bagian belakang	16800 cm^2
		GD5	Mengatur posisi jaranan menyandar bagian dalam	1
		GD6	Menghaluskan jaranan bagian dalam	9000 cm^2
		GD7	Mengatur posisi jaranan menyandar bagian luar	1
		GD8	Menghaluskan jaranan bagian luar	9000 cm^2
		GD9	Mengatur posisi waton menyandar bagian luar	1
		GD10	Menghaluskan waton bagian luar	4600 cm^2
		GD11	Mengatur posisi waton menyandar bagian dalam	1
		GD12	Menghaluskan waton bagian dalam	4600 cm^2
		GD13	Mengatur posisi gambangan	1
		GD14	Menghaluskan gambangan	3200 cm^2
	Dempul	DD1	Mengatur posisi sandaran	1
		DD2	Membersihkan sandaran	32600 cm^2
		DD3	Mendempul sandaran	32600 cm^2
		DD4	Mengatur posisi jaranan	1
		DD5	Membersihkan jaranan	18000 cm^2
		DD6	Mendempul jaranan	18000 cm^2
		DD7	Mengatur posisi waton	1
		DD8	Membersihkan waton	9200 cm^2
		DD9	Mendempul waton	9200 cm^2
	Pengamplasan	AD1	Mengatur posisi menyandar bagian depan	1
		AD2	Menghaluskan sandaran bagian depan	16800 cm^2
		AD3	Mengatur posisi menyandar bagian belakang	1
		AD4	Menghaluskan sandaran bagian belakang	16800 cm^2
		AD5	Mengatur posisi menyandar bagian dalam	1
		AD6	Menghaluskan jaranan bagian dalam	9000 cm^2
		AD7	Mengatur posisi jaranan menyandar bagian luar	1
		AD8	Menghaluskan jaranan bagian luar	9000 cm^2
		AD9	Mengatur posisi waton menyandar bagian luar	1
		AD10	Menghaluskan waton bagian luar	4600 cm^2
		AD11	Mengatur posisi waton menyandar bagian dalam	1
		AD12	Menghaluskan waton bagian dalam	4600 cm^2
	Sanding	SD1	Mengatur posisi sandaran menyandar bagian depan	1
		SD2	Membersihkan sandaran bagian depan	16800 cm^2
		SD3	Menguaskan cairan sanding pada sandaran bagian depan	16800 cm^2
		SD4	Mengatur posisi sandaran menyandar bagian belakang	1
		SD5	Membersihkan sandaran bagian belakang	16800 cm^2
		SD6	Menguaskan cairan sanding pada sandaran bagian belakang	16800 cm^2
		SD7	Mengatur posisi jaranan bagian luar	1

Jenis Furnitur	Proses	Kode	Elemen Kerja	Luasan
		SD8	Membersihkan jaranan bagian luar	9000 cm^2
		SD9	Menguaskan cairan sanding pada jaranan bagian luar	9000 cm^2
		SD10	Mengatur posisi jaranan bagian dalam	1
		SD11	Membersihkan jaranan bagian dalam	9000 cm^2
		SD12	Menguaskan cairan sanding pada jaranan bagian dalam	9000 cm^2
		SD13	Mengatur posisi waton bagian luar	1
		SD14	Membersihkan waton bagian luar	4600 cm^2
		SD15	Menguaskan cairan sanding pada waton bagian luar	4600 cm^2
		SD16	Mengatur posisi waton bagian dalam	1
		SD17	Membersihkan waton bagian dalam	4600 cm^2
		SD18	Menguaskan cairan sanding pada waton bagian dalam	4600 cm^2
	Pengecatan	CD1	Mengatur posisi	1
		CD2	Menghaluskan sandaran bagian depan	16800 cm^2
		CD3	Menguaskan sandaran bagian depan	16800 cm^2
		CD4	Mengatur posisi	1
		CD5	Menghaluskan sandaran bagian belakang	16800 cm^2
		CD6	Menguaskan sandaran bagian belakang	16800 cm^2
		CD7	Mengatur posisi	1
		CD8	Menghaluskan jaranan bagian luar	9000 cm^2
		CD9	Menguaskan jaranan bagian luar	9000 cm^2
		CD10	Mengatur posisi	1
		CD11	Menghaluskan jaranan bagian dalam	9000 cm^2
		CD12	Menguaskan jaranan bagian dalam	9000 cm^2
		CD13	Mengatur posisi	1
		CD14	Menghaluskan waton bagian luar	4600 cm^2
		CD15	Menguaskan waton bagian luar	4600 cm^2
		CD16	Mengatur posisi	1
		CD17	Menghaluskan waton bagian dalam	4600 cm^2
		CD18	Menguaskan waton bagian dalam	4600 cm^2
		CD19	Mengatur posisi	1
		CD20	Menguaskan gambangan	3200 cm^2

Pekerja pada UD Harapan Kita bekerja selama 6 hari selama seminggu dengan libur pada hari Jumat. Jam kerja perusahaan dimulai pada pukul 7.30 pagi sampai dengan 16.00 sore. Pada saat pukul 7.30 pagi, digunakan oleh pekerja untuk persiapan dan mulai aktif bekerja pada pukul 8.00 pagi sampai dengan 12.00 siang, dilanjutkan kembali pukul 13.00 siang sampai dengan 16.00 sore. Pada penelitian ini akan mengamati proses *finishing* pada produk kursi, bufet dan dipan dengan menggunakan metode *stopwatch time study.*

4.2.5 Data Waktu Pengamatan

Pengukuran waktu diperlukan untuk mendapatkan *input* dalam penentuan waktu standar proses *finishing*. Pengamatan dilakukan pada setiap bagian proses *finishing* UD Harapan Kita. Pengambilan data pengamatan diambil dari satu pekerja pada tiap proses *finishing.*

Pekerja yang dipilih merupakan pekerja dengan kemampuan rata-rata yang dipilih berdasarkan rekomendasi dari *staff* produksi perusahaan. Dalam penelitian ini, produk yang diamati adalah kursi minimalis berdimensi 45×45×105 cm, lemari bufet berdimensi 200×45×45 cm, dan dipan dengan ukuran 160×200×105 cm. Penelitian dilakukan pada *workstation* penghalusan untuk proses penghalusan mesin dan *workstation finishing* untuk proses pendempulan sampai pengecatan. Alat bantu yang digunakan adalah *stopwatch* dan lembar pengamatan yang diambil dengan satuan menit. Berikut ini merupakan hasil pengamatan *stopwatch time study* :

1. Proses *Finishing* Kursi

   Pada proses *finishing* kursi, terdiri dari beberapa proses. Proses yang diamati yaitu proses penghalusan mesin, pendempulan, pengamplasan, *sanding*, dan pengecatan.

2. Proses *Finishing* Lemari Bufet

   Proses *finishing* pada lemari bufet tidak jauh berbeda dengan proses *finishing* produk kursi. Proses *finishing* pada lemari bufet hampir sama dengan proses *finishing* pada kursi, dimana produk dihaluskan mesin, lalu dilanjutkan dengan pendempulan, pendamplasan, *sanding* dan pengecatan. Perbedaan proses terletak pada bentuk dan luasan produk yang diproses.

3. Proses *Finishing* Dipan

   Proses *finishing* pada produk dipan diproses mulai dari penghalusan mesin, pendempulan, pengamplasan, *sanding*, dan pengecatan. Pada proses pengerjaan dipan terdiri dari pengerjaan bagian-bagiannya. Bagian-bagian dipan yang melalui proses *finishing* adalah sandaran, jaranan, waton dan gambangan. Pada gambangan proses *finishing* yang dilakukan hanya penghalusan mesin dan pengecatan.

   Data proses yang diambil sebannyak 15 kali replikasi pada setiap prosesnya. Pada Tabel 4.6 ditampilkan data replikasi proses penghalusan mesin pada produk kursi.

Tabel 4. 6
Data *Stopwatch Time Study Proses* Penghalusan mesin Produk Kursi

Elemen Kerja	**Replikasi**				
GK1	2,45	2,33	2,43	2,15	2,07
	2,7	2,45	2,33	2,43	2,15
	2,75	2,83	2,43	2,67	2,55
GK2	0,53	0,45	0,5	0,52	0,47
	0,45	0,47	0,45	0,5	0,52
	0,52	0,5	0,47	0,47	0,48
GK3	2,82	3,02	2,82	3,22	2,75
	2,87	2,82	2,98	3,07	3,22
	2,85	2,85	2,67	3,2	3,07
GK4	1,17	1,47	1,25	1,08	1,4

Elemen Kerja	Replikasi				
	1,28	1,17	1,47	1,25	1,15
	1,4	1,27	1,37	1,42	1,18
	0,43	0,45	0,43	0,53	0,47
GK5	0,42	0,43	0,45	0,5	0,53
	0,48	0,53	0,48	052	0,5
	1,1	0,95	1,03	1,08	0,92
GK6	1	1,1	0,95	1,03	1,08
	0,97	1,05	1,08	0,97	1,02
	0,73	0,87	0,92	0,87	0,77
GK7	0,83	0,73	0,87	0,92	0,87
	0,92	0,92	0,9	0,88	0,88
	4,17	5,43	4,98	5,1	4,35
GK8	5,88	4,17	5,43	4,98	5,1
	5,18	5,02	5,32	5,12	5,37
	0,43	0,45	0,33	0,43	0,37
GK9	0,38	0,43	0,38	0,37	0,43
	0,45	0,37	0,42	0,37	0,43
	2,83	2,93	3,15	2,53	2,97
GK10	3	2,83	2,97	3,15	2,53
	2,82	2,58	3,07	3,07	2,68
	0,17	0,13	0,18	0,15	0,18
GK11	0,15	0,17	0,17	0,15	0,15
	0,15	0,15	0,17	0,18	0,15

4.2.6 Penentuan *Performance Rating*

Performance Rating bertujuan untuk menormalkan waktu kerja yang didapat dari hasil pengamatan yang diakibatkan oleh operator yang bekerja kurang wajar. Seperti bekerja dalam tempo atau keccepatan yang tidak sebagaimana mestinya. Nilai *performance* didapatkan dari tabel Westinghouse *system* yang memiliki 4 faktor penilaian, yaitu *skill, effort, condition* dan *consistency*. Berikut ini merupakan Tabel 4.7 yang menunjukkan *performance rating* dari setiap pekerja yang didapatkan dari diskusi peneliti dengan *staff* produksi yang bertanggung jawab pada perusahaan.

Tabel 4.7
Performance Rating Pekerja

Pekerja	Westinghouse *System*				Total	PR	Keterangan
	Skill	***Effort***	***Condition***	***Consistency***			
Penghalusan mesin	D = +0.00	D = +0.00	D = +0.00	D = +0.00	0.00	1.00	*Average*
Dempul	D = +0.00	C2 = +0.02	D = +0.00	D = +0.00	0.02	1.02	*Good*
Pengamplasan	D = +0.00	C2 = +0.02	D = +0.00	D=+0.00	0.02	1.02	*Good*
Sanding	D = +0.00	C2 = +0.02	D = +0.00	D = +0.00	0.02	1.02	*Good*
Pengecatan	D = +0.00	C2 = +0.02	D = +0.00	D = +0.00	0.02	1.02	*Good*

Pada Tabel 4.7 yang berdasarkan diskusi dengan *staff* produksi, s*kill* pekerja pekerja pada kategori rata-rata. Pada kategori *effort*, pekerja penghalusan mesin tidak memberikan *effort* lebih saat pengamatan, sementara pekerja lain sedikit memberikan *effort.* Hal ini karena saat pengamatan dilakukan, pekerja dempul, pengamplasan, *sanding* dan pengecatan sedang diawasi oleh *staff* produksi. Menurut *staff* produksi yang juga sebagai supervisor pekerja bersangkutan, pekerja melakukan *effort* lebih pada saat diawasi. Oleh karena itu, untuk kategori *effort* diberikan skor C2. Pada *condition* dan *consistency* saat pengamatan dalam kondisi dan konsistensi seperti biasa. Dari perhitungan *Performance Rating* menggunakan Westinghouse *System* menunjukkan bahwa pekerja pada penghalusan mesin memiliki kemampuan rata-rata, sementara pekerja lain diatas rata-rata. Pada pekerja dempul, pengamplasan, *sanding* dan pengecatan memiliki *performance rating* kategori *good* dengan skor 1.02.

4.2.7 Penentuan *Allowance*

Allowance atau kelonggaran adalah waktu yang diperlukan oleh pekerja untuk menghentikan kerja. Kelonggaran waktu tersebut dibutuhkan untuk kebutuhan personal pekerja seperti istirahat di luar jam istirahat, ke kamar kecil atau alasan-alasan lain diluar kontrol. Penentuan *allowance* bertujuan untuk menentukan waktu baku.

Pada penelitian ini faktor *allowance* yang digunakan yaitu *personal allowance, delay allowance* dan *fatigue performance.* Skor *allowance* ini didapatkan dari pengamatan di lapangan dan hasil diskusi dengan kepala produksi yang bertanggung jawab. *Allowance* tenaga kerja pada setiap proses ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8
Jumlah Tenaga Kerja pada Setiap Proses

No.	Pekerja	Faktor	*Allowance* (%)	Total (%)
1	Penghalusan mesin	*Personal Allowance*	7	21
		Delay Allowance	8	
		Fatigue Allowance	6	
2	Dempul	*Personal Allowance*	6	19
		Delay Allowance	6	
		Fatigue Allowance	7	
3	Pengamplasan	*Personal Allowance*	6	20
		Delay Allowance	6	
		Fatigue Allowance	8	

No.	Pekerja	Faktor	*Allowance* (%)	Total (%)
4	*Sanding*	*Personal Allowance*	6	19
		Delay Allowance	6	
		Fatigue Allowance	7	
5	Pengecatan	*Personal Allowance*	6	19
		Delay Allowance	6	
		Fatigue Allowance	7	

Pada Tabel 4.8 nilai *Personal Allowance* diberikan berdasarkan kisaran pada negara berkembang dan juga jarak dari lokasi bekerja dengan toilet. Pada negara berkembang diberikan *allowance* berkisar 5-15% (Sutalaksana, 2006). Tenaga kerja penghalusan mesin diberikan nilai 7% karena bertempat agak jauh dengan lokasi toilet daripada pekerja *sanding*, pengamplasan, *sanding* dan pengecatan yang berada pada satu stasiun kerja yang sama. Pada *delay allowance* mempertimbangkan jarak lokasi tenaga kerja dengan lokasi produk sebelumnya dikerjakan, juga jarak dengan kantor dan ruang penyimpanan peralatan dan bahan baku. Dengan dasar tersebut, tenaga kerja penghalusan mesin diberikan *allowance* 8% sedangkan tenaga kerja yang lain sebesar 6%. Pada *fatigue* allowance diberikan berdasarkan pekerjaan yang dinilai mudah membuat lelah. Nilai ini didapatkan dari diskusi dengan kepala produksi yang bertanggung jawab pada tenaga kerja tersebut.

4.3 Penentuan Waktu Baku

Pada tahap penentuan waktu baku dilakukan perhitungan waktu baku proses *finishing* sebagai dasar waktu proses yang digunakan dalam penjadwalan. Pada tahap ini, dilakukan uji keseragaman data, uji kecukupan data, perhitungan waktu baku dan perhitungan waktu tiap operasi.

4.3.1 Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman dilakukan untuk mengidentifikasi data yang terlalu besar atau terlalu kecil dan jauh menyimpang dari rata-rata pengamatan yang diambil. Data yang digunakan dalam uji keseragaman data adalah data pengamatan waktu proses elemen kerja proses *finishing* dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95% dan tingkat ketelitian 5%. Berikut merupakan contoh perhitungan uji keseragaman data pada elemen kerja 1 proses penghalusan mesin kursi:

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{N}$$

$\bar{X}=\frac{2,45+2,33+2,43+2,15+2,07+2,7+2,45+2,33+2,43+2,15+2.75+2.83+2.43+2.67+2.55}{15}=2,448$

$\Sigma=\frac{\sqrt{\sum(Xi-\bar{X})^2}}{N-1}$

$\sigma=\frac{\sqrt{\sum(Xi-\overline{2,448})^2}}{15-1}=0,2251$

BKA = $\bar{X}$ + $K\,\sigma$

BKA = 2,448 + (2×0,1869) = 2,8983

BKB = $\bar{X}$ - $K\,\sigma$

BKA = 2,448 - (2×0,1869) = 1,9977

Tabel 4.9
Hasil Uji Keseragaman Data Proses *Finishing* Kursi

No.	Pekerja	Elemen Kerja	Rata-rata	Standar deviasi	BKA	BKB	Keterangan
1	Penghalusan mesin	GK1	2,448	0,2251	2,8983	1,9977	Data seragam
		GK2	0,486667	0,0279	0,5426	0,4308	Data seragam
		GK3	2,970667	0,1842	3,3390	2,6023	Data seragam
		GK4	1,288667	0,1255	1,5397	1,0376	Data seragam
		GK5	0,476667	0,0403	0,5573	0,3961	Data seragam
		GK6	1,022	0,0597	1,1413	0,9027	Data seragam
		GK7	0,858667	0,0655	0,9896	0,7278	Data seragam
		GK8	5,04	0,4802	6,0003	4,0797	Data seragam
		GK9	0,402667	0,0369	0,4765	0,3288	Data seragam
		GK10	2,874	0,2128	3,2997	2,4483	Data seragam
		GK11	0,16	0,0151	0,1902	0,1298	Data seragam
2	Dempul	DK1	0,591333	0,0519	0,6952	0,4874	Data seragam
		DK2	1,154667	0,1101	1,3749	0,9344	Data seragam
		DK3	9.489333	0.5981	10.6855	8.2931	Data seragam
3	Pengamplasan	AK1	1,134667	0,1015	1,3378	0,9316	Data seragam
		AK2	15,766	0,6645	17,0949	14,4371	Data seragam
		AK3	0,654	0,0485	0,7510	0,5570	Data seragam
		AK4	7,984	0,5284	9,0407	6,9273	Data seragam
		AK5	0,466	0,0292	0,5245	0,4075	Data seragam
		AK6	4,829333	0,4131	5,6556	4,0030	Data seragam
		AK7	9,272	0,5489	10,3699	8,1741	Data seragam
		AK8	0,8	0,0416	0,8832	0,7168	Data seragam
4	*Sanding*	SK1	1,122	0,1032	1,3284	0,9156	Data seragam
		SK2	3,06	0,2668	3,5935	2,5265	Data seragam
		SK3	2,142	0,1088	2,3597	1,9243	Data seragam
		SK4	1,039333	0,0633	1,1659	0,9127	Data seragam
		SK5	1,518667	0,0690	1,6566	1,3808	Data seragam
		SK6	0,263333	0,0261	0,3155	0,2111	Data seragam
		SK7	0,498667	0,0181	0,5348	0,4625	Data seragam
		SK8	1,679333	0,1302	1,9398	1,4188	Data seragam
		SK9	0,445333	0,0432	0,5318	0,3589	Data seragam
		SK10	1,128667	0,0895	1,3077	0,9496	Data seragam
		SK11	3,580667	0,2103	4,0013	3,1600	Data seragam
5	Pengecatan	CK1	1,128667	0,0952	1,3191	0,9382	Data seragam
		CK2	20,506	0,7961	22,0982	18,9138	Data seragam

No.	Pekerja	Elemen Kerja	Rata-rata	Standar deviasi	BKA	BKB	Keterangan
		CK3	0,859333	0,0684	0,9961	0,7225	Data seragam
		CK4	0,532667	0,0511	0,6348	0,4306	Data seragam
		CK5	0,887333	0,0524	0,9922	0,7825	Data seragam

Tabel 4.10
Hasil Uji Keseragaman Data Proses *Finishing* Lemari Bufet

No.	Pekerja	Elemen Kerja	Rata-rata	Standar deviasi	BKA	BKB	Keterangan
1	Penghalusan mesin	GB1	2,656	0,2008	3,0576	2,2544	Data seragam
		GB2	2,676	0,1897	3,0553	2,2967	Data seragam
		GB3	2,094	0,1081	2,3102	1,8778	Data seragam
		GB4	2,014	0,1484	2,3107	1,7173	Data seragam
		GB5	1,61	0,1606	1,9312	1,2888	Data seragam
		GB6	8,64	0,4455	9,5310	7,7490	Data seragam
		GB7	1,112	0,0788	1,2695	0,9545	Data seragam
		GB8	7,651333	0,7216	9,0945	6,2081	Data seragam
		GB9	2,567333	0,1873	2,9418	2,1928	Data seragam
2	Dempul	DB1	2,273333	0,1439	2,5611	1,9856	Data seragam
		DB2	16,30733	0,7429	17,7931	14,8216	Data seragam
		DB3	31,96333	2,0390	36,0413	27,8854	Data seragam
3	Pengamplasan	AB1	2,578667	0,1011	2,7808	2,3766	Data seragam
		AB2	22,79533	1,6023	25,9999	19,5908	Data seragam
		AB3	5,204	0,2285	5,6610	4,7470	Data seragam
		AB4	23,08	2,0840	27,2480	18,9120	Data seragam
		AB5	5,246667	0,3669	5,9804	4,5129	Data seragam
		AB6	22,39667	2,0143	26,4253	18,3680	Data seragam
		AB7	9,552667	0,5630	10,6787	8,4267	Data seragam
4	*Sanding*	SB1	2,427333	0,1146	2,6566	2,1981	Data seragam
		SB2	1,366667	0,0884	1,5434	1,1899	Data seragam
		SB3	2,722667	0,1475	3,0177	2,4276	Data seragam
		SB4	3,562667	0,2757	4,1141	3,0113	Data seragam
		SB5	6,886	0,1583	7,2026	6,5694	Data seragam
		SB6	1,062667	0,0388	1,1403	0,9850	Data seragam
		SB7	1,524667	0,1147	1,7541	1,2953	Data seragam
		SB8	3,702	0,1369	3,9757	3,4283	Data seragam
		SB9	7,069333	0,2845	7,6384	6,5003	Data seragam
		SB10	1,128667	0,0412	1,2111	1,0463	Data seragam
		SB11	1,542667	0,0222	1,5870	1,4983	Data seragam
		SB12	2,958	0,1267	3,2113	2,7047	Data seragam
		SB13	5,052667	0,1138	5,2803	4,8251	Data seragam
5	Pengecatan	CB1	1,819113	0,1493	2,1178	1,5204	Data seragam
		CB2	1,300667	0,0397	1,3801	1,2212	Data seragam
		CB3	0,770667	0,0671	0,9049	0,6364	Data seragam
		CB4	11,26733	0,8423	12,9520	9,5827	Data seragam
		CB5	2,580333	0,0811	2,7426	2,4181	Data seragam
		CB6	11,38333	0,7079	12,7991	9,9675	Data seragam
		CB7	2,650333	0,1609	2,9721	2,3286	Data seragam
		CB8	1,799333	0,1288	2,0570	1,5417	Data seragam
		CB9	0,416667	0,0383	0,4933	0,3401	Data seragam
		CB10	1,88	0,1077	2,0954	1,6646	Data seragam
		CB11	0,425333	0,0394	0,5042	0,3465	Data seragam

4.3.2 Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dilakukan untuk mengetahui jumlah data yang dibutuhkan dalam pengamatan telah cukup atau tidak. Data yang digunakan dalam uji kecukupan data adalah data pengamatan waktu proses *finishing* pada produk furnitur dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95% dan tingkat ketelitian adalah 5%. Berikut merupakan contoh perhitungan uji kecukupan data pada elemen kerja 1 proses penghalusan mesin kursi.

$$N' = \left[\frac{\frac{k}{s}\sqrt{N(\sum Xi^2) - (\sum Xi^2}}{\sum Xi}\right]$$

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0.05}\sqrt{10(\sum Xi^2) - (\sum Xi^2}}{\sum Xi}\right]$$

Tabel 4.11
Hasil Uji Kecukupan Data Proses *Finishing* Kursi

No.	Pekerja	Elemen Kerja	∑xi (menit)	$(\sum xi)^2$ (menit)	$\sum xi^2$ (menit)	N'	N	Keterangan
1	Penghalusan mesin	GK1	36,72	1348,358	90,6002	12,63	15	data cukup
		GK2	7,3	53,29	3,5636	4,92	15	data cukup
		GK3	44,56	1985,594	132,8478	5,74	15	data cukup
		GK4	19,33	373,6489	25,1305	14,17	15	data cukup
		GK5	7,15	51,1225	3,4309	10,67	15	data cukup
		GK6	15,33	235,0089	15,7171	5,09	15	data cukup
		GK7	12,88	165,8944	11,1196	8,68	15	data cukup
		GK8	75,6	5715,36	384,2518	13,55	15	data cukup
		GK9	6,04	36,4816	2,4512	12,56	15	data cukup
		GK10	43,11	1858,472	124,5323	8,19	15	data cukup
		GK11	2,4	5,76	0,3872	13,33	15	data cukup
2	Dempul	DK1	8,87	78,6769	5,2829	11,52	15	data cukup
		DK2	17,32	299,9824	20,1686	13,58	15	data cukup
		DK3	142.34	20260,68	1355,72	5,93	15	data cukup
3	Pengamplasan	AK1	17,02	289,6804	19,4564	11,96	15	data cukup
		AK2	236,49	55927,52	3734,683	2,65	15	data cukup
		AK3	9,81	96,2361	6,4487	8,22	15	data cukup
		AK4	119,76	14342,46	960,0722	6,54	15	data cukup
		AK5	6,99	48,8601	3,2693	5,87	15	data cukup
		AK6	72,44	5247,554	352,2266	10,93	15	data cukup
		AK7	139,08	19343,25	1293,769	5,23	15	data cukup
		AK8	12	144	9,6242	4,03	15	data cukup
4	*Sanding*	SK1	16,83	283,2489	19,0323	12,63	15	data cukup
		SK2	45,9	2106,81	141,4502	11,35	15	data cukup
		SK3	32,13	1032,337	68,9883	3,86	15	data cukup
		SK 4	15,59	243,0481	16,2593	5,54	15	data cukup
		SK5	22,78	518,9284	34,6618	3,08	15	data cukup
		SK6	3,95	15,6025	1,0497	14,66	15	data cukup
		SK7	7,48	55,9504	3,7346	1,96	15	data cukup
		SK8	25,19	634,5361	42,5399	8,98	15	data cukup
		SK9	6,68	44,6224	3,001	14,08	15	data cukup
		SK10	16,93	286,6249	19,2205	9,39	15	data cukup
		SK11	53,71	2884,764	192,9369	5,15	15	data cukup

No.	Pekerja	Elemen Kerja	∑xi (menit)	$(\sum xi)^2$ (menit)	$\sum xi^2$ (menit)	N'	N	Keterangan
5	Pengecatan	CK1	16,93	286,6249	19,2353	10,63	15	data cukup
		CK2	307,59	94611,61	6316,313	2,25	15	data cukup
		CK3	12,89	166,1521	11,1423	9,46	15	data cukup
		CK4	7,99	63,8401	4,2925	13,72	15	data cukup
		CK5	13,31	177,1561	11,8489	5,21	15	data cukup

Tabel 4.12
Hasil Uji Kecukupan Data Proses *Finishing* Lemari Bufet

No.	Pekerja	Elemen Kerja	∑xi (menit)	$(\sum xi)^2$ (menit)	$\sum xi^2$ (menit)	N'	N	Keterangan
1	Penghalusan mesin	GB1	39,84	1587,226	106,3796	8,54	15	data cukup
		GB2	40,14	1611,22	107,9182	7,50	15	data cukup
		GB3	31,41	986,5881	65,9361	3,98	15	data cukup
		GB4	30,21	912,6441	61,1511	8,10	15	data cukup
		GB5	24,15	583,2225	39,2425	14,9	15	data cukup
		GB6	129,6	16796,16	1122,522	3,97	15	data cukup
		GB7	16,68	278,2224	18,635	7,49	15	data cukup
		GB8	114,77	13172,15	885,4335	13,28	15	data cukup
		GB9	38,51	1483,02	99,3589	7,94	15	data cukup
2	Dempul	DB1	34,1	1162,81	77,8104	5,98	15	data cukup
		DB2	244,61	59834,05	3996,663	3,10	15	data cukup
		DB3	479,45	229872,3	15383,02	6,08	15	data cukup
3	Pengamplasan	AB1	38,68	1496,142	99,8858	2,29	15	data cukup
		AB2	341,93	116916,1	7830,351	7,38	15	data cukup
		AB3	78,06	6093,364	406,9552	2,88	15	data cukup
		AB4	346,2	119854,4	8051,097	12,2	15	data cukup
		AB5	78,7	6193,69	414,797	7,30	15	data cukup
		AB6	335,95	112862,4	7580,966	12,1	15	data cukup
		AB7	143,29	20532,02	1373,239	5,19	15	data cukup
4	*Sanding*	SB1	36,41	1325,688	88,5631	3,33	15	data cukup
		SB2	20,5	420,25	28,126	6,24	15	data cukup
		SB3	40,84	1667,906	111,4984	4,38	15	data cukup
		SB4	53,44	2855,834	191,453	8,94	15	data cukup
		SB5	103,29	10668,82	711,6057	0,79	15	data cukup
		SB6	15,94	254,0836	16,96	1,99	15	data cukup
		SB7	22,87	523,0369	35,0533	8,45	15	data cukup
		SB8	55,53	3083,581	205,8343	2,04	15	data cukup
		SB9	106,04	11244,48	750,7656	2,42	15	data cukup
		SB10	16,93	286,6249	19,1321	1,99	15	data cukup
		SB11	23,14	535,4596	35,7042	0,31	15	data cukup
		SB12	44,37	1968,697	131,4711	2,74	15	data cukup
		SB13	75,79	5744,124	383,1229	0,76	15	data cukup
5	Pengecatan	CB1	27,287	744,564	49,94985	10,1	15	data cukup
		CB2	19,51	380,6401	25,3981	1,39	15	data cukup
		CB3	11,56	133,6336	8,972	11,3	15	data cukup
		CB4	169,01	28564,38	1914,225	8,35	15	data cukup
		CB5	38,705	1498,077	99,96393	1,48	15	data cukup
		CB6	170,75	29155,56	1950,72	5,78	15	data cukup
		CB7	39,755	1580,46	105,7263	5,50	15	data cukup
		CB8	26,99	728,4601	48,7963	7,65	15	data cukup
		CB9	6,25	39,0625	2,6247	12,62	15	data cukup

No.	Pekerja	Elemen Kerja	∑xi (menit)	$(\sum xi)^2$ (menit)	$\sum xi^2$ (menit)	N'	N	Keterangan
		CB10	28,2	795,24	53,1784	4,90	15	data cukup
		CB11	6,38	40,7044	2,7354	12,84	15	data cukup

Tabel 4.13
Uji Kecukupan Data Proses *Finishing* Dipan

No.	Pekerja	Elemen Kerja	∑xi (menit)	$(\sum xi)^2$ (menit)	$\sum xi^2$ (menit)	N'	N	Keterangan
1	Penghalusan mesin	GD1	46,65	2176,223	145,2867	2,26	15	Data cukup
		GD2	47,37	2243,917	150,1537	5,98	15	Data cukup
		GD3	35,9	1288,81	85,9968	1,42	15	Data cukup
		GD4	48,23	2326,133	155,4763	4,14	15	Data cukup
		GD5	33,98	1154,64	77,2196	5,06	15	Data cukup
		GD6	23,9	571,21	38,1628	3,45	15	Data cukup
		GD7	34,31	1177,176	78,7353	5,24	15	Data cukup
		GD8	24,18	584,6724	39,0676	3,67	15	Data cukup
		GD9	34,55	1193,703	79,7475	3,36	15	Data cukup
		GD10	11,59	134,3281	8,9881	5,88	15	Data cukup
		GD11	34,84	1213,826	81,462	10,68	15	Data cukup
		GD12	13,61	185,2321	12,4573	14,06	15	Data cukup
		GD13	24,270	589,033	39,426	6,39	15	Data cukup
		GD14	9,050	81,903	5,476	4,73	15	Data cukup
2	Dempul	DD1	33,7	1135,69	75,8112	2,08	15	Data cukup
		DD2	28,76	827,1376	55,3372	5,65	15	Data cukup
		DD3	380,85	145046,7	9709,811	6,62	15	Data cukup
		DD4	31,77	1009,333	67,4457	3,73	15	Data cukup
		DD5	13,75	189,0625	12,6909	11,01	15	Data cukup
		DD6	185,9	34558,81	2316,665	8,85	15	Data cukup
		DD7	31,48	990,9904	66,1498	2,03	15	Data cukup
		DD8	8,38	70,2244	4,7082	9,08	15	Data cukup
		DD9	95,645	9147,966	611,6898	4,79	15	Data cukup
3	Pengamplasan	AD1	38,15	1455,423	97,1725	2,38	15	Data cukup
		AD2	531,42	282407,2	18842,96	1,34	15	Data cukup
		AD3	37,51	1407	94,0521	4,30	15	Data cukup
		AD4	516,35	266617,3	17826,59	4,69	15	Data cukup
		AD5	36,1	1303,21	87,2324	6,48	15	Data cukup
		AD6	248,15	61578,42	4114,577	3,64	15	Data cukup
		AD7	38,25	1463,063	97,7375	3,28	15	Data cukup
		AD8	231,43	53559,84	3582,449	5,28	15	Data cukup
		AD9	39,1	1528,81	102,2766	5,59	15	Data cukup
		AD10	117,22	13740,53	918,9908	5,16	15	Data cukup
		AD11	34,78	1209,648	81,1034	9,13	15	Data cukup
		AD12	114,51	13112,54	877,7953	6,64	15	Data cukup
4	*Sanding*	SD1	36,41	1325,688	88,8535	8,59	15	Data cukup
		SD2	80,16	6425,626	429,6904	4,91	15	Data cukup
		SD3	169,01	28564,38	1905,925	1,37	15	Data cukup
		SD4	35,48	1258,83	84,7024	14,88	15	Data cukup
		SD5	74,96	5619,002	376,2326	6,97	15	Data cukup
		SD6	172,66	29811,48	1995,241	6,29	15	Data cukup
		SD7	37,78	1427,328	95,8466	11,63	15	Data cukup
		SD8	60,802	3696,883	248,5691	13,70	15	Data cukup
		SD9	92,51	8558,1	572,6435	5,90	15	Data cukup

No.	Pekerja	Elemen Kerja	∑xi (menit)	$(\sum xi)^2$ (menit)	$\sum xi^2$ (menit)	N'	N	Keterangan
		SD10	33,39	1114,892	74,7007	8,06	15	Data cukup
		SD11	55,57	3088,025	206,8491	7,62	15	Data cukup
		SD12	90,56	8201,114	548,8192	6,08	15	Data cukup
		SD13	33,79	1141,764	76,5411	8,90	15	Data cukup
		SD14	28,69	823,1161	55,3319	13,34	15	Data cukup
		SD15	41,69	1738,056	116,1243	3,51	15	Data cukup
		SD16	33,55	1125,603	75,3919	7,50	15	Data cukup
		SD17	29,2	852,64	57,252	11,52	15	Data cukup
		SD18	43,76	1914,938	128,0264	4,56	15	Data cukup
5	Pengecatan	CD1	32,86	1079,78	72,341	7,91	15	Data cukup
		CD2	294,63	86806,84	5812,455	7,00	15	Data cukup
		CD3	51,87	2690,497	180,4125	9,33	15	Data cukup
		CD4	35,97	1293,841	86,8645	11,29	15	Data cukup
		CD5	317,59	100863,4	6785,655	14,62	15	Data cukup
		CD6	52,66	2773,076	185,756	7,65	15	Data cukup
		CD7	35,19	1238,336	83,1595	11,70	15	Data cukup
		CD8	139,16	19365,51	1298,378	9,10	15	Data cukup
		CD9	21,34	455,3956	30,4344	3,94	15	Data cukup
		CD10	31,99	1023,36	68,7065	11,32	15	Data cukup
		CD11	134,48	18084,87	1210,889	6,94	15	Data cukup
		CD12	20,6	424,36	28,507	12,23	15	Data cukup
		CD13	27,86	776,1796	51,903	4,88	15	Data cukup
		CD14	67,49	4554,9	305,6363	10,41	15	Data cukup
		CD15	22,03	485,3209	32,4865	6,52	15	Data cukup
		CD16	25,64	657,4096	44,209	13,93	15	Data cukup
		CD17	60,32	3638,502	243,5488	6,48	15	Data cukup
		CD18	21,72	471,7584	31,5664	5,89	15	Data cukup
		CD19	26,03	677,5609	45,3773	7,32	15	Data cukup
		CD20	5,85	34,2225	2,2889	5,19	15	Data cukup

Berdasarkan uji kecukupan data pada Tabel 4.12 sampai dengan Tabel 4.14 menunjukkan bahwa data yang diambil dari pengamatan proses *finishing* furnitur sudah cukup. Jumlah data yang diambil (N) sudah lebih dari N' sehingga data dapat diolah pada proses selanjutnya.

4.3.3 Perhitungan Waktu Baku

Waktu baku atau waktu standar adalah waktu yang dibutuhkan oleh seorang pekerja untuk menyeleseaikan suatu pekerjaan secara wajar yang dikerjakan dalam sistem kerja terbaik saat itu. Data yang diperlukan dalam perhitungan waktu baku adalah waktu siklus, waktu normal, *allowance*, dan *performance rating*. Berikut merupakan contoh perhitungan waktu baku pada elemen kerja 1 proses penghalusan mesin kursi:

Tabel 4.14
Perhitungan Waktu Baku Proses *Finishing* Kursi

No.	Pekerja	Elemen Kerja	Wo (menit)	PR	Wn (menit)	Allowance	Wb (menit)
1	Penghalusan mesin	GK1	2,448	1	2,448	21	3,099
		GK2	0,487	1	0,487	21	0,616
		GK3	2,971	1	2,971	21	3,760
		GK4	1,289	1	1,289	21	1,631
		GK5	0,477	1	0,477	21	0,603
		GK6	1,022	1	1,022	21	1,294
		GK7	0,859	1	0,859	21	1,087
		GK8	5,040	1	5,040	21	6,380
		GK9	0,403	1	0,403	21	0,510
		GK10	2,874	1	2,874	21	3,638
		GK11	0,160	1	0,160	21	0,203
2	Dempul	DK1	0,591	1,02	0,603	19	0,744
		DK2	1,155	1,02	1,178	19	1,454
		DK3	9,489	1,02	9,679	19	11,949
3	Pengamplasan	AK1	1,135	1,02	1,157	20	1,447
		AK2	15,766	1,02	16,081	20	20,102
		AK3	0,654	1,02	0,667	20	0,834
		AK4	7,984	1,02	8,144	20	10,180
		AK5	0,466	1,02	0,475	20	0,594
		AK6	4,829	1,02	4,926	20	6,157
		AK7	9,272	1,02	9,457	20	11,822
		AK8	0,800	1,02	0,816	20	1,020
4	*Sanding*	SK1	1,122	1,02	1,144	19	1,413
		SK2	3,060	1,02	3,121	19	3,853
		SK3	2,142	1,02	2,185	19	2,697
		SK 4	1,039	1,02	1,060	19	1,309
		SK5	1,519	1,02	1,549	19	1,912
		SK6	0,263	1,02	0,269	19	0,332
		SK7	0,499	1,02	0,509	19	0,628
		SK8	1,679	1,02	1,713	19	2,115
		SK9	0,445	1,02	0,454	19	0,561
		SK10	1,129	1,02	1,151	19	1,421
		SK11	3,581	1,02	3,652	19	4,509
5	Pengecatan	CK1	1,129	1,02	1,151	19	1,421
		CK2	20,506	1,02	20,916	19	25,822
		CK3	0,859	1,02	0,877	19	1,082
		CK4	0,533	1,02	0,543	19	0,671
		CK5	0,887	1,02	0,905	19	1,117

Tabel 4.15
Perhitungan Waktu Baku Proses *Finishing* Lemari Bufet

No.	Pekerja	Elemen Kerja	Wo (menit)	PR	Wn (menit)	*Allowance*	Wb (menit)
1	Penghalusan mesin	GB1	2,656	1	2,656	21	3,362
		GB2	2,676	1	2,676	21	3,387
		GB3	2,094	1	2,094	21	2,651
		GB4	2,014	1	2,014	21	2,549
		GB5	1,610	1	1,610	21	2,038

No.	Pekerja	Elemen Kerja	Wo (menit)	PR	Wn (menit)	*Allowance*	Wb (menit)
		GB6	8,640	1	8,640	21	10,937
		GB7	1,112	1	1,112	21	1,408
		GB8	7,651	1	7,651	21	9,685
		GB9	2,567	1	2,567	21	3,250
2	Dempul	DB1	2,273	1,02	2,318	19	2,862
		DB2	16,307	1,02	16,633	19	20,535
		DB3	31,963	1,02	32,602	19	40,250
3	Pengamplasan	AB1	2,579	1,02	2,630	20	3,288
		AB2	22,795	1,02	23,251	20	29,064
		AB3	5,204	1,02	5,308	20	6,635
		AB4	23,080	1,02	23,542	20	29,427
		AB5	5,247	1,02	5,352	20	6,690
		AB6	22,397	1,02	22,845	20	28,556
		AB7	9,553	1,02	9,744	20	12,180
4	*Sanding*	SB1	2,427	1,02	2,476	19	3,057
		SB2	1,367	1,02	1,394	19	1,721
		SB3	2,723	1,02	2,777	19	3,429
		SB4	3,563	1,02	3,634	19	4,486
		SB5	6,886	1,02	7,024	19	8,671
		SB6	1,063	1,02	1,084	19	1,338
		SB7	1,525	1,02	1,555	19	1,920
		SB8	3,702	1,02	3,776	19	4,662
		SB9	7,069	1,02	7,211	19	8,902
		SB10	1,129	1,02	1,151	19	1,421
		SB11	1,543	1,02	1,574	19	1,943
		SB12	2,958	1,02	3,017	19	3,725
		SB13	5,053	1,02	5,154	19	6,363
5	Pengecatan	CB1	1,819	1,02	1,855	19	2,291
		CB2	1,301	1,02	1,327	19	1,638
		CB3	0,771	1,02	0,786	19	0,970
		CB4	11,267	1,02	11,493	19	14,188
		CB5	2,580	1,02	2,632	19	3,249
		CB6	11,383	1,02	11,611	19	14,335
		CB7	2,650	1,02	2,703	19	3,337
		CB8	1,799	1,02	1,835	19	2,266
		CB9	0,417	1,02	0,425	19	0,525
		CB10	1,880	1,02	1,918	19	2,367
		CB11	0,425	1,02	0,434	19	0,536

Tabel 4.16
Perhitungan Waktu Baku Proses *Finishing* Dipan

No.	Pekerja	Elemen Kerja	Wo (menit)	PR	Wn (menit)	Allowance	Wb (menit)
1	Penghalusan mesin	GD1	3,110	1	3,110	21	3,94
		GD2	3,158	1	3,158	21	4,00
		GD3	2,393	1	2,393	21	3,03
		GD4	3,215	1	3,215	21	4,07
		GD5	2,265	1	2,265	21	2,87
		GD6	1,593	1	1,593	21	2,02
		GD7	2,287	1	2,287	21	2,90
		GD8	1,612	1	1,612	21	2,04

No.	Pekerja	Elemen Kerja	Wo (menit)	PR	Wn (menit)	Allowance	Wb (menit)
		GD9	2,303	1	2,303	21	2,92
		GD10	0,773	1	0,773	21	0,98
		GD11	2,323	1	2,323	21	2,94
		GD12	0,907	1	0,907	21	1,15
		GD13	1,618	1	1,618	21	2,05
		GD14	0,603	1	0,603	21	0,76
2	Dempul	DD1	2,247	1,02	2,292	19	2,83
		DD2	1,917	1,02	1,955	19	2,41
		DD3	25,390	1,02	25,898	19	31,97
		DD4	2,118	1,02	2,160	19	2,67
		DD5	0,917	1,02	0,935	19	1,15
		DD6	12,393	1,02	12,641	19	15,61
		DD7	2,099	1,02	2,141	19	2,64
		DD8	0,559	1,02	0,570	19	0,70
		DD9	6,376	1,02	6,504	19	8,03
3	Pengamplasan	AD1	2,543	1,02	2,594	20	3,24
		AD2	35,428	1,02	36,137	20	45,17
		AD3	2,501	1,02	2,551	20	3,19
		AD4	34,423	1,02	35,112	20	43,89
		AD5	2,407	1,02	2,455	20	3,07
		AD6	16,543	1,02	16,874	20	21,09
		AD7	2,550	1,02	2,601	20	3,25
		AD8	15,429	1,02	15,737	20	19,67
		AD9	2,607	1,02	2,659	20	3,32
		AD10	7,815	1,02	7,971	20	9,96
		AD11	2,319	1,02	2,365	20	2,96
		AD12	7,634	1,02	7,787	20	9,73
4	*Sanding*	SD1	2,427	1,02	2,476	19	3,06
		SD2	5,344	1,02	5,451	19	6,73
		SD3	11,267	1,02	11,493	19	14,19
		SD4	2,365	1,02	2,413	19	2,98
		SD5	4,997	1,02	5,097	19	6,29
		SD6	11,511	1,02	11,741	19	14,49
		SD7	2,519	1,02	2,569	19	3,17
		SD8	4,053	1,02	4,135	19	5,10
		SD9	6,167	1,02	6,291	19	7,77
		SD10	2,226	1,02	2,271	19	2,80
		SD11	3,705	1,02	3,779	19	4,67
		SD12	6,037	1,02	6,158	19	7,60
		SD13	2,253	1,02	2,298	19	2,84
		SD14	1,913	1,02	1,951	19	2,41
		SD15	2,779	1,02	2,835	19	3,50
		SD16	2,237	1,02	2,281	19	2,82
		SD17	1,947	1,02	1,986	19	2,45
		SD18	2,917	1,02	2,976	19	3,67
5	Pengecatan	CD1	2,191	1,02	2,234	19	2,76
		CD2	19,642	1,02	20,035	19	24,73
		CD3	3,458	1,02	3,527	19	4,35
		CD4	2,398	1,02	2,446	19	3,02
		CD5	21,173	1,02	21,596	19	26,66
		CD6	3,511	1,02	3,581	19	4,42
		CD7	2,346	1,02	2,393	19	2,95

No.	Pekerja	Elemen Kerja	Wo (menit)	PR	Wn (menit)	Allowance	Wb (menit)
		CD8	9,277	1,02	9,463	19	11,68
		CD9	1,423	1,02	1,451	19	1,79
		CD10	2,133	1,02	2,175	19	2,69
		CD11	8,965	1,02	9,145	19	11,29
		CD12	1,373	1,02	1,401	19	1,73
		CD13	1,857	1,02	1,894	19	2,34
		CD14	4,499	1,02	4,589	19	5,67
		CD15	1,469	1,02	1,498	19	1,85
		CD16	1,709	1,02	1,744	19	2,15
		CD17	4,021	1,02	4,102	19	5,06
		CD18	1,448	1,02	1,477	19	1,82
		CD19	1,735	1,02	1,770	19	2,19
		CD20	0,390	1,02	0,398	19	0,49

Pada Tabel 4.15 sampai dengan Tabel 4.17 dilakukan perhitungan waktu baku. Perhitungan dilakukan dengan mengalikan terlebih dulu waktu operasi (Wo) dengan *performance rating* (PR). Dari perhitungan tersebut didapatkan waktu normal (Wn). Selanjutnya dilakukan perhitungan Waktu baku dengan rumus (2-7) menggunakan Wn dengan *allowance.*

4.3.4 Menghitung Total Kebutuhan Waktu Setiap Operasi

Data waktu baku yang telah didapatkan digunakan untuk menghitung waktu operasi dalam setiap produk. Total kebutuhan waktu setiap operasi didapatkan dari menjumlahkan waktu baku dari setiap elemen kerja yang dibutuhkan dalam proses *finishing* produk. Produk-produk pada perusahaan yang memiliki varian ukuran yang beragam, oleh karena itu perlu dilakukan perhitungan untuk mengetahui total kebutuhan operasi setiap produknya. Perhitungan dilakukan dengan cara mengalikan waktu baku yang didapatkan dari pengamatan dengan rasio luas permukaan produk yang dicari dibagi dengan luas permukaan produk yang diamati pada setiap prosesnya dikalikan lagi dengan jumlah pekerjaan tersebut dilakukan. Berikut merupakan contoh perhitungan pada produk bufet B-3 ukuran 120×40×81 cm. pada elemen kerja GB2, yaitu menghaluskan permukaan atas.

$$\text{Waktu GB2} = \text{Wb} \times \frac{LP\ produk\ yang\ dicari}{LP\ produk\ yang\ diamati} \times \text{Jumlah pekerjaan dilakukan}$$

$$\text{Waktu GB2} = 3{,}387 \times \frac{120 \times 40}{200 \times 45} \times 1 = 3{,}387 \times 1{,}08 \times 1 = 3{,}65796 \text{ menit}$$

Untuk elemen kerja yang tidak menggunakan luasan sebagai acuan seperti pada pemindahan produk atau persiapan mesin, perhitungannya adalah waktu baku dikalikan dengan jumlah pekerjaan yang dilakukan. berikut merupakan contoh perhitungan pada produk kursi elemen kerja GK1, yaitu menyiapkan mesin.

Waktu GK1 = Wb × Jumlah pekerjaan dilakukan = 3,099 × 1 = 3,099

Setelah didapatkan waktu setiap elemen kerja, langkah berikutnya adalah menghitung total waktu pada setiap proses. Cara menghitungnya adalah menjumlah waktu setiap elemen kerja pada setiap prosesnya, setelah itu hasil perhitungan dibulatkan ke atas untuk keperluan penjadwalan. Berikut merupakan contoh perhitungan pada proses penghalusan mesin pada produk bufet B-3 ukuran 120×40×81 cm.

Waktu proses penghalusan = waktu GB1 + waktu GB2 + waktu GB3+… + waktu GB9

Waktu proses penghalusan = 3,362 + 3,365796 + 5,302 + … + 13 = 52,910853 = 53 menit.

Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan waktu kebutuhan setiap operasi yang tertulis pada Tabel 4.18.

Tabel 4.17
Waktu kebutuhan setiap operasi

Kode	Ukuran (cm)	Penghalusan mesin (menit)	Dempul (menit)	Pengamplasan (menit)	*Sanding* (menit)	Pengecatan (menit)
K-1	45×45×105	23	15	53	21	61
K-2	42×44×48	20	12	43	17	49
K-3	45×45×40	14	6	25	10	25
B-1	100×45×90	53	64	165	74	122
B-2	120×40×60	48	50	136	61	96
B-3	120×40×81	53	64	162	72	119
B-4	120×45×85	56	69	172	77	128
B-5	120×45×90	40	53	131	59	96
B-6	150×40×60	47	60	150	67	108
B-7	175×45×50	48	62	150	66	106
B-8	175×50×50	56	73	180	80	128
B-9	180×45×60	71	90	232	103	166
B-10	76×40×80	35	46	118	53	89
B-11	140×70×45	43	59	135	59	97
B-12	200×45×45	50	64	153	68	108
B-13	90×45×100	39	64	153	69	119
D-1	180×200×105	66	84	206	120	289
D-2	160×200×105	64	80	195	115	274
D-3	90×190×105	62	84	209	121	292
W-1	110×60×200	75	149	299	135	259
W-2	170×60×200	103	203	388	175	334
W-3	100×60×200	104	140	305	137	256

4.4 Penjadwalan untuk Penentuan *Due Date*

Setelah didapatkan waktu baku dari setiap proses yang diperlukan dalam penelitian, selanjutnya dilakukan penjadwalan untuk menentukan *due date* proses *finishing* perusahaan. Penjadwalan dilakukan dengan algoritma LPT-LN yang dirancang sesuai dengan sistem proses *finishing* pada perusahaan.

4.4.1 Mengidentifikasi Notasi Variabel dan Parameter Penjadwalan

Sebelum melakukan penjadwalan, perlu dilakukan identifikasi dan pendefinisian dari notasi-notasi yang akan digunakan. Notasi-notasi yang digunakan disesuaikan kembali pada algoritma LPT-LN modifikasi yang akan dirancang untuk penelitian.

1. *Subscript/Index*

   Subscript atau *Index* memiliki fungsi untuk menyatakan posisi elemen *job array* (*item* dan komponen) dalam suatu penjadwalan. Berikut ini dijabarkan *subscript/index* yang digunakan dalam penelitian ini:

   $_i$: menyatakan nomor *order* i yang akan diproses *finishing*, sehingga i = 1,2,3,…,q

   $_j$: menyatakan *job* j adalah nomor *job* yang akan diproses *finishing.* dimana j= 1,2,3,…,p.

   $_a$: Menyatakan pasangan mesin *flowshop* a, sehingga a = 1,2,3,4

   m : Menyatakan jumlah jenis mesin yang tersedia

2. Parameter

   Parameter memiliki fungsi untuk menyatakan acuan dari penempatan *job array* (*item* dan komponen) dalam waktu proses dan waktu *set up*.

   n_{ij} : menyatakan jumlah job ij yang akan diproduksi.

   t_{ij} : waktu proses untuk *job* ij

   t_{ijm} : waktu proses untuk *job* ij pada mesin m

3. Variabel

   Variabel berfungsi untuk menentukan pembuatan fungsi model amtematis yang digunakan dalam perhitungan waktu proses dari awal masuk sampai keluar dari sistem.

   C_{ija} : variabel yang menyatakan selesainya *job* ij pada *flowshop* a

   C_a : Variabel yang menyatakan waktu selesainya *job* terbesar pada *flowshop* a

4.4.2 Merancang Penjadwalan

Penjadwalan yang akan dirancang menggunakan penjadwalan LPT-LN yang dirancang oleh Hong et al. (2006). Algoritma ini dipilih karena merupakan metode yang dapat menghemat waktu pengerjaan dibandingkan dengan pendekatan yang lebih optimal. Metode ini juga dapat memperoleh *makespan* yang mendekati optimal. Algoritma LPT-LN ini selanjutnya dilakukan modifikasi untuk disesuaikan dengan sistem proses *finishing* pada UD

Harapan Kita. Pada algoritma LPT-LN terdiri dari 4 bagian pengerjaan. Bagian pertama adalah membentuk kelompok pasangan *flowshop*, lalu dilanjutkan dengan menugaskan *job* pada kelompok mesin, yang ketiga adalah menjadwalkan *job* pada setiap *flowshop,* dan terakhir menyelesaikan masalah *flexible flowshop.*

Pada bagian pertama, membentuk kelompok pasangan *flowshop,* perusahaan memiliki 5 proses identik, dengan setiap prosesnya memiliki jumlah pekerja/mesin yang berbeda-beda. Dari proses-proses ini perlu dibentuk pasangan *flowshop* terlebih dahulu. Cara pembentukan pasangan mesin diawali dengan mencari jumlah mesin paling sedikit yang ada pada setiap proses. Setelah itu dibentuk kelompok pasangan *flowshop* berjumlah sama dengan jumlah mesin paling sedikit. Setelah didapatkan jumlah pasangan *flowshop,* mesin pada setiap proses dibagikan pada setiap pasangan *flowshop.* Jika memungkinkan, jumlah mesin pada setiap proses dibagikan secara merata pada setiap pasangan *flowshop.* Jika tidak, maka pembagian dilakukan dengan proporsi yang diperkirakan tidak akan menimbulkan *bottleneck* yang tidak merata pada setiap pasangan *flowshop.*

Pada bagian 2 dilakukan penugasan *job* pada kelompok. Pada bagian ini, terdapat tambahan langkah sebelum langkah ke-3 pada algoritma LPT-LN. Yaitu *job* diurutkan terlebih dahulu dengan mendahulukan *order* yang masuk terlebih dahulu. Selain itu terdapat modifikasi pada langkah 5 s/d langkah 9, dimana pembagian kelompok *flowshop* dilakukan berurutan secara merata dari urutan teratas pada *list* S. *List* S berisikan *job* ij yang telah diurutkan dari total waktu proses terbesar yang didahulukan.

Menjadwalkan setiap *job* pada setiap pasangan *flowshop* pada bagian 3 dilakukan dengan mengurutkan *job* yang telah dikelompokkan pada bagian 2. Modifikasi pada bagian ini terdapat pertama pada langkah 11, dimana urutan *job* yang digunakan langsung seperti pengurutan pada bagian 2. Lalu setelah langkah 15 ditambahkan langkah proses untuk k *job* dengan k jadwal parsial.

Langkah-langkah pada bagian 2 diawali dengan pengurutan *job* pada setiap *list* K_a. Pengurutan dilakukan dengan mendahulukan waktu proses *job* terbesar. Setelah urut, 2 *job* teratas akan dijadwalkan dengan membentuk 2 jadwal parsial A-B dan B-A. Dari 2 jadwal parsial ini, akan dipilih jadwal parsial dengan *Completion Time* ($C_{p)}$ terkecil. Setelah didapatkan jadwal parsial terendah, misalkan A-B yang terpilih, dilanjutkan dengan mengambil *job* berikutnya untuk dijadwalkan. Penjadwalan dengan *job* ketiga menjadi terbagi menjadi 3 jadwal parsial, yaitu A-B-C, A-C-B dan C-A-B dan dipilih jadwal parsial

dengan C_p terkecil. Proses terus dilakukan sampai *job* pada setiap pasangan *flowshop* telah habis.

Proses pengerjaan dimulai dari penghalusan mesin, dempul, pengamplasan, *sanding* dan pengecatan. Pada proses pengamplasan, *sanding* dan pengecatan memiliki lebih dari 1 mesin atau paralel. Sebelum proses pengecatan, ditambahkan waktu selama 30 menit untuk mengeringkan cairan *sanding*.

Pada bagian 4 merupakan proses terakhir, dilakukan modifikasi. Pada langkah 21 dan 22 diganti dengan langsung membandingkan *completion time* jadwal yang telah dipilih pada bagian 3. *Completion time* pada setiap pasangan *flowshop* dibandingkan untuk mencari *completion time* terbesar yang digunakan untuk mengetahui *completion time* dari *order* tersebut. Setelah itu ditambahkan langkah untuk melakukan perulangan jika masih terdapat *order* atau pesanan yang belum dijadwalkan. Berikut merupakan algoritma LPT-LN yang dirancang untuk perusahaan.

Bagian 1 : Membentuk kelompok mesin

1. Membentuk pasangan mesin a yang terdapat 1 mesin pusat. Setiap pasangan mesin dapat dianggap sebagai *flow shop* $G_{1.}$, G_2, … , G_a.
2. Menginisialisasi *completion time* dari tiap *flow shop* $G_{1.,}$ $G_{2,}$ … , G_a.

Bagian 2 : menugaskan *job* pada kelompok pasangan *flowshop*.

3. Mengurutkan *job* ij berdasarkan urutan i terkecil terlebih dahulu
4. *Set* i terkecil
5. Pada setiap *job* ij, mencari total waktu proses setiap *job.*

   $t_{i.j} = t_{i.j1} + t_{i.j2} + t_{i.j3} + \ldots + t_{ijm}$

   $t_{i.j}$: total waktu proses *job* i.
6. Mengurutkan *job* dengan waktu proses t_{ij} terbesar didahulukan. Jika ada dua atau lebih *job* yang memiliki nilai $_{i.j}$ sama, urutkan sembarang untuk *job* yang bernilai sama.
7. Memasukkan *job* yang telah diurutkan kedalam *list* S.
8. Mengurutkan pasangan *flowshop* G_a dengan nilai C_a terkecil. Jika ada dua atau lebih G_a yang bernilai sama, urutkan secara sembarang.
9. Memasukkan pasangan *flowshop* pada *list* S secara berurutan ke setiap *job* sesuai urutan pada langkah 7. Jika pasangan *flowshop* habis, ulangi sampai semua *job* terisi.
10. Memasukkan setiap *job* dengan pasangan *flowshop* C_a kedalam *list* $K_{a.}$ dimana a merupakan nomor pasangan *flowshop.*

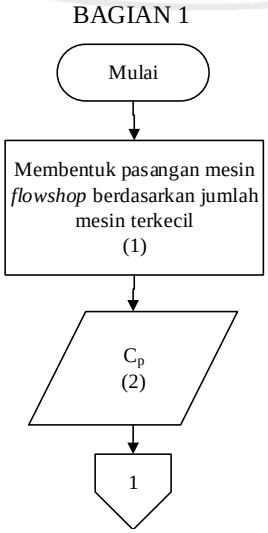
Bagian 3: menjadwalkan *job* pada setiap pasangan *flow shop.*

11. Mengurutkan *job* pada setiap *list* K_a dengan t_{ij} terbesar didahulukan.
12. Memilih dua *job* teratas pada setiap *list* K_a. Masukkan dengan dua kemungkinan jadwal parsial
13. Memilih jadwal yang memiliki *completion time* lebih kecil untuk dipertahankan
14. Menghapus dua *job* yand dipilih dari *list* K_a
15. *Set* k=3
16. Memilih *job* teratas pada setiap *list* K_a
17. Memasukkan k kemungkinan jadwal dengan memasukkan *job* yang dipilih pada jadwal yang telah ditetapkan sebelumnya
18. Memilih jadwal yang memiliki C_a lebih kecil untuk dipertahankan
19. Menghapus *job* terpilih pada setiap *list* K_a
20. Jika $K_a \neq 0$ lanjut ke langkah 21, jika tidak lanjut ke Bagian 4
21. Set k = k+1, kembali ke langkah 16

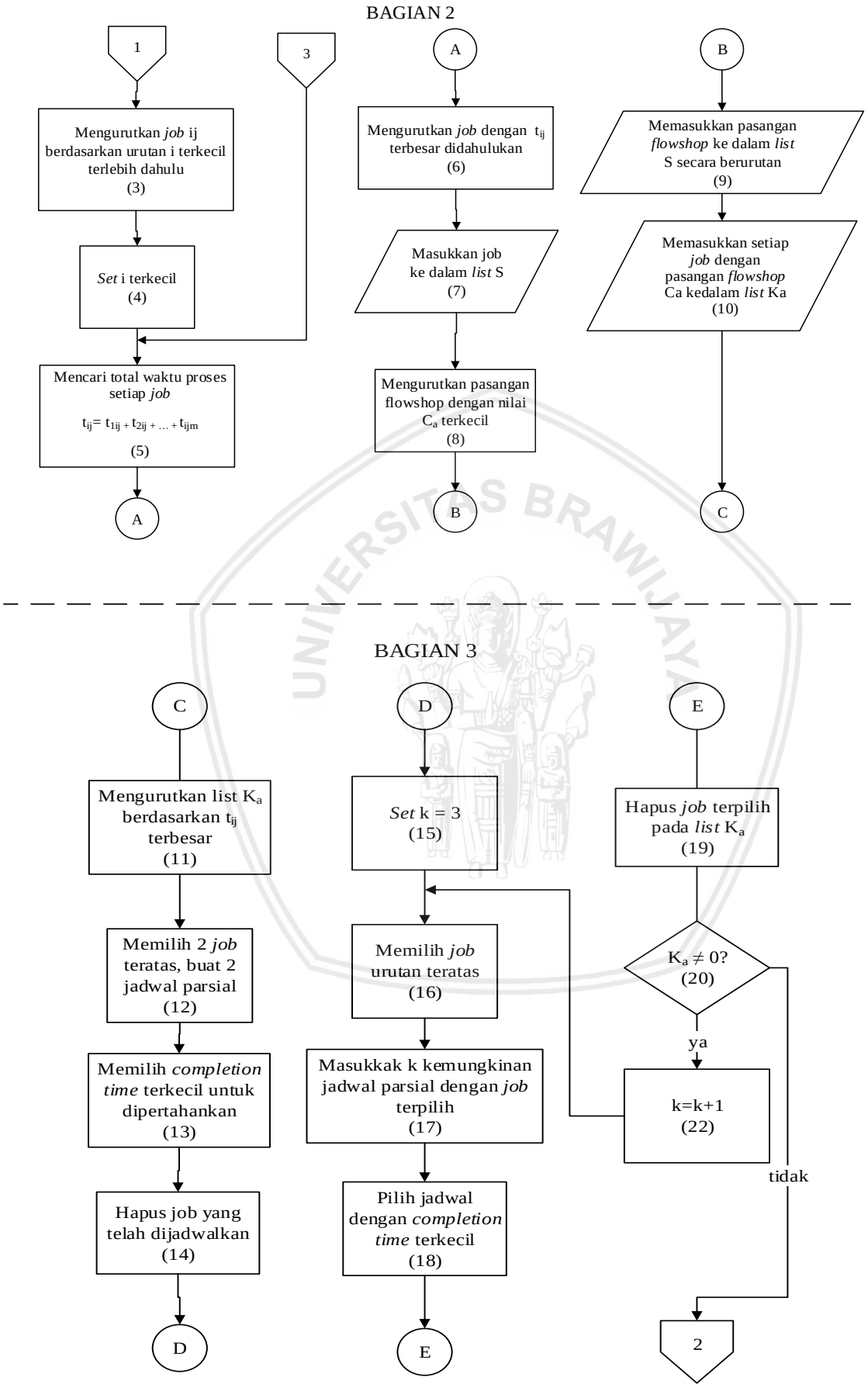
Bagian 4 : Menyelesaikan masalah *flexible flowshop*

22. *Input completion time* baru dari setiap *flowshop*
23. Cari maksimum *completion time* dari tiap *flowshop*
24. *Set* i = i+1
25. Jika *job* masih ada, kembali ke langkah 5. Jika tidak lanjut ke langkah 26
26. Didapatkan maksimum *completion time*
27. Selesai

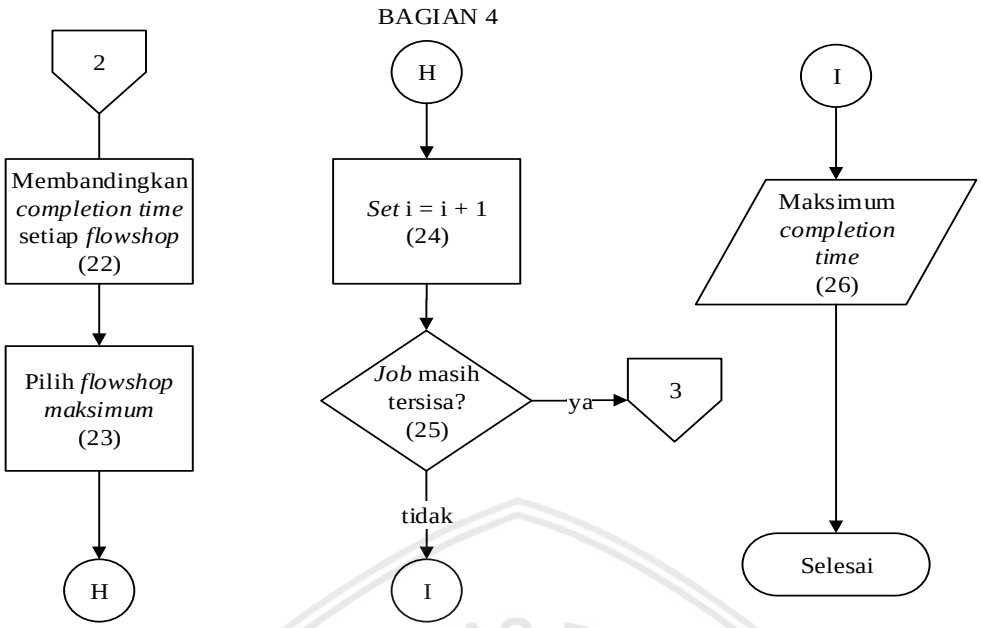
Pada Gambar 4.3 sampai dengan 4.5 merupakan *flowchart* dari algoritma LPT-LN yang telah dirancang untuk perusahaan.



Gambar 4.3 Flowchart LPT-LN bagian 1



Gambar 4.4 Flowchart algoritma LPT-LN bagian 2 dan 3



Gambar 4.5 Flowchart algoritma LPT-LN bagian 4

4.4.3 Melakukan Verifikasi Algoritma

Proses verifikasi digunakan untuk memastikan algoritma yang digunakan telah berjalan sesuai logika berpikir dan dapat bekerja untuk menyelesaikan masalah pada perusahaan. Data yang digunakan untuk verifikasialgoritma merupakan pesana pada bulan April 2019. Pada bulan April 2019 terdapat 3 pesanan untuk dikerjakan. Pesanan ini terdiri dari berbagai *job* yang harus dikerjakan oleh perusahaan.

Data pesanan pada Tabel 4.4 perlu disesuaikan agar dapat dilakukan penjadwalan. Produk-produk yang dipesan merupakan *job* diberikan simbol $J_{i.j}$. simbol $_i$ merupakan nomor pesanan dan simbol $_j$ adalah nomor *job*. Pada penelitian ini, pesanan HK/PO-1/190402 didefinisikan sebagai pesanan 1, HK HK/PO-1/190407 sebagai pesanan nomor 2 dan HK/PO-1/190418 sebagai pesanan nomor 3. Setelah mendefinisikan nomor pesanan, berikutnya adalah nomor *job*. *Job* pada setiap pesanan, dirincikan persatuan produk. Misal pada produk D-3 pada pesanan 1 yang berjumlah 4 produk, dirincikan menjadi *job* produk D-3 untuk $J_{1.1,}$ *job* produk D-3 untuk $J_{1.2,}$ *job* produk D-3 untuk $J_{1.3,}$ dan *job* produk D-3 untuk $J_{1.4.}$ Lalu penomoran dilanjutkan sampai semua *job* telah habis. Pada Tabel 4.18 berisi mengenai *list* pesanan HK/PO-1/190402 perusahaan pada bulan April 2019 yang telah siap untuk dilakukan penjadwalan.

Tabel 4.18
List pesanan HK/PO-1/190402 pada bulan April 2019

No. PO	Tanggal Order	Target Penyelesaian	Kode	*Job*
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	D-3	$J_{1.1}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	D-3	$J_{1.2}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	D-3	$J_{1.3}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	D-3	$J_{1.4}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	D-1	$J_{1.5}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	B-11	$J_{1.6}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	B-2	$J_{1.7}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	B-7	$J_{1.8}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	B-7	$J_{1.9}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	B-6	$J_{1.10}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	W-1	$J_{1.11}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	W-1	$J_{1.12}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	W-2	$J_{1.13}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	W-2	$J_{1.14}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	K-2	$J_{1.15}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	K-2	$J_{1.16}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	K-2	$J_{1.17}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	K-2	$J_{1.18}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	K-2	$J_{1.19}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	K-2	$J_{1.20}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	K-2	$J_{1.21.}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	K-2	$J_{1.22}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	K-2	$J_{1.23}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	K-2	$J_{1.24}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	K-2	$J_{1.25}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	K-2	$J_{1.26}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	K-2	$J_{1.27}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	K-2	$J_{1.28}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	K-2	$J_{1.29}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	K-2	$J_{1.30}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	K-2	$J_{1.31.}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	K-2	$J_{1.32}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	K-2	$J_{1.33}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	K-2	$J_{1.34}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	K-2	$J_{1.35}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	K-2	$J_{1.36}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	K-2	$J_{1.37}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	K-2	$J_{1.38}$
HK/PO-1/190402	2-Apr-19	18-Apr-19	B-9	$J_{1.39}$

Berikut merupakan contoh langkah-langkah dari algoritma yang telah dibuat sesuai dengan pesanan bulan april 2019 di perusahaan.

Bagian 1 Membentuk kelompok mesin

Langkah 1 Membentuk pasangan mesin a yang terdapat 1 mesin pusat. Tiap pasangan mesin dapat dianggap sebagai *flow shop* $G_{1.}$, G_2, … , G_a. Pembentukan ini diawali dengan mencari mesin atau pekerja pada setiap proses yang memiliki jumlah paling sedikit. Pada kasus ini adalah proses dempul, yang memiliki 4 pekerja. Maka dari itu, dibentuk sebanyak 4 pasangan *flowshop* $G_{1.}$, $G_{2,}$ G_3 dan G_4. Setelah itu dilakukan pembagian setiap proses pada pasangan *flowshop* dengan pertimbangan pembagian yang merata dan tidak menimbulkan *bottleneck* yang berbeda-beda. Pasangan *flowshop* dibentuk seperti pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19
Kelompok pasangan mesin *flowshop*

Pasangan *flowshop*	**Jumlah penempatan**				
	Penghalusan mesin	**Dempul**	**Pengamplasan**	***Sanding***	**Pengecatan**
$G_{1.}$	1	1	4	2	3
G_2	1	1	4	2	3
G_3	1	1	3	2	3
G_4	1	1	3	1	3

Pada Tabel 4.19 Pasangan *flowshop* G_1 dan G_2 memiliki pembagian pengalusan mesin 1, dempul 1, *sanding* 2 dan pengecatan 3. Sementara G_3 memiliki pembagian penghalusan mesin 1, pendempulan 1, pengamplasan 3, *sanding* 4 dan pengecatan 3. G_4 hampir sama dengan G_3 hanya berbeda pada *sanding* yang hanya 1 penempatan.

Langkah 2 Menginisialisasi *completion time* dari tiap *flow shop* $G_{1.}$, $G_{2,}$ … , G_a seperti pada Tabel 4.20

Tabel 4.20
Completion time setiap proses

Pasangan *flowshop*	***Completion time***				
	Penghalusan mesin	**Dempul**	**Pengamplasan**	***Sanding***	**Pengecatan**
$G_{1.}$	0	0	0 0 0 0	0 0	0 0 0
G_2	0	0	0 0 0 0	0 0	0 0 0
G_3	0	0	0 0 0	0 0	0 0 0
G_4	0	0	0 0 0	0 0	0 0 0

Dari Tabel 4.20, diketahui *completion time* masing-masing kelompok *flowshop* adalah 0 menit.

Bagian 2 Menugaskan *job* pada kelompok mesin.

Langkah 3 Mengurutkan *job* ij berdasarkan urutan i terkecil terlebih dahulu

Langkah 4 *Set* i terkecil, i=1

Langkah 5 Pada setiap *job* ij, mencari total waktu proses setiap *job* seperti pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21
Daftar *job* i=1

Job	Kode	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	Total
$J_{1.1}$	D-3	62	87	209	121	322	798
$J_{1.2}$	D-3	62	87	209	121	322	798
$J_{1.3}$	D-3	62	87	209	121	322	798
$J_{1.4}$	D-3	62	87	209	121	322	798
$J_{1.5}$	D-1	66	87	206	120	319	795
$J_{1.6}$	B-11	43	61	135	59	127	423
$J_{1.7}$	B-2	48	52	136	61	126	421
$J_{1.8}$	B-7	48	64	150	66	136	462
$J_{1.9}$	B-7	48	64	150	66	136	462
$J_{1.10}$	B-6	47	61	150	67	138	462
$J_{1.11}$	W-1	75	154	299	135	289	947
$J_{1.12}$	W-1	75	154	299	135	289	947
$J_{1.13}$	W-2	103	209	388	175	364	1233
$J_{1.14}$	W-2	103	209	388	175	364	1233
$J_{1.15}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.16}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.17}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.18}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.19}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.20}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.21.}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.22}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.23}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.24}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.25}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.26}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.27}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.28}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.29}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.30}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.31.}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.32}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.33}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.34}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.35}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.36}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.37}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.38}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.39}$	B-9	71	92	232	103	196	692

Pada Tabel 4.21 didapatkan total proses yang didapatkan dari menjumlahkan waktu proses penghalusan mesin, dempul, pengamplasan, *sanding* dan pengecatan.

Langkah 6 Mengurutkan *job* dengan waktu proses t_{ij} terbesar didahulukan. Jika ada dua atau lebih *job* yang memiliki nilai $_{ij}$ sama, urutkan sembarang untuk *job* yang bernilai sama. **Langkah 7** Masukkan *job* yang telah diurutkan ke dalam *list* S pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22
List S

Job	Kode	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	Total
$J_{1.13}$	W-2	103	203	388	175	364	1203
$J_{1.14}$	W-2	103	203	388	175	364	1203
$J_{1.11}$	W-1	75	149	299	135	289	917
$J_{1.12}$	W-1	75	149	299	135	289	917
$J_{1.1}$	D-3	62	84	209	121	322	768
$J_{1.2}$	D-3	62	84	209	121	322	768
$J_{1.3}$	D-3	62	84	209	121	322	768
$J_{1.4}$	D-3	62	84	209	121	322	768
$J_{1.5}$	D-1	66	84	206	120	319	765
$J_{1.39}$	B-9	71	90	232	103	136	662
$J_{1.8}$	B-7	48	62	150	66	136	432
$J_{1.9}$	B-7	48	62	150	66	138	432
$J_{1.10}$	B-6	47	60	150	67	127	432
$J_{1.6}$	B-11	43	59	135	59	126	393
$J_{1.7}$	B-2	48	50	136	61	79	391
$J_{1.15}$	K-2	20	12	43	17	79	141
$J_{1.16}$	K-2	20	12	43	17	79	141
$J_{1.17}$	K-2	20	12	43	17	79	141
$J_{1.18}$	K-2	20	12	43	17	79	141
$J_{1.19}$	K-2	20	12	43	17	79	141
$J_{1.20}$	K-2	20	12	43	17	79	141
$J_{1.21.}$	K-2	20	12	43	17	79	141
$J_{1.22}$	K-2	20	12	43	17	79	141
$J_{1.23}$	K-2	20	12	43	17	79	141
$J_{1.24}$	K-2	20	12	43	17	79	141
$J_{1.25}$	K-2	20	12	43	17	79	141
$J_{1.26}$	K-2	20	12	43	17	79	141
$J_{1.27}$	K-2	20	12	43	17	79	141
$J_{1.28}$	K-2	20	12	43	17	79	141
$J_{1.29}$	K-2	20	12	43	17	79	141
$J_{1.30}$	K-2	20	12	43	17	79	141
$J_{1.31.}$	K-2	20	12	43	17	79	141
$J_{1.32}$	K-2	20	12	43	17	79	141
$J_{1.33}$	K-2	20	12	43	17	79	141
$J_{1.34}$	K-2	20	12	43	17	79	141
$J_{1.35}$	K-2	20	12	43	17	79	141
$J_{1.36}$	K-2	20	12	43	17	79	141
$J_{1.37}$	K-2	20	12	43	17	196	141
$J_{1.38}$	K-2	20	12	43	17	79	141

Pada Tabel 4.22 *job* telah diurutkan dengan $J_{1.13}$ yang memiliki total waktu terbesar, yaitu 1203 menit, sampai $J_{1.38}$ dengan total waktu terkecil.

Langkah 8 Mengurutkan pasangan *flowshop* G_a dengan nilai C_a terkecil. Jika ada dua atau lebih G_a yang bernilai sama, urutkan secara sembarang. Karena nilai C_a masih sama, maka diurutkan secara sembarang.

Urutan : $G_{1.}$- G_2- G_3- G_4

Langkah 9 Memasukkan pasangan *flowshop* pada *list* S secara berurutan ke setiap *job* sesuai urutan pada langkah 7. Jika pasangan *flowshop* habis, ulangi sampai semua *job* terisi seperti pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23
List S *Update* 1

Job	**Kode**	**Penghalusan**	**Dempul**	**Amplas**	**Sanding**	**Pengecatan**	**Total**	**Pasangan *Flowshop***
$J_{1.13}$	W-2	103	203	388	175	364	1233	$G_{1.}$
$J_{1.14}$	W-2	103	203	388	175	364	1233	G_2
$J_{1.11}$	W-1	75	149	299	135	289	947	G_3
$J_{1.12}$	W-1	75	149	299	135	289	947	G_4
$J_{1.1}$	D-3	62	84	209	121	322	798	$G_{1.}$
$J_{1.2}$	D-3	62	84	209	121	322	798	G_2
$J_{1.3}$	D-3	62	84	209	121	322	798	G_3
$J_{1.4}$	D-3	62	84	209	121	322	798	G_4
$J_{1.5}$	D-1	66	84	206	120	319	795	$G_{1.}$
$J_{1.39}$	B-9	48	62	150	66	136	462	G_2
$J_{1.8}$	B-7	48	62	150	66	136	462	G_3
$J_{1.9}$	B-7	47	60	150	67	138	462	G_4
$J_{1.10}$	B-6	43	59	135	59	127	423	$G_{1.}$
$J_{1.6}$	B-11	48	50	136	61	126	421	G_2
$J_{1.7}$	B-2	20	12	43	17	79	171	G_3
$J_{1.15}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_4
$J_{1.16}$	K-2	20	12	43	17	79	171	$G_{1.}$
$J_{1.17}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_2
$J_{1.18}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_3
$J_{1.19}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_4
$J_{1.20}$	K-2	20	12	43	17	79	171	$G_{1.}$
$J_{1.21.}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_2
$J_{1.22}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_3
$J_{1.23}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_4
$J_{1.24}$	K-2	20	12	43	17	79	171	$G_{1.}$
$J_{1.25}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_2
$J_{1.26}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_3
$J_{1.27}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_4
$J_{1.28}$	K-2	20	12	43	17	79	171	$G_{1.}$
$J_{1.29}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_2
$J_{1.30}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_3
$J_{1.31.}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_4
$J_{1.32}$	K-2	20	12	43	17	79	171	$G_{1.}$
$J_{1.33}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_2
$J_{1.34}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_3
$J_{1.35}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_4
$J_{1.36}$	K-2	20	12	43	17	79	171	$G_{1.}$
$J_{1.37}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_2
$J_{1.38}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_3

Langkah 10 Mengelompokkan setiap *job* pada Tabel 4.23 sesuai dengan pasangan *flowshop* seperti pada Tabel 4.24 sampai dengan 4.27

Tabel 4.24
Pengelompokan *List* K_1.

Job	Kode	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	Total	Pasangan *Flowshop*
$J_{1.13}$	W-2	103	203	388	175	364	1233	G_1
$J_{1.1}$	D-3	62	84	209	121	322	798	G_1
$J_{1.5}$	D-1	66	84	206	120	319	795	G_1
$J_{1.10}$	B-6	47	60	150	67	138	462	G_1
$J_{1.16}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_1
$J_{1.20}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_1
$J_{1.24}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_1
$J_{1.28}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_1
$J_{1.32}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_1
$J_{1.36}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_1

Tabel 4.25
Pengelompokan *List* K_2

Job	Kode	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	Total	Pasangan *Flowshop*
$J_{1.14}$	W-2	103	203	388	175	364	1233	G_2
$J_{1.2}$	D-3	62	84	209	121	322	798	G_2
$J_{1.39}$	B-9	71	90	232	103	196	692	G_2
$J_{1.6}$	B-11	43	59	135	59	127	423	G_2
$J_{1.17}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_2
$J_{1.21.}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_2
$J_{1.25}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_2
$J_{1.29}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_2
$J_{1.33}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_2
$J_{1.37}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_2

Tabel 4.26
Pengelompokan *List* K_3

Job	Kode	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	Total	Pasangan *Flowshop*
$J_{1.11}$	W-1	75	149	299	135	289	947	G_3
$J_{1.3}$	D-3	62	84	209	121	322	798	G_3
$J_{1.8}$	B-7	48	62	150	66	136	462	G_3
$J_{1.7}$	B-2	48	50	136	61	126	421	G_3
$J_{1.18}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_3
$J_{1.22}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_3
$J_{1.26}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_3
$J_{1.30}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_3
$J_{1.34}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_3
$J_{1.38}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_3

Tabel 4.27
Pengelompokan *List* K_4

Job	Kode	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	Total	Pasangan *Flowshop*
$J_{1.12}$	W-1	75	149	299	135	289	947	G_4
$J_{1.4}$	D-3	62	84	209	121	322	798	G_4
$J_{1.9}$	B-7	48	62	150	66	136	462	G_4
$J_{1.15}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_4
$J_{1.19}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_4
$J_{1.23}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_4
$J_{1.27}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_4
$J_{1.31.}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_4
$J_{1.35}$	K-2	20	12	43	17	79	171	G_4

Pada Tabel 4.24 sampai dengan 4.27, *job* telah dikelompokkan pada masing-masing pasangan *flowshop.*

Bagian 3 menjadwalkan pada setiap pasangan *flowshop*

Langkah 11 Mengurutkan *job* pada setiap *list* $K_{a.}$ dengan t_{ij} terbesar didahulukan seperti pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28
Daftar *List* K_1 sampai dengan $K_{4.}$

Job	Kode	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	Total
			Pasangan *flowshop* 1				
$J_{1.13}$	W-2	103	203	388	175	364	1233
$J_{1.1}$	D-3	62	84	209	121	322	798
$J_{1.5}$	D-1	66	84	206	120	319	795
$J_{1.10}$	B-6	47	60	150	67	138	462
$J_{1.16}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.20}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.24}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.28}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.32}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.36}$	K-2	20	12	43	17	79	171
			Pasangan *flowshop* 2				
$J_{1.14}$	W-2	103	203	388	175	364	1233
$J_{1.2}$	D-3	62	84	209	121	322	798
$J_{1.39}$	B-9	71	90	232	103	196	692
$J_{1.6}$	B-11	43	59	135	59	127	423
$J_{1.17}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.21.}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.25}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.29}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.33}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.37}$	K-2	20	12	43	17	79	171
			Pasangan *flowshop* 3				
$J_{1.11}$	W-1	75	149	299	135	289	947
$J_{1.3}$	D-3	62	84	209	121	322	798
$J_{1.8}$	B-7	48	62	150	66	136	462
$J_{1.7}$	B-2	48	50	136	61	126	421
$J_{1.18}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.22}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.26}$	K-2	20	12	43	17	79	171

Job	Kode	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	Total
$J_{1.30}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.34}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.38}$	K-2	20	12	43	17	79	171
Pasangan *flowshop* 4							
$J_{1.12}$	W-1	75	149	299	135	289	947
$J_{1.4}$	D-3	62	84	209	121	322	798
$J_{1.9}$	B-7	48	62	150	66	136	462
$J_{1.15}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.19}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.23}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.27}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.31.}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.35}$	K-2	20	12	43	17	79	171

Pada Tabel 4.28 2 *job* teratas pada masing-masing pasangan *flowshop* adalah $J_{1.13}$ dan $J_{1.1}$, $J_{1.14}$ dan $J_{1.2}$, $J_{1.11}$ dan $J_{1.3}$, dan pada pasangan *flowshop* 4 adalah $J_{1.12}$ dan $J_{1.4}$.

Langkah 12 Memilih dua *job* teratas. Masukkan dengan dua kemungkinan jadwal parsial seperti pada Tabel 4.29 sampai dengan 4.32

Tabel 4.29
Penjadwalan 2 jadwal parsial G_1

Jadwal Parsial	*Job*	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	C_a
1	$J_{1.13}$	103	306	694	869	1233	1233
	$J_{1.1}$	165	390	599	720	1042	
2	$J_{1.1}$	62	146	355	476	798	1295
	$J_{1.13}$	165	368	756	931	1295	

Tabel 4.30
Penjadwalan 2 jadwal parsial G_2

Jadwal Parsial	Job	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	Ca
1	$J_{1.14}$	103	306	694	869	1233	1233
	$J_{1.2}$	165	390	599	720	1042	
2	$J_{1.2}$	62	146	355	476	798	1295
	$J_{1.14}$	165	368	756	931	1295	

Tabel 4.31
Penjadwalan 2 jadwal parsial G_3

Jadwal Parsial	Job	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	Ca
1	$J_{1.11}$	75	224	523	658	947	960
	$J_{1.3}$	137	308	517	638	960	
2	$J_{1.3}$	62	146	355	476	798	1018
	$J_{1.11}$	137	295	594	729	1018	

Tabel 4.32
Penjadwalan 2 jadwal parsial G_4

Jadwal Parsial	Job	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	Ca
1	$J_{1.12}$	75	224	523	658	947	1101

Jadwal Parsial	Job	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	Ca
	$J_{1.4}$	137	308	517	779	1101	
2	$J_{1.4}$	62	146	355	476	798	1018
	$J_{1.12}$	137	295	594	729	1018	

Pada Tabel 4.29 sampai dengan 4.32, dapat diketahui pada G_1 jadwal parsial yang dipilih adalah $J_{1.13} - J_{1.1}$, pada G_2 jadwal dipilih adalah $J_{1.14} - J_{1.2}$, pada G_3 jadwal yang dipilih adalah $J_{1.11} - J_{1.3}$ dan G_4 jadwal yang dipilih adalah $J_{1.4}$-$J_{1.12}$

Langkah 13 Memilih jadwal yang memiliki *completion time* lebih kecil untuk dipertahankan.

Langkah 14 Menghapus jadwal yang dipilih dari setiap K_a seperti pada Tabel 4.33

Tabel 4.33
Daftar *List* K_1 sampai dengan K_4. (*Update* 1)

Job	Kode	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	Total
			Pasangan *flowshop* 1				
$J_{1.5}$	D-1	66	84	206	120	319	795
$J_{1.10}$	B-6	47	60	150	67	138	462
$J_{1.16}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.20}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.24}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.28}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.32}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.36}$	K-2	20	12	43	17	79	171
			Pasangan *flowshop* 2				
$J_{1.39}$	B-9	71	90	232	103	196	692
$J_{1.6}$	B-11	43	59	135	59	127	423
$J_{1.17}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.21.}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.25}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.29}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.33}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.37}$	K-2	20	12	43	17	79	171
			Pasangan *flowshop* 3				
$J_{1.8}$	B-7	48	62	150	66	136	462
$J_{1.7}$	B-2	48	50	136	61	126	421
$J_{1.18}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.22}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.26}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.30}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.34}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.38}$	K-2	20	12	43	17	79	171
			Pasangan *flowshop* 4				
$J_{1.9}$	B-7	48	62	150	66	136	462
$J_{1.15}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.19}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.23}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.27}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.31.}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.35}$	K-2	20	12	43	17	79	171

Pada Tabel 4.33 *Job* urutan teratas pada masing-masing pasangan *flowshop* adalah $J_{1.5}$ pada G_1, $J_{1.39}$ pada G_2, $J_{1.9}$ pada G_3 dan $J_{1.9}$ pada G_4

Langkah 15 *Set* k=3

Langkah 16 Memilih *job* teratas pada setiap *list* K_a

Langkah 17 Memasukkan 3 kemungkinan jadwal dengan memasukkan *job* yang dipilih pada jadwal yang telah ditetapkan sebelumnya.

Tabel 4.34
Penjadwalan 3 jadwal parsial G_1

Jadwal Parsial	*Job*	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	C_a
1	$J_{1.13}$	103	306	694	869	1233	1233
	$J_{1.1}$	165	390	599	720	1042	
	$J_{1.5}$	231	474	680	840	1159	
2	$J_{1.13}$	103	306	694	869	1233	1233
	$J_{1.5}$	169	390	596	716	1035	
	$J_{1.1}$	231	474	683	837	1159	
3	$J_{1.5}$	66	150	356	476	795	1299
	$J_{1.13}$	169	372	760	935	1299	
	$J_{1.1}$	231	456	665	786	1108	

Tabel 4.35
Penjadwalan 3 jadwal parsial G_2

Jadwal Parsial	*Job*	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	C_a
1	$J_{1.14}$	103	306	694	869	1233	1233
	$J_{1.2}$	165	390	599	720	1042	
	$J_{1.39}$	236	480	712	823	1019	
2	$J_{1.14}$	103	306	694	869	1233	1233
	$J_{1.39}$	174	396	628	731	927	
	$J_{1.2}$	236	480	689	852	1174	
3	$J_{1.39}$	71	161	393	496	692	1304
	$J_{1.14}$	174	377	765	940	1304	
	$J_{1.2}$	236	461	670	791	1113	

Tabel 4.36
Penjadwalan 3 jadwal parsial G_3

Jadwal Parsial	*Job*	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	C_a
1	$J_{1.11}$	75	224	523	658	947	960
	$J_{1.3}$	137	308	517	638	960	
	$J_{1.9}$	185	370	520	704	840	
2	$J_{1.11}$	75	224	523	658	947	1022
	$J_{1.9}$	123	286	436	502	638	
	$J_{1.3}$	185	370	579	700	1022	
3	$J_{1.9}$	48	110	260	326	462	1008
	$J_{1.11}$	123	272	571	706	995	
	$J_{1.3}$	185	356	565	686	1008	

Tabel 4.37
Penjadwalan 3 jadwal parsial G_4

Jadwal Parsial	*Job*	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	C_a
1	$J_{1.4}$	62	146	355	476	798	1018
	$J_{1.12}$	137	295	594	729	1018	
	$J_{1.9}$	185	357	507	795	931	
2	$J_{1.4}$	62	146	355	476	798	1080
	$J_{1.9}$	110	208	358	542	678	
	$J_{1.12}$	185	357	656	791	1080	
3	$J_{1.9}$	48	110	260	326	462	1066
	$J_{1.4}$	110	194	403	524	846	
	$J_{1.12}$	185	343	642	777	1066	

Pada Tabel 4.34 sampai dengan 4.37, dapat diketahui pada G_1 jadwal parsial yang dipilih adalah $J_{1.13}$ -$J_{1.5}$ - $J_{1.1}$, pada G_2 jadwal dipilih adalah $J_{1.14}$-$J_{1.2}$-$J_{1.39}$, pada G_3 jadwal yang dipilih adalah $J_{1.11}$ - $J_{1.3}$ - $J_{1.9}$ dan G_4 jadwal yang dipilih adalah $J_{1.4}$-$J_{1.12}$-$J_{1.9}$

Langkah 18 Memilih jadwal yang memiliki C_a lebih kecil untuk dipertahankan.

Langkah 19 Menghapus *job* terpilih pada setiap *list* K_a

Tabel 4.38
Daftar *List* K_1 sampai dengan K_4 (*Update* 2)

Job	Kode	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	Total
			Pasangan *flowshop* 1				
$J_{1.10}$	B-6	47	60	150	67	138	462
$J_{1.16}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.20}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.24}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.28}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.32}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.36}$	K-2	20	12	43	17	79	171
			Pasangan *flowshop* 2				
$J_{1.6}$	B-11	43	59	135	59	127	423
$J_{1.17}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.21.}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.25}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.29}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.33}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.37}$	K-2	20	12	43	17	79	171
			Pasangan *flowshop* 3				
$J_{1.7}$	B-2	48	50	136	61	126	421
$J_{1.18}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.22}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.26}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.30}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.34}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.38}$	K-2	20	12	43	17	79	171
			Pasangan *flowshop* 4				
$J_{1.15}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.19}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.23}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.27}$	K-2	20	12	43	17	79	171
$J_{1.31.}$	K-2	20	12	43	17	79	171

Job	Kode	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	Total
$J_{1.35}$	K-2	20	12	43	17	79	171

Pada Tabel 4.38 *Job* urutan teratas pada masing-masing pasangan *flowshop* adalah $J_{1.6}$ pada $G_{1,}$ $J_{1.7}$ pada G_2, $J_{1.15}$ pada G_3 dan $J_{1.16}$ pada G_4

Langkah 20 Jika $K_a \neq 0$ lanjut ke langkah 21, jika tidak lanjut ke Bagian 4

$K_a \neq 0$ lanjut ke langkah 21

Langkah 21 Set k = k+1, kembali ke langkah 16

Langkah dilanjutkan sampai $K_a = 0$, *job* telah habis diproses semua. $K_a = 0$, lanjut ke bagian 4

Bagian 4 Menyelesaikan masalah *flexible flowshop*

Langkah 22 Membandingkan *completion time* dari setiap *flowshop* seperti pada Tabel 4.39

Tabel 4.39
Completion time setiap proses

Pasangan *Flowshop*	*Completion time*				
	penghalusan mesin	Dempul	pengamplasan	*Sanding*	Pengecatan
$G_{1.}$	398	606	756	936	1236
			755	914	1234
			694		1203
			656		
G_2	399	611	831	947	1233
			694	886	1139
			687		1143
			644		
G_3	353	492	673	762	1045
			615	758	1021
			597		997
G_4	305	429	594	897	1018
			555		1008
			522		999

Pada Tabel 4.39 diketahui *maximal completion time* dari setiap pasangan *flowshop* dimana $C_{1.}$ Sebesar 1236 menit, C_2 sebesar 1233 menit, C_3 sebesar 1045 menit dan C_4 sebesar 1018 menit.

Langkah 23 Cari maksimum *completion time* dari tiap *flowshop*

Max C_{ij}=max {$C_{1.,}$ $C_{2,}$ $C_{3,}$ $C_{4,}$) = 1236

Langkah 24 *Set* i = i+1

Langkah 25 Jika *Job* masih ada, kembali ke langkah 5. Jika tidak lanjut ke langkah 29.

Job masih ada, kembali ke langkah 29.

Langkah 5 Pada setiap *job* ij, mencari total waktu proses setiap *job* seperti pada Tabel 4.40

Tabel 4.40
Daftar *job* i=2

Job	kode	penghalusan	dempul	amplas	sanding	pengecatan	total
$J_{2.1}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.2}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.3}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.4}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.5}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.6}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.7}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.8}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.9}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.10}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.11}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.12}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.13}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.14}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.15}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.16}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.17}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.18}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.19}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.20}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.21}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.22}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.23}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.24}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.25}$	K-3	14	6	25	10	25	80
$J_{2.26}$	K-3	14	6	25	10	25	80
$J_{2.27}$	D-2	64	82	195	115	274	730
$J_{2.28}$	D-2	64	82	195	115	274	730
$J_{2.29}$	W-1	75	154	299	135	259	922
$J_{2.30}$	W-1	75	154	299	135	259	922
$J_{2.31}$	B-3	53	65	162	72	119	471
$J_{2.32}$	B-3	53	65	162	72	119	471
$J_{2.33}$	B-3	53	65	162	72	119	471
$J_{2.34}$	B-3	53	65	162	72	119	471
$J_{2.35}$	B-3	53	65	162	72	119	471
$J_{2.36}$	B-3	53	65	162	72	119	471
$J_{2.37}$	B-12	50	66	153	68	108	445
$J_{2.38}$	B-12	50	66	153	68	108	445
$J_{2.39}$	B-4	56	71	172	77	128	504
$J_{2.40}$	B-5	40	54	131	59	96	380

Pada Tabel 4.40 didapatkan total proses yang didapatkan dari menjumlahkan waktu proses penghalusan mesin, dempul, pengamplasan, *sanding* dan pengecatan untuk i=2.

Langkah 6 Mengurutkan *job* dengan waktu proses $t_{2.j}$ terbesar didahulukan. Jika ada dua atau lebih *job* yang memiliki nilai $_{2.j}$ sama, urutkan sembarang untuk *job* yang bernilai sama.

Langkah 7 Masukkan *job* yang telah diurutkan ke dalam *list* S pada Tabel 4.41

Tabel 4.41
List S *Update* 2

Job	kode	penghalusan	dempul	amplas	sanding	pengecatan	total
$J_{2.29}$	W-1	75	149	299	135	259	917
$J_{2.30}$	W-1	75	149	299	135	259	917
$J_{2.27}$	D-2	64	80	195	115	274	728
$J_{2.28}$	D-2	64	80	195	115	274	728
$J_{2.39}$	B-4	56	69	172	77	128	502
$J_{2.31.}$	B-3	53	64	162	72	119	470
$J_{2.32}$	B-3	53	64	162	72	119	470
$J_{2.33}$	B-3	53	64	162	72	119	470
$J_{2.34}$	B-3	53	64	162	72	119	470
$J_{2.35}$	B-3	53	64	162	72	119	470
$J_{2.36}$	B-3	53	64	162	72	119	470
$J_{2.37}$	B-12	50	64	153	68	108	443
$J_{2.38}$	B-12	50	64	153	68	108	443
$J_{2.40}$	B-5	40	53	131	59	96	379
$J_{2.1}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.2}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.3}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.4}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.5}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.6}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.7}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.8}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.9}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.10}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.11}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.12}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.13}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.14}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.15}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.16}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.17}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.18}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.19}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.20}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.21.}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.22}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.23}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.24}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.25}$	K-3	14	6	25	10	25	80
$J_{2.26}$	K-3	14	6	25	10	25	80

Pada Tabel 4.41 *job* telah diurutkan dengan $J_{2.29}$ memiliki total waktu terbesar, yaitu 917 menit, sampai $J_{2.26}$ dengan total waktu terkecil.

Langkah 8 Mengurutkan pasangan *flowshop* G_a dengan nilai C_a terkecil. Jika ada dua atau lebih G_a yang bernilai sama, urutkan secara sembarang.

$G_{1\ .}$ = 1236 G_2 = 1233 G_3 = 1012 G_4 = 1018

Urutan : G_3- G_4- G_2 - G_1

Langkah 9 Memasukkan pasangan *flowshop* pada *list* S secara berurutan ke setiap *job* sesuai urutan pada langkah 7. Jika pasangan *flowshop* habis, ulangi sampai semua *job* terisi seperti pada Tabel 4.42

Tabel 4.42
List S *Update* 3

Job	kode	penghalusan	dempul	amplas	sanding	pengecatan	total	Pasangan Flowshop
$J_{2.29}$	W-1	75	149	299	135	259	917	G_3
$J_{2.30}$	W-1	75	149	299	135	259	917	G_4
$J_{2.27}$	D-2	64	80	195	115	274	728	G_2
$J_{2.28}$	D-2	64	80	195	115	274	728	G_1
$J_{2.39}$	B-4	56	69	172	77	128	502	G_3
$J_{2.31.}$	B-3	53	64	162	72	119	470	G_4
$J_{2.32}$	B-3	53	64	162	72	119	470	G_2
$J_{2.33}$	B-3	53	64	162	72	119	470	G_1
$J_{2.34}$	B-3	53	64	162	72	119	470	G_3
$J_{2.35}$	B-3	53	64	162	72	119	470	G_4
$J_{2.36}$	B-3	53	64	162	72	119	470	G_2
$J_{2.37}$	B-12	50	64	153	68	108	443	G_1
$J_{2.38}$	B-12	50	64	153	68	108	443	G_3
$J_{2.40}$	B-5	40	53	131	59	96	379	G_4
$J_{2.1}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_2
$J_{2.2}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_1
$J_{2.3}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_3
$J_{2.4}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_4
$J_{2.5}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_2
$J_{2.6}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_1
$J_{2.7}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_3
$J_{2.8}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_4
$J_{2.9}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_2
$J_{2.10}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_1
$J_{2.11}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_3
$J_{2.12}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_4
$J_{2.13}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_2
$J_{2.14}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_1
$J_{2.15}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_3
$J_{2.16}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_4
$J_{2.17}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_2
$J_{2.18}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_1
$J_{2.19}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_3
$J_{2.20}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_4
$J_{2.21.}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_2
$J_{2.22}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_1
$J_{2.23}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_3
$J_{2.24}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_4
$J_{2.25}$	K-3	14	6	25	10	25	80	G_2
$J_{2.26}$	K-3	14	6	25	10	25	80	G_1

Langkah 10 Mengelompokkan setiap *job* pada Tabel 4.23 sesuai dengan pasangan *flowshop* seperti pada Tabel 4.43 sampai dengan 4.46

Tabel 4.43
Pengelompokan *List* $K_{1.}$ i = 2

Job	**Kode**	**Penghalusan**	**Dempul**	**Amplas**	**Sanding**	**Pengecatan**	**Total**	**Pasangan *Flowshop***
$J_{2.28}$	D-2	64	80	195	115	274	728	G_1
$J_{2.33}$	B-3	53	64	162	72	119	470	G_1
$J_{2.37}$	B-12	50	64	153	68	108	443	G_1
$J_{2.2}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_1
$J_{2.6}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_1
$J_{2.10}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_1
$J_{2.14}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_1
$J_{2.18}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_1
$J_{2.22}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_1
$J_{2.26}$	K-3	14	6	25	10	25	80	G_1

Tabel 4.44
Pengelompokan List K_2 i = 2

Job	**Kode**	**Penghalusan**	**Dempul**	**Amplas**	**Sanding**	**Pengecatan**	**Total**	**Pasangan *Flowshop***
$J_{2.27}$	D-2	64	80	195	115	274	728	G_2
$J_{2.32}$	B-3	53	64	162	72	119	470	G_2
$J_{2.36}$	B-3	53	64	162	72	119	470	G_2
$J_{2.1}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_2
$J_{2.5}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_2
$J_{2.9}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_2
$J_{2.13}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_2
$J_{2.17}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_2
$J_{2.21.}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_2
$J_{2.25}$	K-3	14	6	25	10	25	80	G_2

Tabel 4.45
Pengelompokan *List* K_3 i = 2

Job	**Kode**	**Penghalusan**	**Dempul**	**Amplas**	**Sanding**	**Pengecatan**	**Total**	**Pasangan *Flowshop***
$J_{2.29}$	W-1	75	149	299	135	259	917	G_3
$J_{2.39}$	B-4	56	69	172	77	128	502	G_3
$J_{2.34}$	B-3	53	64	162	72	119	470	G_3
$J_{2.38}$	B-12	50	64	153	68	108	443	G_3
$J_{2.3}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_3
$J_{2.7}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_3
$J_{2.11}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_3
$J_{2.15}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_3
$J_{2.19}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_3
$J_{2.23}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_3

Tabel 4.46
Pengelompokan *List* K_4 i = 2

Job	**Kode**	**Penghalusan**	**Dempul**	**Amplas**	**Sanding**	**Pengecatan**	**Total**	**Pasangan *Flowshop***
$J_{1.30}$	W-1	75	149	299	135	259	917	G_4
$J_{1.31.}$	B-3	53	64	162	72	119	470	G_4
$J_{1.35}$	B-3	53	64	162	72	119	470	G_4

Job	Kode	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	Total	Pasangan *Flowshop*
$J_{1.40}$	B-5	40	53	131	59	96	379	G_4
$J_{1.4}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_4
$J_{1.8}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_4
$J_{1.12}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_4
$J_{1.16}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_4
$J_{1.20}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_4
$J_{1.24}$	K-2	20	12	43	17	49	141	G_4

Pada Tabel 4.43 sampai dengan 4.46, *job* telah dikelompokkan pada masing-masing pasangan *flowshop.*

Bagian 3 Menjadwalkan pada setiap pasangan *flowshop*

Langkah 11 Mengurutkan *job* pada setiap *list* $K_{a.}$ dengan t_{ij} terbesar didahulukan seperti pada Tabel 4.47.

Tabel 4.47
Daftar *List* K_1 sampai dengan $K_{4.}$i=2

Job	Kode	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	Total
Pasangan *flowshop* 1							
$J_{2.28}$	D-2	64	80	195	115	274	728
$J_{2.33}$	B-3	53	64	162	72	119	470
$J_{2.37}$	B-12	50	64	153	68	108	443
$J_{2.2}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.6}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.10}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.14}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.18}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.22}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.26}$	K-3	14	6	25	10	25	80
Pasangan *flowshop* 2							
$J_{2.27}$	D-2	64	80	195	115	274	728
$J_{2.32}$	B-3	53	64	162	72	119	470
$J_{2.36}$	B-3	53	64	162	72	119	470
$J_{2.1}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.5}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.9}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.13}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.17}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.21.}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.25}$	K-3	14	6	25	10	25	80
Pasangan *flowshop* 3							
$J_{2.29}$	W-1	75	149	299	135	259	917
$J_{2.39}$	B-4	56	69	172	77	128	502
$J_{2.34}$	B-3	53	64	162	72	119	470
$J_{2.38}$	B-12	50	64	153	68	108	443
$J_{2.3}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.7}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.11}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.15}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.19}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.23}$	K-2	20	12	43	17	49	141

Job	Kode	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	Total
Pasangan *flowshop* 4							
$J_{1.30}$	W-1	75	149	299	135	259	917
$J_{1.31.}$	B-3	53	64	162	72	119	470
$J_{1.35}$	B-3	53	64	162	72	119	470
$J_{1.40}$	B-5	40	53	131	59	96	379
$J_{1.4}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{1.8}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{1.12}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{1.16}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{1.20}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{1.24}$	K-2	20	12	43	17	49	141

Pada Tabel 4.47 2 *job* teratas pada masing-masing pasangan *flowshop* adalah $J_{2.28}$ dan $J_{2.33}$, $J_{2.27}$ dan $J_{2.32}$, $J_{2.29}$ dan $J_{2.39}$, dan pada pasangan *flowshop* 4 adalah $J_{2.30}$ dan $J_{2.31}$.

Langkah 12 Memilih dua *job* teratas. Masukkan dengan dua kemungkinan jadwal parsial seperti pada Tabel 4.29 sampai dengan 4.32

Tabel 4.48
Penjadwalan 2 jadwal parsial G_1 i=2

Jadwal Parsial	Job	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	Ca
1	$J_{2.28}$	462	686	889	1029	1477	1477
	$J_{2.33}$	515	750	912	1008	1353	
2	$J_{2.33}$	451	670	856	986	1322	1508
	$J_{2.28}$	515	750	945	1060	1508	

Tabel 4. 49
Penjadwalan 2 jadwal parsial G_2 i=2

Jadwal Parsial	Job	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	Ca
1	$J_{2.27}$	463	691	886	1001	1413	1413
	$J_{2.32}$	516	755	917	1019	1262	
2	$J_{2.32}$	452	675	849	958	1258	1417
	$J_{2.27}$	516	755	950	1065	1417	

Tabel 4.50
Penjadwalan 2 jadwal parsial G_3 i=2

Jadwal Parsial	Job	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	Ca
1	$J_{2.29}$	428	607	906	1041	1330	1330
	$J_{2.39}$	484	676	848	925	1124	
2	$J_{2.39}$	409	527	738	818	1115	1399
	$J_{2.29}$	484	676	975	1110	1399	

Tabel 4.51
Penjadwalan 2 jadwal parsial G_4 i=2

Jadwal Parsial	Job	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	Ca
1	$J_{1.30}$	380	578	877	1032	1321	1321
	$J_{1.31.}$	433	642	804	1104	1253	

Jadwal Parsial	Job	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	Ca
2	$J_{1.31.}$	358	493	717	969	1118	1393
	$J_{1.30}$	433	642	941	1104	1393	

Pada Tabel 4.48 sampai dengan 4.51, dapat diketahui pada G_1 jadwal parsial yang dipilih adalah $J_{2.28} - J_{2.33}$, pada G_2 jadwal dipilih adalah $J_{2.27} - J_{2.32}$, pada G_3 jadwal yang dipilih adalah $J_{2.29} - J_{2.39}$ dan G_4 jadwal yang dipilih adalah $J_{2.30}$-$J_{2.31}$

Langkah 13 Memilih jadwal yang memiliki *completion time* lebih kecil untuk dipertahankan.

Langkah 14 Menghapus jadwal yang dipilih dari setiap K_a seperti pada Tabel 4.52

Tabel 4.52
Daftar *List* K_1 sampai dengan K_4.i=2 *Update 1*

Job	**Kode**	**Penghalusan**	**Dempul**	**Amplas**	**Sanding**	**Pengecatan**	**Total**
			Pasangan *flowshop* 1				
$J_{2.37}$	B-12	50	64	153	68	108	443
$J_{2.2}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.6}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.10}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.14}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.18}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.22}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.26}$	K-3	14	6	25	10	25	80
			Pasangan *flowshop* 2				
$J_{2.36}$	B-3	53	64	162	72	119	470
$J_{2.1}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.5}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.9}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.13}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.17}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.21.}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.25}$	K-3	14	6	25	10	25	80
			Pasangan *flowshop* 3				
$J_{2.34}$	B-3	53	64	162	72	119	470
$J_{2.38}$	B-12	50	64	153	68	108	443
$J_{2.3}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.7}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.11}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.15}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.19}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.23}$	K-2	20	12	43	17	49	141
			Pasangan *flowshop* 4				
$J_{1.35}$	B-3	53	64	162	72	119	470
$J_{1.40}$	B-5	40	53	131	59	96	379
$J_{1.4}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{1.8}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{1.12}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{1.16}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{1.20}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{1.24}$	K-2	20	12	43	17	49	141

Pada Tabel 4.52 *Job* urutan teratas pada masing-masing pasangan *flowshop* adalah $J_{2.37}$ pada G_1, $J_{2.36}$ pada G_2, $J_{2.34}$ pada G_3 dan $J_{2.35}$ pada G_4

Langkah 15 *Set* k=3

Langkah 16 Memilih *job* teratas pada setiap *list* K_a

Langkah 17 Memasukkan 3 kemungkinan jadwal dengan memasukkan *job* yang dipilih pada jadwal yang telah ditetapkan sebelumnya.

Tabel 4.53
Penjadwalan 3 jadwal parsial G_1 pada i=2

Jadwal Parsial	*Job*	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	C_a
1	$J_{2.28}$	462	686	889	1029	1477	1477
	$J_{2.33}$	515	750	912	1008	1353	
	$J_{2.37}$	565	814	967	1076	1344	
2	$J_{2.28}$	462	686	889	1029	1477	1477
	$J_{2.37}$	512	750	903	1004	1342	
	$J_{2.33}$	565	814	976	1076	1355	
3	$J_{2.37}$	448	670	847	982	1311	1508
	$J_{2.28}$	512	750	945	1060	1508	
	$J_{2.33}$	565	814	976	1054	1355	

Tabel 4.54
Penjadwalan 3 jadwal parsial G_2 pada i=2

Jadwal Parsial	*Job*	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	C_a
1	$J_{2.27}$	463	691	886	1001	1413	1413
	$J_{2.32}$	516	755	917	1019	1262	
	$J_{2.36}$	569	819	981	1073	1352	
2	$J_{2.27}$	463	691	886	1001	1413	1413
	$J_{2.36}$	516	755	917	1019	1262	
	$J_{2.32}$	569	819	981	1073	1352	
3	$J_{2.36}$	452	675	849	958	1258	1417
	$J_{2.27}$	516	755	950	1065	1417	
	$J_{2.32}$	569	819	981	1053	1352	

Tabel 4.55
Penjadwalan 3 jadwal parsial G_3 pada i=2

Jadwal Parsial	*Job*	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	C_a
1	$J_{2.29}$	428	607	906	1041	1330	1330
	$J_{2.39}$	484	676	848	925	1124	
	$J_{2.34}$	537	740	902	997	1146	
2	$J_{2.29}$	428	607	906	1041	1330	1330
	$J_{2.34}$	481	671	833	905	1115	
	$J_{2.39}$	537	740	912	989	1147	
3	$J_{2.34}$	406	522	728	813	1106	1394
	$J_{2.29}$	481	671	970	1105	1394	
	$J_{2.39}$	537	740	912	989	1147	

Tabel 4.56
Penjadwalan 3 jadwal parsial G_4 pada i=2

Jadwal Parsial	*Job*	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	C_a
1	$J_{1.30}$	380	578	877	1032	1321	1325
	$J_{1.31.}$	433	642	804	1104	1253	
	$J_{1.35}$	486	706	868	1176	1325	
2	$J_{1.30}$	380	578	877	1032	1321	1325
	$J_{1.35}$	433	642	804	1104	1253	
	$J_{1.31.}$	486	706	868	1176	1325	
3	$J_{1.35}$	358	493	717	969	1118	1393
	$J_{1.30}$	433	642	941	1104	1393	
	$J_{1.31.}$	486	706	868	1176	1325	

Pada Tabel 4.53 sampai dengan 4.56, dapat diketahui pada G_1 jadwal parsial yang dipilih adalah $J_{2.28}$ -$J_{2.33}$ - $J_{2.37}$, pada G_2 jadwal dipilih adalah $J_{2.27}$-$J_{2.32}$-$J_{2.36}$, pada G_3 jadwal yang dipilih adalah $J_{2.29}$ - $J_{2.39}$ - $J_{2.34}$ dan G_4 jadwal yang dipilih adalah $J_{2.30}$-$J_{2.31}$-$J_{2.35}$

Langkah 18 Memilih jadwal yang memiliki C_a lebih kecil untuk dipertahankan.

Langkah 19 Menghapus *job* terpilih pada setiap *list* K_a

Tabel 4.57
Daftar *List* K_1 sampai dengan K_4 i=2 *Update* 2

Job	Kode	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	Total
			Pasangan *flowshop* 1				
$J_{2.2}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.6}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.10}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.14}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.18}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.22}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.26}$	K-3	14	6	25	10	25	80
			Pasangan *flowshop* 2				
$J_{2.1}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.5}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.9}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.13}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.17}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.21.}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.25}$	K-3	14	6	25	10	25	80
			Pasangan *flowshop* 3				
$J_{2.38}$	B-12	50	64	153	68	108	443
$J_{2.3}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.7}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.11}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.15}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.19}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{2.23}$	K-2	20	12	43	17	49	141
			Pasangan *flowshop* 4				
$J_{1.40}$	B-5	40	53	131	59	96	379
$J_{1.4}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{1.8}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{1.12}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{1.16}$	K-2	20	12	43	17	49	141

Job	Kode	Penghalusan	Dempul	Amplas	Sanding	Pengecatan	Total
$J_{1.20}$	K-2	20	12	43	17	49	141
$J_{1.24}$	K-2	20	12	43	17	49	141

Pada Tabel 4.57 *Job* urutan teratas pada masing-masing pasangan *flowshop* adalah $J_{2.2}$ pada $G_{1,}$ $J_{2.1}$ pada G_2, $J_{2.38}$ pada G_3 dan $J_{2.40}$ pada $G_{4.}$

Langkah 20 Jika $K_a \neq 0$ lanjut ke langkah 21, jika tidak lanjut ke Bagian 4

$K_a \neq 0$ lanjut ke langkah 21

Langkah 21 Set k = k+1, kembali ke langkah 16

Langkah dilanjutkan sampai $K_a = 0$, *job* telah habis diproses semua. $K_a = 0$, Lanjut ke bagian 4

Bagian 4 Menyelesaikan masalah *flexible flowshop*

Langkah 22 Membandingkan *completion time* dari setiap *flowshop* seperti pada Tabel 4.58

Tabel 4.58
Completion time setiap proses

Pasangan *Flowshop*	***Completion time***				
	penghalusan mesin	**Dempul**	**pengamplasan**	***Sanding***	**Pengecatan**
$G_{1.}$	699	892	1039	1111	1502
			984	1107	1500
			917		1491
			889		
G_2	703	897	1036	1124	1454
			947	1106	1450
			941		1442
			929		
G_3	707	910	1063	1141	1369
			1044	1126	1364
			1026		1354
G_4	646	831	1008	1337	1429
			945		1417
			935		1408

Pada Tabel 4.39 diketahui *maximal completion time* dari setiap pasangan *flowshop* dimana $C_{1.}$ Sebesar 1502 menit, C_2 sebesar 1454 menit, C_3 sebesar 1369 menit dan C_4 sebesar 1429 menit.

Langkah 23 Cari maksimum *completion time* dari tiap *flowshop*

Max C_{ij}=max {$C_{1.,}$ $C_{2,}$ $C_{3,}$ $C_{4,}$) = 1502

Langkah 24 *Set* i = i+1

Langkah 25 Jika *Job* masih ada, kembali ke langkah 5. Jika tidak lanjut ke langkah 26.

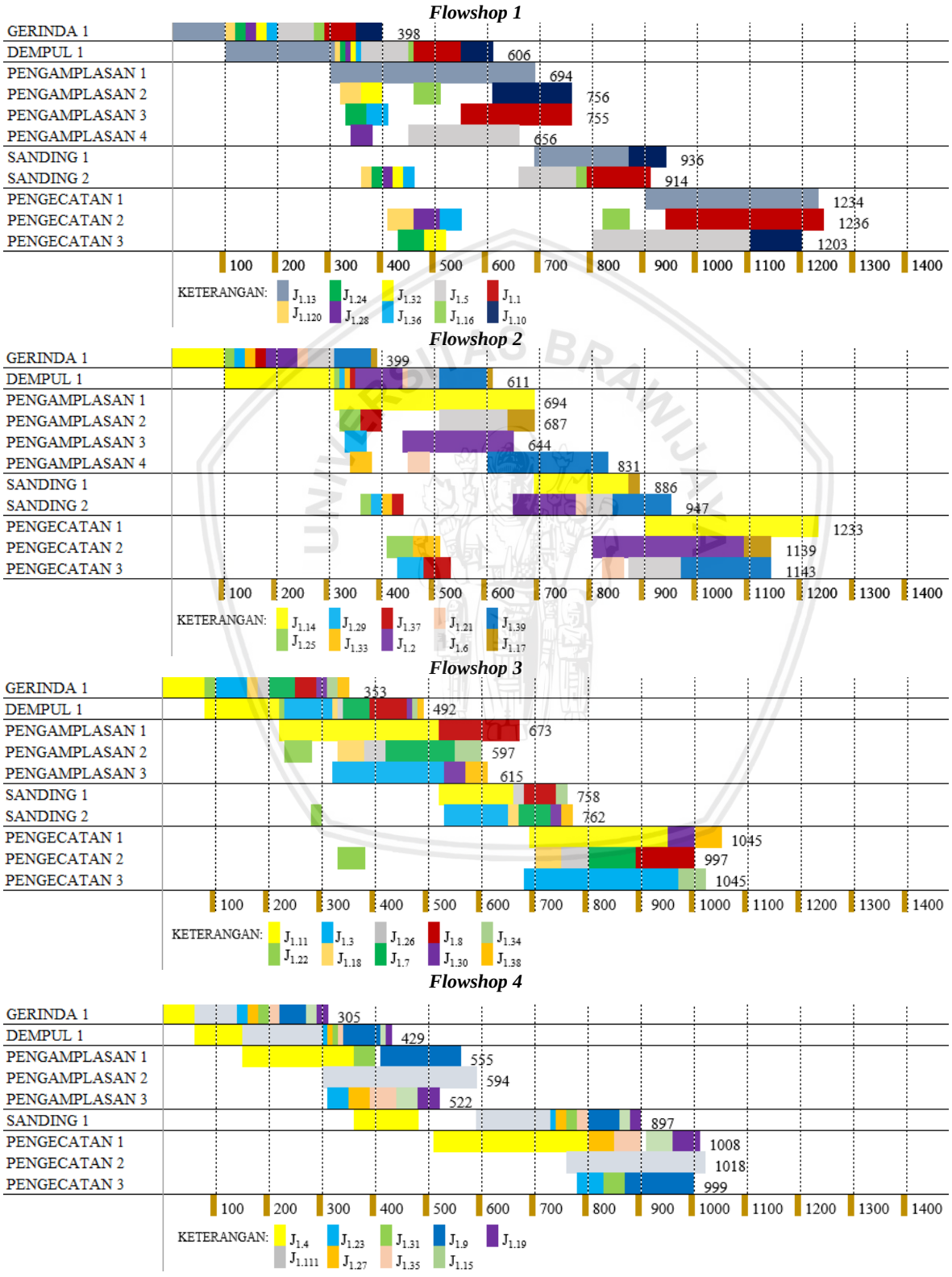
Job telah habis, lanjut ke langkah 29

Langkah dilanjutkan untuk i = 3 seperti pada langkah-langkah sebelumnya.

Langkah 26 Total *completion time* sudah didapatkan.

Langkah 27 Selesai

Pada iterasi i = 1 didapatkan *maximum completion time* sebesar 1236 pada kelompok *flowshop* 1. Pada kelompok *flowshop* lainnya sebesar 1233 untuk kelompok *flowshop* 2, 1012 untuk kelompok *flowshop* 3 dan 1018 untuk kelompok *flowshop* 4. Pada Gambar 4.6 merupakan *gantt chart* dari pesanan HK/PO-1/190402.



Gambar 4.6 Gantt chart pesanan HK/PO-1/190402

Pada Gambar 4.6 terdapat 4 *gantt chart* yang masing-masing merupakan *gantt chart* dari setiap *flowshop.* Pada *flowshop* 1 dimulai dari *job* $J_{1.13}$, yang bewarna abu-abu tua, pada gerinda atau penghalusan mesin. *Flowshop 2* diawali *job* $J_{1.14}$, *flowshop* 3 *job* $J_{1.11}$ dan *flowshop* 4 *job* $J_{1.4}$. Pesanan HK/PO-1/190402 pada *flowshop* 1 berakhir pada menit 1236 oleh pengecatan 2. Pada *flowshop* 2 berakhir di pengecatan 1, *flowshop* 3 di pengecatan 1 dan 3 selama 1045 menit, dan pada *flowshop* 4 berakhir pada pengecatan 2 sebesar 1018 menit.

Berdasarkan proses verifikasi yang telah dilakukan pada pesanan 1 dan 2, dapat disimpulkan bahwa algoritma telah terverifikasi. Selanjutnya dilakukan penjadwalan seperti iterasi pesanan 1 dan 2. Pesanan 3 dikerjakan pada tanggal 18 April 2019, atau selisih 2 hari dari pesanan 1 dan 2. Oleh karena itu, jika *completion time* pesanan 2 kurang dari 2 hari atau 2 hari × 7 jam/hari × 60 menit/jam = 840 menit, maka *completion time* dianggap sama dengan 840.

4.4.4 Menentukan waktu *due date* produksi

Berdasarkan penjadwalan LPT-LN yang telah dilakukan, didapatkan hasil *completion time* pada setiap pesanan. Tabel 4.59 merupakan hasil penjadwalan dari setiap pesanan.

Tabel 4.59
Hasil penjadwalan LPT-LN

No. PO	**Urutan *job***	***Completion time* setiap *flowshop* (menit)**	***Maximum completion time* (menit)**
HK/PO-1/190402	$J_{1.13}$-$J_{1.20}$-$J_{1.24}$-$J_{1.28}$- $J_{1.32}$-$J_{1.36}$-$J_{1.5}$- $J_{1.16}$-$J_{1.1}$- $J_{1.10}$	1236	1236
	$J_{1.14}$-$J_{1.25}$-$J_{1.29}$- $J_{1.33}$ -$J_{1.37}$-$J_{1.2}$-$J_{1.21}$.-$J_{1.6}$- $J_{1.39}$-$J_{1.17}$	1233	
	$J_{1.11}$ -$J_{1.22}$-$J_{1.3}$ -$J_{1.18}$- $J_{1.26}$ -$J_{1.7}$-$J_{1.8}$- $J_{1.30}$ - $J_{1.34}$ -$J_{1.38}$	1045	
	$J_{1.4}$ -$J_{1.12}$- $J_{1.23}$ -$J_{1.27}$-$J_{1.31}$-$J_{1.35}$- $J_{1.9}$ - $J_{1.15}$ - $J_{1.19}$	1018	
HK/PO-1/190407	$J_{2.28}$-$J_{2.2}$-$J_{2.6}$-$J_{2.10}$-$J_{2.14}$-$J_{2.18}$-$J_{2.22}$-$J_{2.33}$-$J_{2.37}$-$J_{2.26}$	1502	1502
	$J_{2.21}$-$J_{2.27}$-$J_{2.32}$-$J_{2.9}$-$J_{2.13}$-$J_{2.17}$-$J_{2.36}$-$J_{2.1}$-$J_{2.5}$-$J_{2.25}$	1454	
	$J_{2.29}$-$J_{2.38}$-$J_{2.23}$-$J_{2.39}$-$J_{2.34}$-$J_{2.27}$-$J_{2.11}$-$J_{2.15}$-$J_{2.19}$-$J_{2.3}$	1369	
	$J_{2.30}$-$J_{2.20}$-$J_{2.31}$-$J_{2.12}$-$J_{2.35}$-$J_{2.16}$-$J_{2.24}$-$J_{2.40}$-$J_{2.4}$-$J_{2.8}$	1429	
HK/PO-1/190418	$J_{3.30}$-$J_{3.33}$-$J_{3.16}$-$J_{3.22}$-$J_{3.26}$-$J_{3.18}$-$J_{3.5}$-$J_{3.6}$-$J_{3.10}$	1741	1933
	$J_{3.29}$-$J_{3.33}$-$J_{3.37}$-$J_{3.15}$-$J_{3.4}$-$J_{3.3}$-$J_{3.9}$-$J_{3.21}$-$J_{3.25}$	1741	
	$J_{3.11}$-$J_{3.23}$-$J_{3.27}$-$J_{3.31}$-$J_{3.35}$-$J_{3.7}$-$J_{3.19}$-$J_{3.7}$-$J_{3.1}$-$J_{3.17}$	1822	
	$J_{3.14}$-$J_{3.12}$-$J_{3.28}$-$J_{3.36}$-$J_{3.2}$-$J_{3.24}$-$J_{3.8}$-$J_{3.20}$-$J_{3.32}$	1933	

Dari Tabel 4.59 dapat diketahui bahwa untuk pengerjaan pesanan HK/PO-1/190402 memerlukan waktu penyelesaian sebesar 1236 menit, HK/PO-1/190407 sebesar 1494 menit dan HK/PO-1/190418 sebesar 1912 menit. Sebelum dilakukan penghitungan *due date*, data ini perlu dijadikan dalam satuan hari terlebih dulu dengan cara dibagi dengan 60/menit dan

dibagi lagi dengan 7, sebagai waktu rata-rata bekerja perusahaan dalam setiap satu harinya. Setelah itu dibulatkan keatas.

Waktu penyelesaian HK/PO-1/190402 (hari) = $\frac{1236}{60 \times 7}$ = 2,9 hari = 3 hari

Waktu penyelesaian HK/PO-1/190407 (hari) = $\frac{1502}{60 \times 7}$ = 3,6 hari = 4 hari

Waktu penyelesaian HK/PO-1/190418 (hari) = $\frac{1933}{60 \times 7}$ = 4,6 hari = 5 hari

Hasil waktu penyelesaian tersebut lalu ditambahkan tanggal titik awal penjadwalan dan ditambahkan lagi dengan waktu pengeringan dan *packing* selama minimal 2 hari. Jika diantara hari tersebut terdapat hari libur, maka ditambahkan 1 hari setiap hari liburnya

Due date HK/PO-1/190402 = 16 April 2019 + 3 hari + 2 hari + 1 hari = 22 April 2019

Due date HK/PO-1/190407 = 16 April 2019 + 4 hari + 2 hari + 1 hari = 23 April 2019

Due date HK/PO-1/190418 = 16 April 2019 + 5 hari + 2 hari + 1 hari = 24 April 2019

Hasil perhitungan *due date* tersebut lalu dibandingkan dengan kenyataan yang terjadi pada perusahaan. Data yang dibandingkan adalah tanggal pesanan telah dilakukan *stuffing* dan dikirimkan menuju *customer*. Pada Tabel 4.60 merupakan perbandingan hasil perhitungan *due date* dengan tanggal pengiriman pesanan.

Tabel 4.60
Perbandingan hasil perhitungan *due date* dengan tanggal pengiriman pesanan

No. PO.	Target Penyelesaian	Realisasi Penyelesaian	Perhitungan *due date*	Keterangan
HK/PO-1/190402	18 April 2019	22 April 2019	22 April 2019	Terlambat, sesuai dengan perhitungan
HK/PO-1/190407	20 April 2019	22 April 2019	23 April 2019	Terlambat, lebih cepat 1 hari
HK/PO-1/190418	28 April 2019	24 April 2019	24 April 2019	Tidak terlambat, sesuai dengan perhitungan

Pada Tabel 4.60, pada 3 pesanan yang dihitung dalam penelitian ini, HK/PO-1/190402 terjadi keterlambatan dalam pengiriman dan penyelesaian sama denganperhitungan yang dilakukan. Pada pesanan HK/PO-1/190407, terjadi keterlambatan dan penyelesaian lebih cepat 1 hari dibandingkan dengan hasil penyelesaian. Sementara pada HK/PO-1/190418 tidak terjadi keterlambatan. Realisasi penyelesaian pada pesanan ini sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan. Dari perbandingan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa perhitungan yang telah dilakukan sesuai dengan kondisi nyata di lapangan.

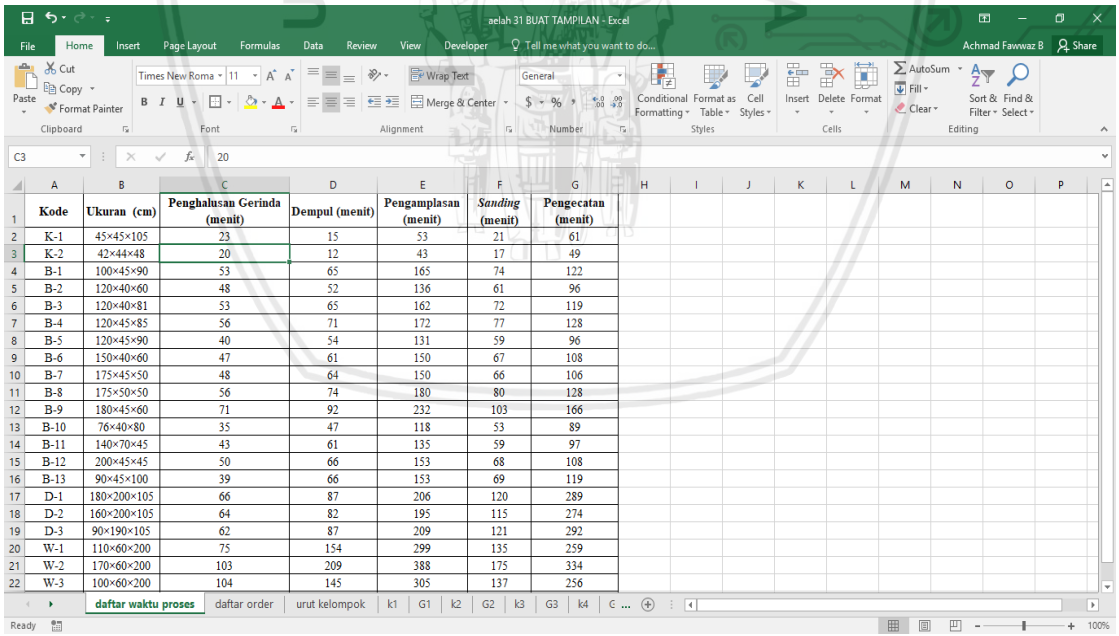
4.5 Perancangan rekomendasi penentuan *due date*

Perancangan rekomendasi penentuan *due date* dilakukan dengan tujuan perusahaan dapat melakukan penentuan waktu *due date* secara tepat dan cepat. Dalam penentuan waktu *due date* dengan algoritma LPT-LN, diperlukan sebuah alat bantu dalam perhitungannya. Microsoft office Excel 2016 digunakan untuk membantu penentuan *due date* perusahaan.

Untuk merancang alat bantu yang digunakan untuk perusahaan menentukan *due date* menggunakan Microsoft Office Excel 2016, perlu dirancang beberapa bagian sebagai berikut:

1. Daftar waktu setiap prosesnya

   Pada *sheets* ini berisi tabel yang berisi waktu yang dibutuhkan dalam pengerjaan *finishing* pada setiap prosesnya. Tabel ini terdiri dari kode produk, ukuran produk, dan waktu proses *finishing*. Mulai dari proses penghalusan mesin, pendempulan, pengamplasan, *sanding* dan pengecatan. Data waktu ini dapat diisi dan diperbarui oleh *user* dari perusahaan. Kode produk nantinya digunakan untuk memanggil waktu proses pada proses perhitungan. Gambar 4.7 merupakan tampilan *sheets* dari daftar waktu setiap proses.



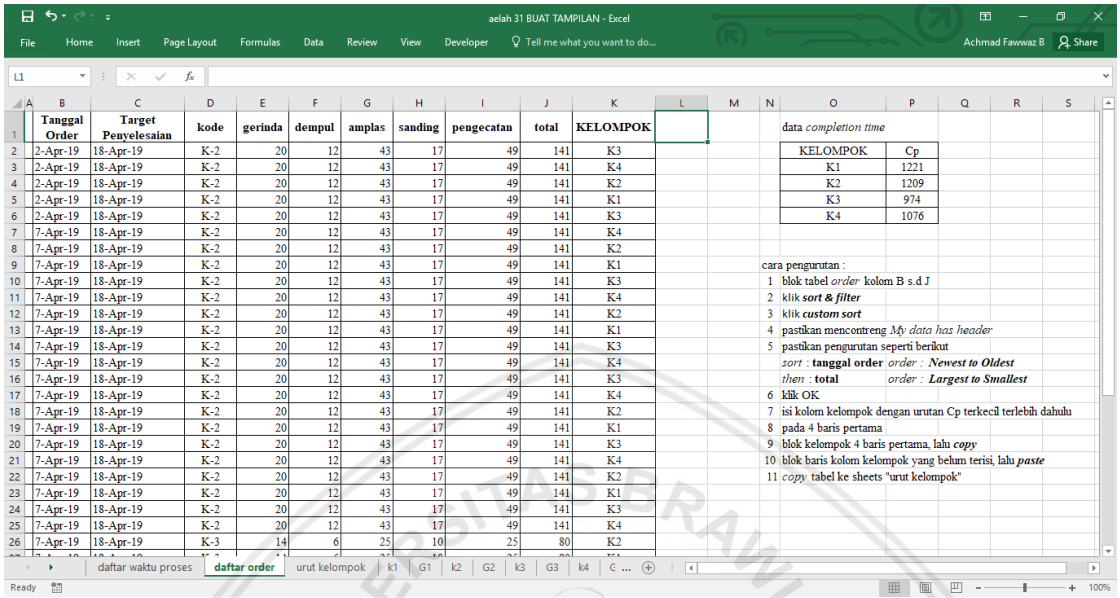
Kode	Ukuran (cm)	Penghalusan Gerinda (menit)	Dempul (menit)	Pengamplasan (menit)	*Sanding* (menit)	Pengecatan (menit)
K-1	45×45×105	23	15	53	21	61
K-2	42×44×48	20	12	43	17	49
B-1	100×45×90	53	65	165	74	122
B-2	120×40×60	48	52	136	61	96
B-3	120×40×81	53	65	162	72	119
B-4	120×45×85	56	71	172	77	128
B-5	120×45×90	40	54	131	59	96
B-6	150×40×60	47	61	150	67	108
B-7	175×45×50	48	64	150	66	106
B-8	175×50×50	56	74	180	80	128
B-9	180×45×60	71	92	232	103	166
B-10	76×40×80	35	47	118	53	89
B-11	140×70×45	43	61	135	59	97
B-12	200×45×45	50	66	153	68	108
B-13	90×45×100	39	66	153	69	119
D-1	180×200×105	66	87	206	120	289
D-2	160×200×105	64	82	195	115	274
D-3	90×190×105	62	87	209	121	292
W-1	110×60×200	75	154	299	135	259
W-2	170×60×200	103	209	388	175	334
W-3	100×60×200	104	145	305	137	256

Gambar 4.7 tampilan *sheets* daftar waktu proses

2. Pengurutan pesanan pada setiap *job*

   Pada *sheets* ini, terdapat tabel yang berisi tanggal *order*, target penyelesaian, waktu proses dan kelompok. Data *job* pada suatu *order* dimasukkan dan diurutkan pada tabel ini berdasarkan tanggal *order* terdahulu dan total waktu terbesar. Kolom kelompok dibiarkan kosong terlebih dahulu sebelum diurutkan. Pengurutan menggunakan *Sort* &

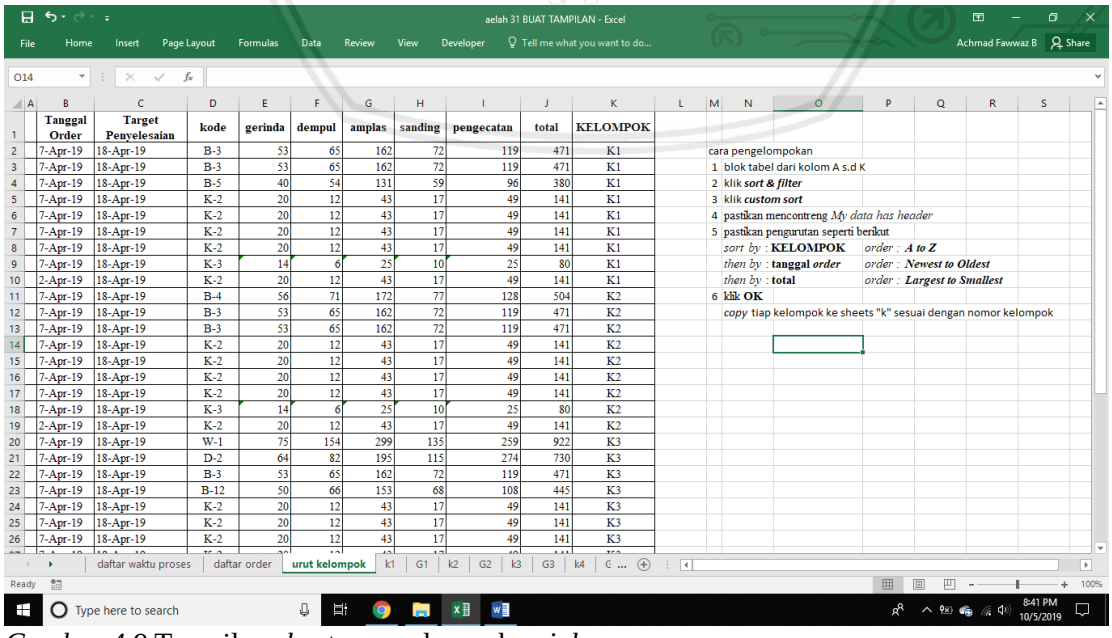
Filter. Setelah diurutkan, kolom kelompok diisi dengan kelompok *flowshop* secara berurutan dari yang memiliki *completion time* terkecil sampai terbesar. Pada Gambar 4.8 merupakan tampilan dari *sheets* pengurutan pesanan pada setiap *job*



Gambar 4.8 tampilan *sheets* pengurutan pesanan pada setiap *job*

3. Pengelompokan *job* pada setiap kelompok *flowshop*

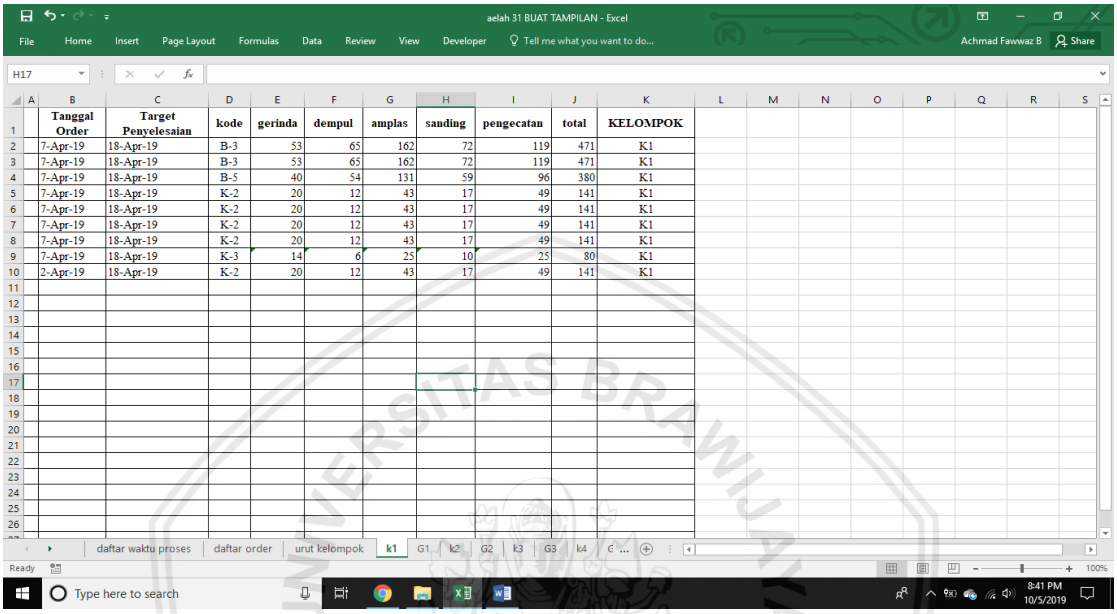
Sheets pengelompokan *job* tidak banyak berbeda dengan *sheets* pengurutan pesanan. *Sheets* ini digunakan untuk mengelompokkan *job* sesua dengan kelompok *flowshopnya.* Data pada *sheets* pengurutan pesanan sebelumnya disalin pada *sheets* ini. Setelah itu data diurutkan menggunakan *sort* & *filter* sesuai dengan urutan kelompok dan waktu total terbesar. Gambar 4.9 merupakan tampilan dari *sheets* pengelompokan *job.*



Gambar 4.9 Tampilan *sheets* pengelompokan *job*

4. Daftar *job* pada kelompok *flowshop*

Sheets ini berjumlah sama dengan jumlah kelompok *flowshop* yang dibentuk, yaitu sebanyak 4 *sheets*. Pada setiap *sheets* berisi daftar *job* yang dikerjakan pada kelompok *flowshop* tersebut. Gambar 4.10 merupakan tampilan dari *sheets* daftar *job* pada setiap kelompok *flowshop*.

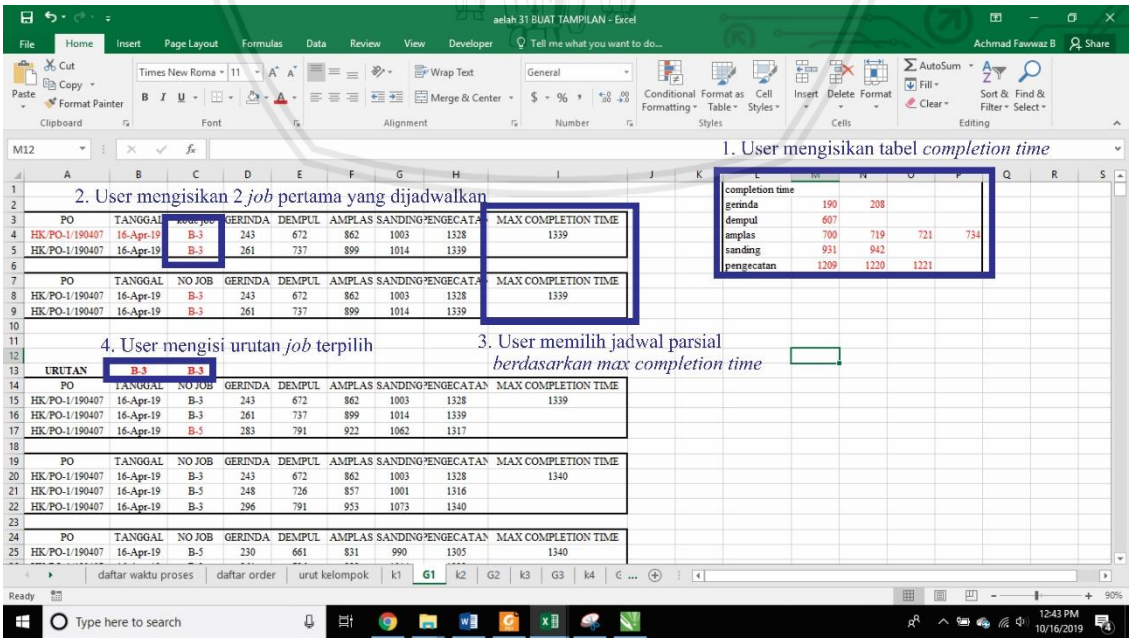


Tanggal Order	Target Penyelesaian	kode	gerinda	dempul	amplas	sanding	pengecatan	total	KELOMPOK
7-Apr-19	18-Apr-19	B-3	53	65	162	72	119	471	K1
7-Apr-19	18-Apr-19	B-3	53	65	162	72	119	471	K1
7-Apr-19	18-Apr-19	B-5	40	54	131	59	96	380	K1
7-Apr-19	18-Apr-19	K-2	20	12	43	17	49	141	K1
7-Apr-19	18-Apr-19	K-2	20	12	43	17	49	141	K1
7-Apr-19	18-Apr-19	K-2	20	12	43	17	49	141	K1
7-Apr-19	18-Apr-19	K-2	20	12	43	17	49	141	K1
7-Apr-19	18-Apr-19	K-3	14	6	25	10	25	80	K1
2-Apr-19	18-Apr-19	K-2	20	12	43	17	49	141	K1

Gambar 4.10 Tampilan *sheets* daftar *job* pada setiap kelompok

5. Tabel alat bantu perhitungan *due date*

Pada *sheets* perhitungan *due date*, terdiri tabel waktu mesin sudah tersedia, urutan *job* dan tabel perhitungan. Tampilan pada *sheets* ini ditampilkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Tampilan *sheets* perhitungan *due date*

Langkah pertama dalam perhitungan *due date* adalah mengisi waktu ketersediaan mesin pada setiap prosesnya. Setelah itu tinggal mengisikan kolom PO, Tanggal dan 2 kode *job* urutan teratas pada 2 jadwal parsial pertama. Secara otomatis akan langsung menghitung *maximum completion time* dari 2 jadwal parsial. Lalu *user* dapat memilih jadwal parsial dengan *completion time* terendah. Urutan dari 2 jadwal terpilih lalu diketikkan pada kolom urutan diatas tabel parsial 3. Lalu mengetikkan *job* urutan ke-3, dan terus dilanjutkan sampai *job* telah selesai dijadwalkan semua.

Pada alat bantu yang telah dirancang ini selanjutnya dilakukan pengujian dengan membandingkan hasil yang didapatkan dengan hasil perhitungan sebelumnya. Tabel 4.61 merupakan hasil urutan *job* dan *completion time* yang didapatkan dari perhitungan pada Microsoft Excel.

Tabel 4.61
Hasil perhitungan pada Microsoft Excel

No. PO	**Urutan *job***	***Completion time* setiap *flowshop* (menit)**	***Maximum completion time* (menit)**
HK/PO-1/190402	W-2, K-2, K-2, K-2, K-2, K-2, D-1, K-2, D-3, B-6	1236	1236
	W-2, K-2, K-2, K-2, D-3, K-2, B-11, B-9, K-2, K-2	1233	
	W-1, K-2, D-3, K-2, K-2, B-2, B-7, K-2, K-2, K-2	1045	
	D-3, W-1, K-2, K-2, K-2, K-2, B-7, K-2, K-2	1018	
HK/PO-1/190407	D-2, K-2, K-2, K-2, K-2, K-2, K-2, B-3, B-12, K-3	1502	1502
	K-2, D-2, B-3, K-2, K-2, K-2, B-3, K-2, K-2, K-3	1454	
	W-1, B-12, K-2, B-4, B-3, K-2, K-2, K-2, K-2, K-2	1369	
	W-1, K-2, B-3, K-2, B-3, K-2, K-2, B-5, K-2,K-2	1429	
HK/PO-1/190418	K-1, K-1, B-10, K-1, K-1, K-3, B-8, B-3, B-3	1741	1933
	K-1, K-1, K-1, B-13, B-8, B-1, B-3, K-1, K-1	1741	
	W-3, K-1, K-1, K-1, K-1, B-3, B-1, K-3, B-13, B-10	1822	
	B-13, W-3, K-1, K-1, B-1, K-1, B-3, K-1, K-1	1933	

Pada Tabel 4.42 menunjukkan bahwa hasil yang didapatkan dari perhitungan menggunakan Microsoft Excel tidak berbeda dengan hasil yang didapatkan dari perhitungan sebelumnya.

4.6 Analisis dan Pembahasan

Langkah awal pada penelitian ini adalah melakukan pengumpulan data waktu proses *finishing* yang digunakan sebagai perhitungan waktu standar. Pengumpulan data ini menggunakan metode *stopwatch time study*. Produk yang dipilih untuk diamati merupakan 3 kelompok produk yang paling banyak diekspor pada tahun 2018. Pada penelitian ini, data yang diamati yaitu kursi berdimensi 45×45×105 cm, lemari bufet berdimensi 200×45×45

cm, dan dipan dengan ukuran 160×200×105cm. Pengamatan dilakukan pada 5 stasiun kerja penghalusan mesin, pendempulan, pengamplasan, *sanding* dan pengecatan.

Pada pengumpulan data, proses-proses yang diamati dibagi menjadi elemen-elemen kerja secara detail. Setelah data dikumpulkan dilakukan uji keseragaman dan kecukupan data, langkah berikutnya adalah penentuan *performance rating* dan *allowance.* Setelah itu dilakukan perhitungan waktu baku.

Dalam perhitungan waktu baku, perlu mencari waktu normal terlebih dahulu. Waktu normal didapatkan dari perkalian waktu operasi yang didapatkan dari pengamatan dengan *performance rating. Performance rating* untuk proses pendempulan sampai pengecatan diberikan skor 1.02 dikarenakan saat pengamatan dilakukan, pekerja sering diawasi oleh staf produksi. Menurut kepala produksi, pada saat diawasi pekerja bekerja lebih serius daripada saat tidak diawasi. Oleh karena itu, diberikan skor +0.02 pada pekerja pendempulan sampai pengecatan agar mendapatkan waktu lebih aktual. Setelah itu untuk mendapatkan waktu baku, waktu normal yang didapatkan dikalikan dengan *allowance.* Setelah didapatkan waktu normal dilakukan perhitungan untuk mengetahui waktu baku yang diperlukan pada setiap produk.

Hasil yang didapatkan dari perhitungan adalah pada produk kursi berdimensi 45×45×105 cm memerlukan waktu dalam penghalusan mesin selama 23 menit, pendempulan 14 menit, pengamplasan 53 menit, *sanding* 21 menit dan pengecatam 61 menit. Untuk produk lemari bufet berdimensi 200×45×45 cm, penghalusan mesin memerlukan waktu 50 menit, pendempulan 64 menit, pengamplasan 153 menit, *sanding* 68 menit, dan pengecatan 108 menit. Pada produk dipan 160×200×105 cm pada penghalusan mesin memerlukan waktu selama 64 menit, pendempulan 80 menit, pengamplasan 195 menit, *sanding* 115 menit dan pengecatan 274 menit. Untuk produk-produk sejenis lain, dirincikan pada Tabel 4.18.

Setelah data waktu didapatkan, dilakukan perhitungan *due date.* Dalam perhitungan *due date*, langkah yang diperlukan adalah merancang penjadwalan, melakukan verifikasi algoritma, dan menentukan *due date.*

Dalam penelitian ini, algoritma penjadwalan yang dipilih adalah algoritma LPT-LN. Algoritma ini dipilih karena dapat menghemat waktu pengerjaan dibandingkan dengan pendekatan lain yang lebih optimal. Pada metode ini, perlu dilakukan penyesuaian dengan sistem perusahaan. Aliran *flowshop* pada perusahaan perlu dibagi menjadi beberapa

kelompok *flowshop*. Pada kasus ini, aliran *flowshop* dibagi menjadi 4 kelompok. Pada langkah awal juga ditambahkan pengurutan pesanan sebelum *job* diurutkan.

Proses verifikasi dilakukan pada pesanan HK/PO-1/190402 yang terdiri dari 39 *job*. 39 *job* ini diurutkan lalu dibagi menjadi 4 kelompok untuk diproses di aliran *flowshop* masing-masing. Dari proses verifikasi ini didapatkan *completion time* pada aliran *flowshop* G_1 sebesar 1236 menit, G_2 1233 menit, G_3 1012 menit dan G_4 sebesar 1018 menit. Dari proses verifikasi yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa algoritma telah terverifikasi.

Pesanan HK/PO-1/190407 dan HK/PO-1/190418 juga dilakukan penjadwalan untuk mengetahui *maximal completion time* pada masing-masing pesanan. Pada HK/PO-1/190407 didapatkan *maximal completion time* sebesar 1502 menit, sementara pada HK/PO-1/190418 sebesar 1933 menit.

Dari hasil ini, selanjutnya dikonversikan dalam satuan hari. Jika didapatkan hasil desimal, angka dibulatkan keatas. Setelah dikonversikan, waktu penyelesaian ditambahkan waktu pengeringan dan *packing* sebesar 2 hari dan hari libur pada rentang tanggal 16 April 2019 selama 1 hari untuk mengetahui berapa lama pesanan benar-benar selesai dikerjakan. Hasil tersebut ditambahkan dengan tanggal awal perhitungan jadwal dimulai, yaitu 16 April 2019. Dari perhitungan tersebut, didapatkan pesanan HK/PO-1/190402 diperkirakan selesai pada tanggal 22 April 2019, HK/PO-1/190407 diperkirakan selesai pada tanggal 23 April 2019 dan HK/PO-1/190418 diperkirakan selesai pada tanggal 24 April 2019.

Pada realisasinya di perusahaan, pada pesanan HK/PO-1/190402 terjadi keterlambatan, dimana pesanan baru dapat diselesaikan pada tanggal 22 April 2019 yang harusnya sudah selesai pada tanggal 18 April 2019. Begitu pula dengan pesanan HK/PO-1/190407 yang baru selesai pada tanggal 23 April 2019, yang harusnya telah selesai pada tanggal 22 April 2019. Keterlambatan ini dikarenakanan target diberikan tanpa mempertimbangkan *job* dari pesanan sebelumnya yang masih dikerjakan sampai tanggal 16 April 2019. Lalu pada HK/PO-1/190418 selesai lebih cepat 4 hari dari target yang penyelesaian, yaitu 24 April 2019.

Hasil perhitungan *due date* lalu dibandingkan dengan tanggal *stuffing* ketiga pesanan tersebut telah dilakukan pada Tabel 4.41. Pada perhitungan yang telah dilakukan, pesanan HK/PO-1/190402 dan HK/PO-1/190418 sesuai dengan perhitungan, sementara pesanan HK/PO-1/190407 selesai lebih cepat daripada perhitungan. Perbedaan ini disebabkan oleh pada pesanan ini, pengerjaan dikejar karena telah melewati target penyelesaian. Jadi

pengerjaan menjadi lebih cepat dari perhitungan yang dilakukan. Dari perbandingan ini, dapat disimpulkan bahwa perhitungan telah sesuai dengan kondisi nyata.

Dalam perhitungan waktu *due date* diperlukan alat bantu agar penentuan *due date* lebih cepat dan mudah untuk dilakukan. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan perancangan alat bantu untuk penentuan *due date* menggunakan Microsoft Office Excel 2016. Pada alat bantu ini terdiri dari 5 bagian untuk membantu perhitungan *due date.* Yaitu daftar waktu setiap proses, pengurutan pesanan pada setiap *job,* pengelompokan setiap kelompok *flowshop,* daftar *job* pada kelompok *flowshop* dan tabel alat bantu perhitungan *due date.* Pada hasil perhitungan *Microsoft Office Excel* ini, dibandingkan dengan hasil perhitungan pada penelitian. Hasil yang didapatkan dari perhitungan alat bantu ini sama dengan hasil pada penelitian.

Setelah dilakukan pengujian, dilakukan pembandingan untuk mengetahui perbedaan dari pekerja pengamplasan berjumlah 4 dan 3 menggunakan alat bantu perhitungan *due date* Microsoft Excel. Pembandingan dilakukan untuk mengetahui pengaruh perbedaan jumlah tenaga kerja pada operasi pengamplasan untuk mengetahui pembagian tenaga kerja yang lebih baik. Pembandingan dilakukan dengan hasil *completion time* pada kelompok *flowshop* 1. Tabel 4.62 merupakan perbandingan *completion time* 4 pengamplasan dengan 3 pengamplasan pada *Case* kelompok *flow shop 1.*

Tabel 4.62
Perbandingan *completion time* 4 pengamplasan dengan 3 pengamplasan (*Case 1*)

Urutan *job*	***Completion time* 4 pengamplasan**	***Completion time* 3 pengamplasan**
W-2, K-2, K-2, K-2, K-2, K-2, D-1, K-2, D-3, B-6 (HK/PO-1/190402)	1236	1236
	1234	1233
	1203	1203
D-2, K-2, K-2, K-2, K-2, K-2, K-2, B-3, B-12, K-3 (HK/PO-1/190407)	1502	1516
	1500	1499
	1491	1497
K-1, K-1, B-10, K-1, K-1, K-3, B-8, B-3, B-3 (HK/PO-1/190418)	1741	1749
	1741	1747
	1735	1740

Dari Tabel 4.43 perbandingan *completion time* tidak berbeda terlalu jauh. Pada urutan pesanan HK/PO-1/190402 selisih perbedaan hanya dari aliran 2 dan 3, yaitu selama 1 dan 30 menit. Pada HK/PO-1/190407 terdapat selisih dari setiap aliran, aliran 1 memiliki selisih sebesar 14 menit, aliran 2 sebesar 1 menit dan aliran 3 sebesar 6 menit. Pada HK/PO-1/190418 selisih setiap alirannya sebesar 8 menit pada aliran 1, 6 menit pada aliran 2 dan 5 menit pada aliran 3.

Setelah itu dilakukan pembandingan menggunakan kelompok *flowshop* 3. Pada Tabel 4.63 merupakan perbandingan *completion time* dengan 4 pengamplasan dan 3 pengamplasan pada *Case* kelompok *flowshop 3.*

Tabel 4.63
Perbandingan *completion time* 4 pengamplasan dengan 3 pengamplasan (*Case 2*)

Urutan *job*	***Completion time* 4 pengamplasan**	***Completion time* 3 pengamplasan**
W-1, K-2, D-3, K-2, K-2, B-2, B-7, K-2, K-2, K-2	1045	1045
(HK/PO-1/190402)	1021	1021
	997	997
W-1, B-12, K-2, B-4, B-3, K-2, K-2, K-2, K-2, K-2	1369	1369
(HK/PO-1/190407)	1364	1364
	1354	1354
W-3, K-1, K-1, K-1, K-1, B-3, B-1, K-3, B-13, B-10	1822	1822
(HK/PO-1/190418)	1767	1770
	1754	1767

Pada Tabel 4.63 *completion time* pada pesanan HK/PO-1/190402 dan HK/PO-1/190417 sama. Sementara pada pesanan (HK/PO-1/190418) terjadi perbedaan pada aliran 2 dan 3 pada proses pengecatan dengan selisih 3 dan 13 menit. Dari hasil perbandingan tersebut, dapat disimpulkan bahwa penggunaan 3 dan 4 tenaga kerja pada operasi pengamplasan tidak memiliki perbedaan signifikan pada penyelesaian *job*. Untuk mengetahui penyebab hasil ini, *completion time* pada setiap proses dibandingkan. Karena urutan yang digunakan sama, Perbedaan mulai terlihat dari proses pengamplasan, *sanding* dan pengecatan seperti pada Tabel 4.64 dan 4.65

Tabel 4. 64
Perbandingan *completion time* setiap proses pada 4 pengamplasan dengan 3 pengamplasan (*Case 1*)

Pesanan	**Jumlah pengamplasan**	**pengamplasan**	***Sanding***	**Pengecatan**
(HK/PO-1/190402)	4	756	936	1236
		755	914	1234
		694		1203
		656		
(HK/PO-1/190402)	3	806	936	1236
		755	914	1233
		656		1203
(HK/PO-1/190407)	4	1039	1111	1502
		984	1107	1500
		917		1491
		889		
(HK/PO-1/190407)	3	1055	1133	1516
		1052	1124	1499
		957		1491
(HK/PO-1/190418)	4	1410	1482	1741
		1346	1418	1741
		1300		1735
		1066		
(HK/PO-1/190418)	3	1410	1482	1749

Pesanan	Jumlah pengamplasan	pengamplasan	*Sanding*	Pengecatan
		1346	1418	1747
		1300		1740

Tabel 4. 65
Perbandingan *completion time* setiap proses pada 4 pengamplasan dengan 3 pengamplasan (*Case* 2)

Pesanan	Jumlah pengamplasan	pengamplasan	*Sanding*	Pengecatan
(HK/PO-1/190402)	4	606	762	1045
		573	758	1021
		572		997
		566		
(HK/PO-1/190402)	3	673	762	1045
		615	758	1021
		597		997
(HK/PO-1/190407)	4	1012	1141	1369
		1001	1126	1364
		991		1354
		983		
(HK/PO-1/190407)	3	1063	1141	1369
		1044	1126	1364
		1026		1354
(HK/PO-1/190418)	4	1516	1605	1822
		1505	1589	1767
		1447		1754
		1380		
(HK/PO-1/190418)	3	1552	1621	1822
		1523	1589	1770
		1447		1767

Pada Tabel 4.64 dan 4.65 terlihat bahwa pada proses pengamplasan, *flowshop* dengan 4 pengamplasan memiliki *completion time* yang lebih kecil. Namun, pada saat proses *sanding* pada *case 1* pesanan pertama pertama dan ketiga, dan juga *case 2* pesanan pertama dan kedua memiliki *completion time* yang sama. Hasil ini menunjukkan bahwa pada *flowshop* dengan 4 pengamplasan, terjadi *waiting time* pada pekerja proses *sanding*. Hal ini membuat waktu selesainya *job* pada proses *sanding* hampir sama dengan *flowshop* menggunakan 3 pengamplasan. Dari pembandingan tersebut, dapat disimpulkan bahwa *flowshop* dengan aliran terbaik pada perusahaan UD Harapan Kita adalah 1 penghalusan mesin, 1 dempul, 3 pengamplasan, 2 *sanding* dan 3 pengecatan. Jadi untuk keseluruhan *flowshop* komposisi yang disarankan adalah 4 tenaga penghalusan mesin, 4 tenaga dempul, 12 tenaga pengamplasan, 8 tenaga *sanding* dan 12 tenaga pengecatan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB V
PENUTUP

Pada bab ini akan diuraikan kesimpulan yang telah diperoleh dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran yang diberikan baik untuk perusahaan maupun untuk penelitian selanjutnya berdasarkan penelitian yang telah dilakukan

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pada tiga variasi produk yang dikerjakan oleh perusahaan. Tiga variasi produk yang diteliti yaitu produk kursi berdimensi 45×45×105 cm, lemari bufet berdimensi 200×45×45 cm dan dipan dengan ukuran 160×200×105cm. Pada produk kursi memiliki waktu proses penghalusan gerinda selama 23 menit, pendempulan 15 menit, pengamplasan 53 menit, *sanding* 21 menit dan pengecatan 61 menit. Untuk produk lemari bufet pada proses penghalusan gerinda memerlukan waktu 50 menit, pendempulan 64 menit, pengamplasan 153 menit, *sanding* 68 menit, dan pengecatan 108 menit. Pada produk dipan 160×200×105 cm pada penghalusan gerinda memerlukan waktu selama 64 menit, pendempulan 80 menit, pengamplasan 195 menit, *sanding* 115 menit dan pengecatan 274 menit.
2. Hasil dari *due date* prose *finishing* dengan menggunakan penjadwalan metode algoritma LPT-LN, didapatkan pada pesanan HK/PO-1/190402 selesai pada tanggal 22 April 2019, HK/PO-1/190407 selesai pada tanggal 23 April 2019 dan HK/PO-1/190418 selesai pada tanggal 24 April 2019. Hasil perhitungan pada HK/PO-1/190402 dan HK/PO-1/190418 sama dengan realisasi penyelesaian. Sementara pada HK/PO-1/190407 berbeda 1 hari, yaitu pesanan selesai pada 22 April 2019.
3. Perancangan penentuan *due date* menggunakan aplikasi Microsoft Office Excel 2016. Terdapat 5 bagian dalam alat bantu yang dirancang, yaitu daftar waktu setiap proses, pengurutan pesanan pada setiap *job*, pengelompokan setiap kelompok *flowshop*, daftar *job* pada kelompok *flowshop* dan tabel alat bantu perhitungan *due date*.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan sebelumnya, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk perusahaan maupun penelitian yang akan datang. adapun saran yang diberikan antara lain sebagai berikut:

1. Diharapkan perusahaan dapat menerapkan metode penentuan *due date* menggunakan metode algortima LPT-LN dengan bantuan aplikasi Microsoft Excel 2016 pada proses *finishing* perusahaan.
2. Diharapkan perusahaan dapat mengatur aliran proses *finishing* dengan komposisi 4 tenaga kerja gerinda, 4 tenaga kerja pendempulan, 12 tenaga kerja pengamplasan, 8 tenaga kerja *sanding* dan 12 tenaga kerja pengecatan.
3. Diharapkan pada peneltian selanjutnya alat bantu perhitungan dapat dikembangkan menjadi perancangan sistem yang terintegrasi dengan data *inventory.*

DAFTAR PUSTAKA

Baker, K.R., & Trietsch. (2009), *Principles of Sequencing and Scheduling*, New York: John Willey & Sons, inc.

Cahyanto, Wisnu Nur. (2016). Penjadwalan Job Shop Mesin Majemuk Menggunakan Algoritma Non Delay untuk Meminimumkan Mean Flow Time dan Penentuan Due Date. Skripsi. Tidak dipublikasikan. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Heizer, J., & Render, B. (2005). *Operations Management. 10th edition*. Texas Lutheran University: Pearson.

Hong, Tzung-Pei, Hong, Gwoboa, Huang, Pei-Ying & Wang, Chien-Lung. (2006). Solving Flexible Flow-Shop Problems by LPT and LN Scheduling Algorithms. *International Mathematical Forum*, 1, 2006, no. 9, 403-420

Idris, I., Delvika, Y., Sari, R. A., & Uthumporn. (2016). Penentuan Waktu Standar Proses Pemotongan dan Penghalusan Kayu Pada Pembuatan Furniture Kayu Jati. *Jurnal Teknovasi.* Volume 03, Nomor 2, 2016, 58 – 66.

Logendran, R. & Nudtasomboon, N. (1991). Minimizing the makespan of a group scheduling problem: a new heuristic. *International Journal of Production Economics*, 22 (1991) 217 - 230.

Nugroho, L. A., Rahman, A., & Fanani, A. A. (2018) Perancangan Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan Penjadwalan Produksi untuk Re-Entrant Flowshop. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, Vol 6, No 4 (2018).

Pinedo, Michael L. (2016). *Scheduling Theory, Algorithms, and Systems. Fifth Edition.* New Jersey: Springer.

Prasetya, Nurdi Eka. (2017). Penjadwalan Fleksibel Flowshop dengan Menggunakan Algoritma Long Processing Time-LN untuk Minimasi Biaya Energi. Skripsi. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.

Ruiz, R. & Vazquez-Rodriguez, J.A. (2010), *The Hybrid Flow Shop Scheduling Problem*. *European Journal of Operation Research*, Vol. 205, No. 1, hal. 1-18.

Sriskandarajah, C & Sethi, S.P. (1989), Scheduling algorithms for flexible flow shops: worst and average case performance. *European Journal of Operational Research*, 43 (1989), 143 – 160.

Sutalaksana, Iftikar Z. (2006). *Teknik Perancangan Sistem Kerja.* Bandung: ITB

Wignjosoebroto, Sritomo. (2006). *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja.* Edisi Pertama Cetakan Keempat. Surabaya: Guna Widya.