

**SKRIPSI**

**PENJADWALAN PRODUKSI *FLOW SHOP* UNTUK MEMINIMALKAN  
*MAKESPAN* DENGAN METODE *POUR*, PEMROGRAMAN DINAMIS  
DAN *BRANCH AND BOUND* DI CV. BONJOR JAYA**

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Menyelesaikan Studi Strata Satu (S-1)

dan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T.)



**Disusun oleh:**

**BUSTAMAN JINDAR**

**13660031**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA**

**2018**



## SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Surat Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp :-

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Bustaman Jindar  
NIM : 13660031  
Judul Skripsi : Penjadwalan Produksi *Flow Shop* Untuk Meminimalkan *Makespan* Dengan Metode *Pour*, Pemrograman Dinamis dan *Branch And Bound* di CV. Bonjor Jaya

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Teknik Industri

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 17 Januari 2018

Pembimbing

Dwi Agustina Kurniawati, S.T., M.Eng  
NIP. 19790806 200604 2 001



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-603/Un.02/DST/PP.00.9/02/2018

Tugas Akhir dengan judul : Penjadwalan Produksi Flow Shop Untuk Meminimalkan Makespan dengan Metode Pour, Pemrograman Dinamis dan Branch And Bound di CV.Bonjour Jaya

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : BUSTAMAN JINDAR  
Nomor Induk Mahasiswa : 13660031  
Telah diujikan pada : Selasa, 23 Januari 2018  
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua Sidang

Dwi Agustina Kurniawati, S.T M.Eng  
NIP. 19790806 200604 2 001

Penguji I

Penguji II

Cahyono Sigit Pramudyo, S.T., M.T.  
NIP. 19801025 200604 1 001

Taufiq Aji, S.T. M.T  
NIP. 19800715 200604 1 002

Yogyakarta, 23 Januari 2018

UIN Sunan Kalijaga

Fakultas Sains dan Teknologi

YOGYAKARTA



Dr. Murtono, M.Si.

NIP. 19691212 200003 1 001

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bustaman Jindar

NIM : 13660031

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya bahwa skripsi saya yang berjudul: "**Penjadwalan Produksi *Flow Shop* Untuk Meminimalkan *Makespan* Dengan Metode *Pour*, Pemrograman Dinamis Dan *Branch And Bound* Di CV. *Bonjor Jaya***" adalah asli dari penelitian saya sendiri dan bukan plagiasi hasil karya orang lain, kecuali bagian tertentu yang saya ambil sebagai bahan acuan. Apabila terbukti pernyataan ini tidak benar, sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya.

Yogyakarta, 17 Januari 2018

Yang menyatakan



Bustaman Jindar  
NIM. 13660031

## HALAMAN MOTTO

“I made it through the darkest part of the night

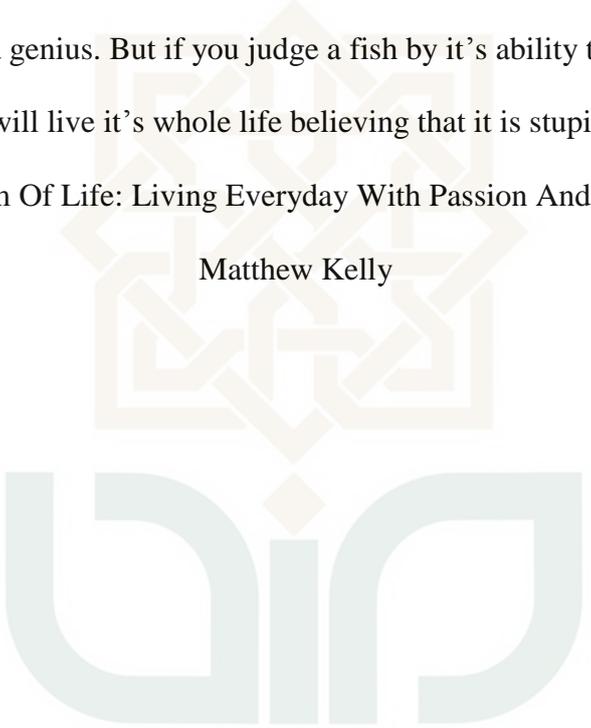
And now I see the sunrise”

Macklemore - Glorious

"Everyone is a genius. But if you judge a fish by it's ability to climb a tree,  
it will live it's whole life believing that it is stupid."

The Rhythm Of Life: Living Everyday With Passion And Purpose by

Matthew Kelly



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:*

*Kedua orang tua saya yang saya hormati dan saya cintai,*

*Humam Mustofa dan Tentiwati*

*Adik-adik yang saya sayangi dan saya banggakan,*

*Jatining Nur Dyah,*

*Wikan Tri Sangaji,*

*Wijang Widhi Widhana*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah swt. yang telah melimpahkan kasih dan sayang-Nya kepada kita, sehingga skripsi dapat selesai dengan tepat waktu. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad saw. beserta keluarga, sahabat, serta para pengikutnya hingga akhir zaman nanti.

Penyusunan skripsi ini dibuat guna memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Didalam pengerjaan skripsi ini telah melibatkan banyak pihak yang sangat membantu dalam banyak hal. Oleh sebab itu ucapan rasa terima kasih dihaturkan sedalam-dalamnya kepada:

1. Kedua orang tua dan saudar-saudara yang senantiasa mendukung dan mendoakan saya untuk dapat menyelesaikan salah satu tugas bakti saya kepada keluarga.
2. Dosen-dosen Teknik Industri terutama dosen pembimbing Ibu Dwi Agustina Kurniawati, S.T., M.Eng. yang telah memberikan ilmu dan bimbingannya selama ini.
3. Bapak H. Istanto selaku pemilik CV. Bonjor Jaya yang telah memberika saya kesempatan untuk melakukan penelitian di sana.

4. Ibu Sumarmi selaku penanggung jawab pelaksanaan penelitian di CV. Bonjor Jaya yang telah membantu dan membimbing saya selama penelitian di sana.
5. Sahabat-sahabat Sinergi13 yang sudah memberikan saya kebahagiaan, tawa, semangat, arti hidup, dan persaudaraan.
6. Orang-orang yang saya kenal selama ini yang telah memberikan saya apa itu prinsip dalam hidup dan bagaimana menjadi manusia yang seutuhnya.
7. Stephanus Ari Laksono, Ruli Fajar Utami, Akhmad Rifqi Meru Heriawan, Bangga Muslim Hanief, kalian berarti bagi saya.

Hanya ucapan terima kasih dan kata maaf yang bisa saya sampaikan. Semoga Allah swt. memberi ganjaran kebaikan kepada kalian semua. Amin.

Yogyakarta, 17 Januari 2018

Penulis,



Bustaman Jindar

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Surat Persetujuan Skripsi .....	ii
Lembar Pengesahan .....	iii
Surat Pernyataan Keaslian Skripsi .....	iv
Halaman Motto.....	v
Halaman Persembahan .....	vi
Kata Pengantar .....	vii
Daftar Isi.....	ix
Daftar Tabel .....	xii
Daftar Gambar.....	xvii
Daftar Lampiran .....	xviii
Abstrak .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Batasan Masalah dan Asumsi .....	5
1.6. Sistematika Penulisan .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>8</b>
2.1. Penelitian Terdahulu.....	8

2.2. Penjadwalan.....	14
2.2.1. Pengertian Penjadwalan .....	14
2.2.2. Tujuan Penjadwalan .....	14
2.2.3. Beberapa Istilah Dalam Penjadwalan.....	15
2.2.4. Jenis Persoalan Penjadwalan.....	17
2.3. Pengukuran Waktu .....	18
2.3.1. Metode Pengukuran Waktu.....	18
2.3.2. Perhitungan Statistik Tentang Pengukuran Waktu .....	19
2.3.3. Pengukuran Waktu Siklus Rata-Rata.....	21
2.4. Metode Penjadwalan <i>n Job</i> Pada <i>m</i> Mesin.....	29
2.4.1. Metode <i>Pour</i> .....	29
2.4.2. Metode Pemrograman Dinamis.....	30
2.4.3. Metode <i>Branch and Bound</i> .....	32
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>34</b>
3.1. Obyek Penelitian .....	34
3.2. Metode Pengumpulan Data .....	34
3.3. Data Yang Dibutuhkan.....	35
3.4. Metode Analisis Data .....	36
3.5. Diagram Alur Penelitian.....	37
<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>38</b>
4.1. Gambaran Umum Perusahaan .....	38
4.1.1. Sejarah Perusahaan.....	38
4.1.2. Struktur Organisasi .....	40

4.1.3. Proses Produksi .....	41
4.2. Pengumpulan Data.....	46
4.2.1. Objek Penelitian .....	46
4.2.2. Instrumen Penelitian.....	52
4.2.3. Penetapan Jumlah Pengamatan .....	53
4.2.4. Uji Keseragaman Data Dan Uji Kecukupan Data.....	56
4.2.5. Perhitungan Waktu Standar .....	63
4.3. Pengolahan Data .....	69
4.3.1. Nilai <i>Makespan</i> Dari Proses Penjadwalan Yang Diterapkan Oleh Perusahaan .....	69
4.3.2. Penjadwalan Dan Perhitungan <i>Makespan</i> Dengan Menggunakan Metode <i>Pour</i> .....	80
4.3.3. Penjadwalan Dan Perhitungan <i>Makespan</i> Dengan Menggunakan Metode Pemrograman Dinamis.....	87
4.3.4. Penjadwalan Dan Perhitungan <i>Makespan</i> Dengan Menggunakan Metode <i>Branch And Bound</i> .....	91
4.4. Ringkasan Pembahasan .....	98
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	99
5.1. Kesimpulan.....	99
5.2. Saran.....	100
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	101
<b>LAMPIRAN</b> .....	103

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Posisi Penelitian .....	8
Tabel 2.2. Jumlah Pengamatan yang Diperlukan ( $N'$ ) untuk 95% <i>Confidence Level</i> dan 5% <i>Degree of Accuracy</i> ( <i>Precision</i> ).....	26
Tabel 2.3. Tabel <i>Performance Rating</i> Dengan Sistem <i>Westinghouse</i> .....	27
Tabel 4.1. Data Pengamatan <i>Pulley</i> B2 7 Elemen Pemasangan Contoh <i>Pulley</i> .....	54
Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Jumlah Pengamatan Masing-Masing Elemen Kerja.....	55
Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Uji Kecukupan Data Produk <i>Pulley</i> B2 7 .....	59
Tabel 4.4. Hasil Perhitungan Uji Kecukupan Data Produk <i>Pulley</i> B3 7 .....	60
Tabel 4.5. Hasil Perhitungan Uji Kecukupan Data Produk <i>Pulley</i> B4 7 .....	61
Tabel 4.6. Hasil Perhitungan Uji Kecukupan Data Produk <i>Pulley</i> B5 7 .....	62
Tabel 4.7. Hasil Perhitungan Waktu Standar Pada Produk <i>Pulley</i> B2 7 .....	65

Tabel 4.8. Hasil Perhitungan Waktu Standar Pada Produk <i>Pulley</i> B3 7 .....	66
Tabel 4.9. Hasil Perhitungan Waktu Standar Pada Produk <i>Pulley</i> B4 7 .....	67
Tabel 4.10. Hasil Perhitungan Waktu Standar Pada Produk <i>Pulley</i> B5 7 .....	68
Tabel 4.11. Pengelompokan Waktu Pengerjaan Setiap <i>Work Center</i> Pada Tiap Produk .....	69
Tabel 4.12. Tabel Waktu Pengerjaan Stasiun 1 dan 2.....	69
Tabel 4.13. Tabel Hasil Perhitungan <i>Idle Time</i> Dan <i>Makespan</i> Stasiun 2 Serta Waktu Pengerjaan Stasiun 3.....	71
Tabel 4.14. Tabel Hasil Perhitungan <i>Idle Time</i> Dan <i>Makespan</i> Stasiun 3 Serta Waktu Pengerjaan Stasiun 4.....	72
Tabel 4.15. Tabel Hasil Perhitungan <i>Idle Time</i> Dan <i>Makespan</i> Stasiun 4 Serta Waktu Pengerjaan Stasiun 5.....	74
Tabel 4.16. Tabel Hasil Perhitungan <i>Idle Time</i> Dan <i>Makespan</i> Stasiun 5 Serta Waktu Pengerjaan Stasiun 6.....	76
Tabel 4.17. Tabel Hasil Perhitungan <i>Idle Time</i> Dan <i>Makespan</i> Stasiun 6 Serta Waktu Pengerjaan Stasiun 7.....	77
Tabel 4.18. Tabel Hasil Perhitungan <i>Idle Time</i> Dan <i>Makespan</i> Stasiun 7 .....	79
Tabel 4.19. Perhitungan <i>Makespan</i> Untuk <i>Work Center</i> 1-4 untuk urutan 4-1-2-3.....	79

Tabel 4.20. Perhitungan <i>Makespan</i> Untuk <i>Work Center</i> 5-7 untuk urutan 4-1-2-3.....	79
Tabel 4.21. Pengelompokan Waktu Pengerjaan Setiap <i>Work Center</i> Pada Tiap Produk .....	80
Tabel 4.22. Penentuan Urutan Sementara Dengan <i>Job</i> 1 Sebagai Urutan Pertama.....	81
Tabel 4.23. Perhitungan <i>Makespan</i> dengan <i>Job</i> 1 Sebagai Urutan Pertama.....	81
Tabel 4.24. Penentuan Urutan Sementara Dengan <i>Job</i> 2 Sebagai Urutan Pertama.....	81
Tabel 4.25. Perhitungan <i>Makespan</i> dengan <i>Job</i> 2 Sebagai Urutan Pertama.....	81
Tabel 4.26. Penentuan Urutan Sementara Dengan <i>Job</i> 3 Sebagai Urutan Pertama.....	82
Tabel 4.27. Perhitungan <i>Makespan</i> dengan <i>Job</i> 3 Sebagai Urutan Pertama.....	82
Tabel 4.28. Penentuan Urutan Sementara Dengan <i>Job</i> 4 Sebagai Urutan Pertama.....	83
Tabel 4.29. Perhitungan <i>Makespan</i> dengan <i>Job</i> 4 Sebagai Urutan Pertama.....	83
Tabel 4.30. Penentuan Urutan Sementara Dengan <i>Job</i> 1 Sebagai Urutan Kedua .....	83

Tabel 4.31. Perhitungan <i>Makespan</i> dengan <i>Job 1</i> Sebagai Urutan	
Kedua .....	84
Tabel 4.32. Penentuan Urutan Sementara Dengan <i>Job 2</i> Sebagai	
Urutan Kedua .....	84
Tabel 4.33. Perhitungan <i>Makespan</i> dengan <i>Job 2</i> Sebagai Urutan	
Kedua .....	84
Tabel 4.34. Penentuan Urutan Sementara Dengan <i>Job 4</i> Sebagai	
Urutan Kedua .....	85
Tabel 4.35. Perhitungan <i>Makespan</i> dengan <i>Job 4</i> Sebagai Urutan	
Kedua .....	85
Tabel 4.36. Perhitungan <i>Makespan</i> Dengan <i>Job 1</i> Sebagai Urutan	
Ketiga dan <i>Job 2</i> Sebagai Urutan Keempat .....	86
Tabel 4.37. Perhitungan <i>Makespan</i> Dengan <i>Job 2</i> Sebagai Urutan	
Ketiga dan <i>Job 1</i> Sebagai Urutan Keempat .....	86
Tabel 4.38. Perhitungan <i>Makespan</i> dengan Metode Pour Untuk	
Urutan 3-4-2-1 .....	86
Tabel 4.39. Pengelompokan Waktu Pengerjaan Setiap <i>Work Center</i>	
Pada Tiap <i>Job</i> .....	88
Tabel 4.40. Hasil Perhitungan <i>Stage 1</i> .....	88
Tabel 4.41. Hasil Perhitungan <i>Stage 2</i> Untuk $J \{1,2\}$ , $\{1,3\}$ , dan	
$\{1,4\}$ .....	89
Tabel 4.42. Hasil Perhitungan <i>Stage 2</i> Untuk $J \{2,3\}$ , $\{2,4\}$ , dan	
$\{3,4\}$ .....	89

Tabel 4.43. Hasil Perhitungan <i>Stage</i> 3 Untuk J {1,2,3} dan {1,2,4} ....	90
Tabel 4.44. Hasil Perhitungan <i>Stage</i> 3 Untuk J {1,3,4} dan {2,3,4} ....	90
Tabel 4.45. Hasil Perhitungan <i>Stage</i> 4 .....	90
Tabel 4.46. Perhitungan <i>Makespan</i> dengan Metode Pemrograman Dinamis Untuk Urutan 3-1-2-4 .....	91
Tabel 4.47. Waktu Standard Pengerjaan <i>Job</i> Pada Setiap Mesin.....	92
Tabel 4.48. Hasil Perhitungan Waktu Pada Setiap Mesin.....	92
Tabel 4.49. Hasil Perhitungan Waktu Dengan Node 3 .....	93
Tabel 4.50. Hasil Perhitungan Waktu Dengan Node 32 .....	94
Tabel 4.51. Hasil Perhitungan Waktu Dengan Node 34 .....	94
Tabel 4.52. Tabel Ringkasan Hasil .....	98



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Langkah-Langkah Penentuan Waktu Standar .....	23
Gambar 3.1.	Diagram Alur Penelitian.....	37
Gambar 4.1.	Struktur Organisasi .....	40
Gambar 4.2.	Alur Proses Produksi .....	42
Gambar 4.3.	Cetakan Pasir .....	42
Gambar 4.4.	Pengecoran .....	43
Gambar 4.5.	Pembubutan .....	44
Gambar 4.6.	Pendempulan .....	44
Gambar 4.7.	Penghalusan.....	45
Gambar 4.8.	Pengecatan.....	46
Gambar 4.9.	<i>Pulley B2 7</i> .....	51
Gambar 4.10.	<i>Pulley B3 7</i> .....	51
Gambar 4.11.	<i>Pulley B4 7</i> .....	52
Gambar 4.12.	<i>Pulley B5 7</i> .....	52
Gambar 4.13.	Grafik Keseragaman Data Elemen Kerja Pemasangan Contoh <i>Pulley</i> Pada <i>Pulley B2 7</i> .....	57

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 DOKUMENTASI PENELITIAN

LAMPIRAN 2 DATA HASIL PENGAMATAN

LAMPIRAN 3 UJI KESERAGAMAN DATA

LAMPIRAN 4 PERHITUNGAN *RATING FACTOR* DAN *ALLOWANCE*

LAMPIRAN 5 PERHITUNGAN *MAKESPAN* MINIMUM TIAP *STAGE*



**PENJADWALAN PRODUKSI *FLOW SHOP* UNTUK  
MEMINIMALKAN *MAKESPAN* DENGAN METODE *POUR*,  
PEMROGRAMAN DINAMIS DAN *BRANCH AND BOUND* DI CV.  
BONJOR JAYA**

**Bustaman Jindar**  
**13660031**

Program Studi Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga

---

**ABSTRAK**

Penjadwalan didefinisikan sebagai proses pengalokasian sumber untuk memilih sekumpulan tugas dalam jangka waktu tertentu. CV. Bonjor Jaya menerapkan penjadwalan dengan sistem *First Come First Serve* (FCFS). Penelitian ini bertujuan untuk mencari kombinasi urutan pengerjaan produk yang memiliki nilai *makespan* minimum dengan menggunakan metode *Pour*, Pemrograman Dinamis dan *Branch and Bound*. Metode *Pour* menghasilkan kombinasi urutan 3-4-2-1 dengan nilai *makespan* sebesar 89814.59 detik. Metode Pemrograman Dinamis menghasilkan kombinasi urutan 3-1-2-4 dengan nilai *makespan* sebesar 90012.03 detik. Metode *Branch and Bound* menghasilkan kombinasi urutan 3-4-2-1 dan 3-2-4-1 dengan nilai *makespan* sebesar 89814.59 detik. Berdasarkan nilai *makespan* yang diperoleh maka metode *Pour* dan *Branch and Bound* adalah metode yang paling tepat untuk diterapkan di CV. Bonjor Jaya dengan selisih nilai *makespan* 484.39 lebih cepat daripada metode penjadwalan yang diterapkan oleh perusahaan.

**Kata Kunci:** *Branch and Bound*, *makespan*, Pemrograman Dinamis, Penjadwalan, *Pour*

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Industri adalah bidang yang menggunakan ketrampilan, ketekunan kerja dan penggunaan alat-alat di bidang pengolahan hasil-hasil bumi, dan distribusi sebagai dasarnya. Salah satu tujuan pada dunia industri ialah untuk membuat produk yang sesuai dengan pesanan atau permintaan dari konsumen. Salah satu permintaan konsumen ialah dalam hal ketepatan waktu. Penjadwalan terhadap produksi ialah salah satu solusi terkait ketepatan waktu, agar bisa memutuskan pekerjaan yang mana yang akan dilakukan untuk para konsumen. Dengan penjadwalan yang baik maka perusahaan dapat mengatasi masalah-masalah dalam jadwal produksi dan mampu memproduksi produknya dengan optimal dengan waktu yang minimum.

Menurut Baker dan Trietsch (2009), penjadwalan didefinisikan sebagai proses pengalokasian sumber untuk memilih sekumpulan tugas dalam jangka waktu tertentu. Ada 2 jenis persoalan penjadwalan dalam penjadwalan produksi, yaitu penjadwalan *flow shop* dan penjadwalan *job shop*. Kriteria penjadwalan yang berdasarkan waktu ini dapat dibedakan atas minimasi *makespan* dan pemenuhan *due date* (Ginting, 2009). Dalam penjadwalan, salah satu acara menekan waktu produksi adalah dengan meminimasi *makespan*. Menurut Ginting (2009), *makespan* adalah total waktu penyelesaian pekerjaan-pekerjaan mulai dari urutan pertama yang dikerjakan pada mesin atau *work*

*center* pertama sampai kepada urutan pekerjaan terakhir pada mesin atau *work center* terakhir.

CV. Bonjor Jaya merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pengecoran logam. CV. Bonjor Jaya bertempat di Klaten dan mempunyai 2 area pabrik. Produk yang dihasilkan oleh CV. Bonjor Jaya adalah semua produk dengan bahan baku *Ferro Casting* (FC), *Ferro Casting Dactile* (FCD) dan alumunium, dengan produk utamanya yaitu *Pulley V-Belt* berbagai ukuran dari 2 inch – 45 inch dan ukuran *belt* A, B, C, dan D. Selain *Pulley V-Belt*, perusahaan juga memproduksi sesuai pesanan *customer* dengan bentuk, model dan ukuran yang dipesan.

Penjadwalan produksi yang diterapkan oleh CV. Bonjor Jaya secara umum masih berubah-ubah dan tidak tetap dikarenakan prioritas produk yang dikerjakan adalah yang masuk terlebih dahulu dengan metode *First Come First Serve* (FCFS). Dampak yang dihasilkan adalah ketika penjadwalan yang dilakukan kurang tepat maka besarnya *makespan* dalam sistem produksi tersebut akan meningkat. Besarnya *makespan* mengakibatkan waktu produksi semakin bertambah sehingga waktu yang dimiliki perusahaan untuk memproduksi produk yang lain menjadi sedikit. Penjadwalan mesin dalam menghitung *makespan* menjadi pilihan bagi peneliti untuk dapat menekan waktu produksi.

Penelitian yang dilakukan Irsyad (2015) menunjukkan bahwa Algoritma Heuristik Pour lebih baik dari metode *First Come First Serve* (FCFS) dan EDD karena memiliki nilai *makespan* terkecil dan performansi yang lebih baik. Pour (2001) mengusulkan metode heuristik baru yang dinamakan Algoritma Pour

untuk menentukan penjadwalan *flow shop* n *job* m mesin. Dalam penelitian tersebut menunjukkan bahwa Algoritma Pour memiliki performansi yang terbaik jika dibandingkan dengan algoritma *Campbell, Dudek, and Smith* (CDS), *Palmer*, dan *Nawaz Enscore Ham* (NEH) yang digunakan oleh Hamman (2015) dan Karim (2015)

Pada proses produksi di CV. Bonjor Jaya melibatkan banyak mesin dan stasiun kerja, dan menurut Sipper dan Bulfin (1998) dalam Widyawanti dan Abusini (2015) penjadwalan lebih dari 3 mesin yang baik adalah menggunakan metode *Branch and Bound*.

Menurut Baker dan Trietsch (2009) di bukunya yang berjudul *Principles of Sequencing and Scheduling*, Pemrograman Dinamis adalah salah satu metode penjadwalan optimasi umum teknik pembuatan keputusan yang berurutan.

Penjadwalan produksi yang tepat dapat meminimalkan *makespan* sehingga waktu produksi yang tersedia dapat dialihkan untuk menyelesaikan produk yang lain. Berdasarkan gambaran di atas maka penelitian ini mengangkat tema penjadwalan produksi *flow shop* untuk meminimalkan *makespan* dengan metode *Pour*, metode Pemrograman Dinamis dan metode *Branch and Bound* di CV. Bonjor Jaya. Penggunaan lebih dari satu metode dimaksudkan agar hasil kombinasi urutan *job* dapat lebih bervariasi sehingga nilai *makespan* yang dipilih dapat lebih minimal.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana kombinasi urutan *job* dari metode Pour, Pemrograman Dinamis dan *Branch and Bound* di CV. Bonjor Jaya?
2. Bagaimana hasil *makespan* dari masing-masing kombinasi urutan *job* tersebut?
3. Bagaimana urutan *job* yang memiliki nilai *makespan* minimal sehingga diperoleh metode terbaik?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang dapat dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Menentukan kombinasi urutan *job* dari metode Pour, Pemrograman Dinamis dan *Branch and Bound*.
2. Membantu menentukan hasil *makespan* dari masing-masing kombinasi urutan *job*.
3. Menentukan urutan *job* yang memiliki nilai *makespan* minimal serta membantu menentukan metode terbaik yang dapat dipilih untuk dapat diterapkan.

## 1.4. Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan menghasilkan beberapa manfaat, yaitu:

1. Diperoleh beberapa kombinasi urutan *job* dari metode Pour, Pemrograman Dinamis dan *Branch and Bound* yang diterapkan yang kemudian dapat dipilih salah satunya dari urutan *job* tersebut.

2. Mengetahui masing-masing nilai *makespan* dari masing-masing urutan *job* yang diperoleh dari metode-metode penjadwalan tersebut.
3. Diperoleh urutan *job* dengan *makepan* yang paling minimal dan metode penjadwalan yang menghasilkan urutan *job* tersebut dapat diterapkan dalam proses produksi.

### 1.5. Batasan Masalah dan Asumsi

Agar pembahasan masalah dalam penelitian ini lebih terarah dan tidak menyimpang, maka permasalahan dibatasi oleh hal-hal berikut:

1. Metode yang digunakan dalam meminimasi *makespan* ialah metode *Pour*, metode Pemrograman Dinamis dan metode *Branch and Bound*
2. Pengumpulan data dilakukan di bagian produksi produk *Pulley V-Belt* yang paling banyak diproduksi saat pengambilan data dengan jenis *Pulley B2 7*, *Pulley B3 7*, *Pulley B4 7* dan, *Pulley B5 7*.
3. Pengumpulan data dilakukan pada tanggal 23 Oktober 2017 – 3 November 2017.

Adapun asumsi-asumsi yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut:

1. Pengadaan dan ketersediaan bahan baku dianggap sanggup memenuhi kebutuhan produksi sehingga tidak mempengaruhi proses produksi yang sedang berlangsung.
2. Setiap tenaga kerja di stasiun kerja yang sama dianggap memiliki keahlian yang sama dalam melakukan proses pengerjaan produksi.
3. Waktu perpindahan atau waktu transportasi di dalam penelitian ini tidak diperhitungkan dan hanya waktu yang terjadi pada saat proses pengerjaan yang dilakukan pengukuran.

4. Proses pencairan baja tidak termasuk ke dalam pengukuran waktu di penelitian ini, titik awal pengukuran adalah saat baja cair sudah siap digunakan untuk pengecoran.

## **1.6. Sistematika Penulisan**

Sistematika dalam penulisan skripsi ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

### **BAB I : PENDAHULUAN**

Bagian ini berisi tentang latar belakang yang menjadi pemicu munculnya permasalahan. Dengan latar belakang masalah tersebut ditentukan rumusan masalah yang telah terperinci. Dalam bab ini pula dijabarkan tentang tujuan dan manfaat penelitian, dan pada akhir bab dijelaskan tentang sistematika penulisan penelitian yang akan digunakan.

### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menguraikan tentang teori, tulisan ilmiah, dan sejenisnya yang dibutuhkan untuk mendukung dan memberikan landasan yang kuat dan relevan dalam penelitian ini.

### **BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisi deskripsi tentang bagaimana penelitian akan dilaksanakan secara operasional. Oleh karena itu, pada bab ini akan diuraikan tentang jenis dan sumber data, metode pengumpulan data, tahap penelitian, dan diagram alur penelitian

### **BAB IV : ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi proses pengumpulan data, pengujian kecukupan dan keseragaman data, pengolahan data serta proses analisa dan

pembahasan penerapan dari masing-masing metode yang dipakau untuk mencapai tujuan dan manfaat penelitian.

## **BAB V : PENUTUP**

Bab ini mencakup kesimpulan dari hasil analisa serta pembahasan penerapan dari masing-masing metode yang telah dilakukan, dan juga berisi saran-saran kepada pihak-pihak yang terkait dalam penelitian.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan pada bab sebelumnya maka dapat diambil beberapa kesimpulan mengenai penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Dengan menghitung tipe penjadwalan yang diterapkan perusahaan, mereka menerapkan penjadwalan dengan urutan 4-1-2-3. Dengan menghitung menggunakan metode Pour didapatkan urutan pengerjaan *job* 3-4-2-1. Dengan menghitung menggunakan metode Pemrograman Dinamis didapatkan urutan pengerjaan *job* 3-1-2-4. Dengan menghitung menggunakan metode *Branch and Bound* didapatkan urutan pengerjaan *job* 3-4-2-1 dan 3-2-4-1
2. Dengan urutan penjadwalan yang diterapkan perusahaan yaitu 4-1-2-3 didapatkan nilai *makespan* sebesar 90298.98 detik. Dengan urutan penjadwalan dari metode Pour yaitu 3-4-2-1 didapatkan nilai *makespan* sebesar 89814.59 detik. Dengan urutan penjadwalan dari metode Pemrograman Dinamis yaitu 3-1-2-4 didapatkan nilai *makespan* sebesar 90012.03 detik. Dengan urutan penjadwalan dari metode *Branch and Bound* yaitu 3-4-2-1 dan 3-2-4-1 didapatkan nilai *makespan* sebesar 89814.59 detik.
3. Dari perhitungan yang dilakukan menggunakan metode-metode terpilih terdapat nilai *makespan* minimal ada pada metode Pour dan *Branch and Bound* sebesar 89814.59 dengan urutan *job* 3-4-2-1 dan 3-2-4-1. Nilai

makespan yang dihasilkan dari perhitungan dengan menggunakan metode Pour dan *Branch and Bound* memiliki selisih 484.39 detik lebih cepat dari penjadwalan yang diterapkan oleh perusahaan. Dengan demikian kedua metode tersebut dapat diterapkan pada perusahaan karena menghasilkan nilai *makespan* minimal.

## 5.2. Saran

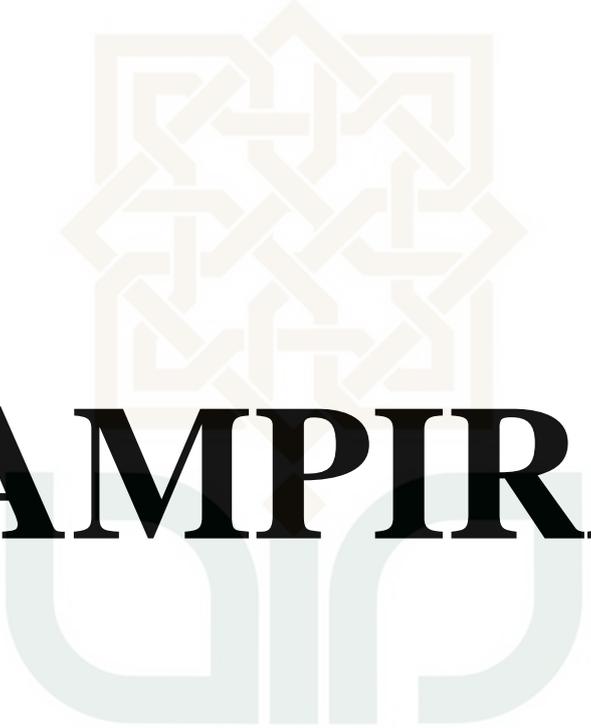
Pada penelitian yang dilakukan masih ada kekurangan yang dapat disempurnakan kedepannya. Adapun saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Hasil dari penelitian ini hanya bisa diterapkan untuk objek penelitian ini saja, sehingga dengan adanya penelitian ini perusahaan bisa menjadwalkan untuk produk-produk yang lain.
2. Penggunaan metode penjadwalan lain yang metode perhitungannya lebih kompleks agar didapatkan hasil yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Baker, K. R. dan Trietsch, D. 2009. *Principles of Sequencing and Scheduling*. New York: John Wiley and Sons Ltd.
- Ginting, R. 2009. *Penjadwalan Mesin*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Ginting, R. 2007. *Sistem Produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Gozali, L., Ariyanti, S. dan Januar, I. Y. 2013. *Perencanaan Penjadwalan Produksi Pada PT Harapan Widyatama Pertiwi Untuk Produk Pipa PVC*. Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer, Vol. 02, No. 08, hal 363-371.
- Hamman, M. K. 2015. *Penjadwalan Produksi Flow Shop Untuk Meminimalkan Makespan Dengan Metode Campbell, Dudek, And Smith (CDS), Metode Palmer, Metode Dannenbring, Dan Metode Ignall-Scharge (Studi Kasus Di CV. Bonjor Jaya Klaten)*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Irsyad, A. L. 2015. *Penjadwalan Flow Shop N Job M Mesin Dengan Metode First Come First Served (FCFS), Earliest Due Date (EDD), Dan Algoritma Heuristik Pour*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga. Yogyakarta.
- Karim, M. S. 2015. *Penjadwalan Produksi Flow Shop Dengan Metode Ignall-Scharge Dan Algoritma Nawaz Enscore And Ham Di CV. Bestone Indonesia*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga. Yogyakarta.
- Kusuma, H. 2009. *Manajemen Produksi, Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

- Mangnggenre, S., Rapi, A. dan Flannery, W. 2013. *Penjadwalan Produksi Dengan Metode Branch and Bound Pada PT. XYZ*. Jurnal Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Nasution, A. H. dan Prasetyawan, Y. 2008. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Pour, H. D. 2001. *A New Heuristic for n-Job m-Machine Problem*. Production Planning Control, Vol. 12, No. 7, 648-653.
- Stevenson, W. J. dan Chuong, S. C. 2014. *Manajemen Operasi: Perspektif Asia*. Jakarta: McGraw-Hill Education (Asia) and Salemba Empat.
- Sulaksmi, A., Garside, A. K. dan Hadziqah, F. 2014. *Penjadwalan Produksi Dengan Algoritma Heuristik Pour (Studi Kasus: Konveksi One Way-Malang)*. Jurnal Teknik Industri, Vol. 15, No. 1, Februari 2014, Hal. 35-44.
- Sumayang, Lalu. 2003. *Dasar-Dasar Manajemen Produksi & Operasi*. Jakarta: Salemba Empat.
- Widyawati, S. dan Abusini, S. 2015. *Penjadwalan Produksi Untuk Meminimumkan Makespan Pada Flow Shop Menggunakan Metode Branch And Bound (Studi Kasus CV. Dian's Print)*. Jurnal Mahasiswa Matematika, Vol. 3, No. 1, Februari 2015, Hal. 65-68.
- Wignjosoebroto, S. 2008. *Ergonomi Studi Gerak Dan Waktu*. Surabaya: Guna Widya



# LAMPIRAN

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

**LAMPIRAN 1**

**DOKUMENTASI PENELITIAN**



**Gambar Area Pengecoran**



**Gambar Area Pembuatan Cetakan**



**Gambar Area Pembuatan Cetakan**



**Gambar Area Pembuatan Cetakan**



**Gambar Area Pembubutan**



**Gambar Area Penghalusan dan Pendempulan**



**Gambar Area Pengecatan dan Penyimpanan Produk Akhir**



STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## LAMPIRAN 2

### DATA HASIL PENGAMATAN

<i>Pulley B2 7</i>					
Stasiun Kerja Pembuatan Cetakan					
Pengamatan	Elemen 1	Elemen 2	Elemen 3	Elemen 4	Elemen 5
1	192.48	43.59	335.20	51.24	25.12
2	195.92	43.10	344.45	48.80	23.58
3	202.23	46.16	347.68	48.34	25.96
4	184.59	42.09	336.62	51.19	23.62
5	190.77	45.75	335.67	52.60	25.59
6	204.52	43.40	342.57	50.44	22.57
7	195.46	43.02	339.15	52.87	21.63
8	195.02	46.98	347.84	47.09	23.15
9	191.14	42.95	332.49	49.23	23.76
10	190.02	43.94	335.07	47.85	23.33
R	19.93	4.89	15.34	5.78	4.33
X	194.22	44.10	339.67	49.96	23.83
R/X	0.10	0.11	0.05	0.12	0.18

<i>Pulley B2 7</i>				
Stasiun Kerja Pencetakan				
Pengamatan	Elemen 1	Elemen 2	Elemen 3	Elemen 4
1	13.99	8.35	21600	86.75
2	15.36	8.58	21600	88.50
3	14.91	9.06	21600	89.21
4	14.18	8.28	21600	89.68
5	14.33	9.29	21600	88.70
6	14.83	8.96	21600	89.95
7	14.11	8.67	21600	87.14
8	13.58	9.76	21600	90.57
9	15.99	9.43	21600	87.43
10	15.11	9.79	21600	88.98
R	2.41	1.51	0	3.82
X	14.64	9.02	21600	88.69
R/X	0.16	0.17	0	0.04

<i>Pulley B2 7</i>			
Stasiun Kerja Pembubutan			
Pengamatan	Elemen 1	Elemen 2	Elemen 3
1	234.05	324.20	232.09
2	239.02	307.21	219.01
3	214.33	324.63	235.56
4	227.74	319.38	219.33
5	222.00	308.95	224.38
6	235.46	308.52	207.65
7	232.13	326.51	221.67
8	217.56	321.59	208.72
9	223.73	314.40	203.56
10	235.24	317.78	229.00
R	24.69	19.30	32.01
X	228.13	317.32	220.10
R/X	0.11	0.06	0.15

<i>Pulley B2 7</i>	
Stasiun Kerja Pendempulan	
Pengamatan	Elemen 1
1	137.97
2	134.03
3	125.84
4	135.87
5	136.35
6	125.92
7	137.78
8	142.99
9	130.99
10	143.03
R	17.19
X	135.08
R/X	0.13

<i>Pulley B2 7</i>	
Stasiun Kerja Penghalusan	
Pengamatan	Elemen 1
1	104.88
2	91.47
3	93.08
4	96.54
5	96.18
6	105.58
7	95.86
8	94.98
9	90.99
10	94.71
R	14.59
X	96.43
R/X	0.15

<i>Pulley B2 7</i>			
Stasiun Kerja Pengecatan			
Pengamatan	Elemen 1	Elemen 2	Elemen 3
1	12.66	6.27	326.37
2	12.04	6.35	330.77
3	12.87	6.06	329.62
4	12.89	5.27	328.14
5	11.93	5.97	325.77
6	11.52	5.48	325.19
7	11.92	5.29	330.00
8	12.17	6.15	328.68
9	12.05	5.16	328.30
10	12.92	5.54	328.83
R	1.40	1.19	5.58
X	12.30	5.75	328.17
R/X	0.11	0.21	0.02

<i>Pulley B2 7</i>	
Stasiun Kerja Penyimpanan	
Pengamatan	Elemen 1
1	6.71
2	5.89
3	7.11
4	7.24
5	7.09
6	7.08
7	7.14
8	6.78
9	6.76
10	5.91
R	1.35
X	6.77
R/X	0.20

<i>Pulley B3 7</i>					
Stasiun Kerja Pembuatan Cetakan					
Pengamatan	Elemen 1	Elemen 2	Elemen 3	Elemen 4	Elemen 5
1	222.22	43.43	374.38	48.71	24.63
2	208.01	49.57	387.79	48.55	27.09
3	214.38	46.32	375.12	55.81	26.75
4	213.18	41.17	378.66	51.65	26.17
5	229.35	47.26	388.19	51.71	25.78
6	222.99	47.42	376.71	50.03	28.04
7	208.37	44.46	377.44	48.57	24.15
8	209.31	41.74	380.58	49.47	24.02
9	230.02	49.31	382.95	53.71	25.99
10	199.73	42.84	374.98	51.57	25.79
R	30.28	8.40	13.81	7.25	4.03
X	215.76	45.35	379.68	50.98	25.84
R/X	0.14	0.19	0.04	0.14	0.16

<i>Pulley B3 7</i>				
Stasiun Kerja Pencetakan				
Pengamatan	Elemen 1	Elemen 2	Elemen 3	Elemen 4
1	14.33	9.45	21600	89.02
2	14.20	9.74	21600	89.74
3	13.33	10.62	21600	85.70
4	15.12	10.55	21600	86.18
5	14.87	10.12	21600	89.90
6	12.13	10.54	21600	86.75
7	14.62	9.04	21600	89.31
8	15.19	10.59	21600	89.56
9	13.69	9.46	21600	88.49
10	14.17	10.27	21600	87.17
R	3.06	1.59	0	4.20
X	14.17	10.04	21600	88.18
R/X	0.22	0.16	0	0.05

<i>Pulley B3 7</i>			
Stasiun Kerja Pembubutan			
Pengamatan	Elemen 1	Elemen 2	Elemen 3
1	192.21	380.41	214.89
2	217.36	366.73	190.81
3	215.41	383.65	196.04
4	229.11	349.59	223.20
5	226.27	363.79	198.49
6	221.26	376.49	222.04
7	242.30	384.05	201.63
8	230.41	372.87	205.34
9	207.18	348.23	211.72
10	226.20	369.76	190.92
R	50.09	35.82	32.39
X	220.77	369.56	205.51
R/X	0.23	0.10	0.16

<i>Pulley B3 7</i>	
Stasiun Kerja Pendempulan	
Pengamatan	Elemen 1
1	165.31
2	172.92
3	167.10
4	180.15
5	181.53
6	182.43
7	169.91
8	168.19
9	181.62
10	168.18
R	17.12
X	173.73
R/X	0.10

<i>Pulley B3 7</i>	
Stasiun Kerja Penghalusan	
Pengamatan	Elemen 1
1	127.53
2	125.76
3	127.76
4	128.05
5	126.93
6	124.80
7	124.99
8	124.56
9	124.95
10	128.66
R	4.10
X	126.40
R/X	0.03

<i>Pulley B3 7</i>			
Stasiun Kerja Pengecatan			
Pengamatan	Elemen 1	Elemen 2	Elemen 3
1	13.90	5.97	303.87
2	14.83	6.25	321.58
3	15.87	6.62	313.35
4	14.28	6.01	320.65
5	14.57	6.47	316.85
6	14.63	5.63	339.10
7	13.54	6.60	327.08
8	13.16	5.57	326.69
9	15.57	6.39	316.86
10	14.98	6.11	328.49
R	2.71	1.05	35.23
X	14.53	6.16	321.45
R/X	0.19	0.17	0.11

<i>Pulley B3 7</i>	
Stasiun Kerja Penyimpanan	
Pengamatan	Elemen 1
1	10.07
2	10.59
3	8.78
4	9.94
5	10.41
6	10.32
7	9.63
8	9.11
9	10.48
10	10.13
R	1.81
X	9.95
R/X	0.18

<i>Pulley B4 7</i>					
Stasiun Kerja Pembuatan Cetakan					
Pengamatan	Elemen 1	Elemen 2	Elemen 3	Elemen 4	Elemen 5
1	147.95	41.77	352.63	49.50	23.34
2	136.43	43.63	351.35	52.43	26.03
3	137.93	43.61	360.94	49.54	24.03
4	147.73	40.55	370.05	50.45	24.33
5	137.63	47.90	361.91	51.96	25.07
6	135.33	46.99	368.84	49.55	23.53
7	131.26	40.72	365.13	50.52	25.39
8	140.82	46.24	357.75	49.20	25.12
9	141.53	42.26	362.88	49.14	23.91
10	130.51	41.51	367.03	52.84	24.69
R	17.44	7.35	18.70	3.70	2.69
X	138.71	43.52	361.85	50.51	24.55
R/X	0.13	0.17	0.05	0.07	0.11

<i>Pulley B4 7</i>				
Stasiun Kerja Pencetakan				
Pengamatan	Elemen 1	Elemen 2	Elemen 3	Elemen 4
1	14.91	13.87	21600	111.30
2	15.66	13.14	21600	111.33
3	14.88	14.77	21600	94.39
4	13.59	12.80	21600	115.13
5	15.04	13.67	21600	112.98
6	15.70	12.50	21600	108.56
7	15.83	13.31	21600	99.60
8	14.98	13.09	21600	108.42
9	13.90	12.74	21600	105.44
10	15.85	15.63	21600	108.71
R	2.26	3.13	0	20.74
X	15.03	13.55	21600	107.58
R/X	0.15	0.23	0	0.19

Pulley B4 7			
Stasiun Kerja Pembubutan			
Pengamatan	Elemen 1	Elemen 2	Elemen 3
1	248.11	355.38	395.66
2	207.72	351.05	358.17
3	211.52	349.82	356.52
4	228.54	346.99	389.34
5	212.13	354.77	394.57
6	208.60	345.98	394.57
7	209.48	349.26	378.37
8	220.17	339.50	380.86
9	215.96	348.44	401.92
10	217.14	356.52	389.24
R	40.39	17.02	45.41
X	217.94	349.77	383.92
R/X	0.19	0.05	0.12

Pulley B4 7	
Stasiun Kerja Pendempulan	
Pengamatan	Elemen 1
1	147.97
2	151.55
3	152.29
4	155.73
5	155.96
6	152.69
7	152.74
8	144.30
9	145.67
10	154.67
R	11.66
X	151.36
R/X	0.08

Pulley B4 7	
Stasiun Kerja Penghalusan	
Pengamatan	Elemen 1
1	129.08
2	147.31
3	135.35
4	130.48
5	129.53
6	143.40
7	147.45
8	134.49
9	148.74
10	146.39
R	19.66
X	139.22
R/X	0.14

<i>Pulley B4 7</i>			
Stasiun Kerja Pengecatan			
Pengamatan	Elemen 1	Elemen 2	Elemen 3
1	14.14	7.43	377.45
2	15.99	6.51	375.40
3	16.98	7.27	370.19
4	14.32	6.73	371.42
5	14.39	6.74	362.13
6	16.25	6.97	370.30
7	14.08	7.43	363.22
8	15.45	6.43	360.15
9	14.15	6.31	369.39
10	16.44	7.08	369.28
R	2.90	1.13	17.31
X	15.22	6.89	368.89
R/X	0.19	0.16	0.05

<i>Pulley B4 7</i>	
Stasiun Kerja Penyimpanan	
Pengamatan	Elemen 1
1	7.28
2	7.29
3	6.64
4	7.80
5	6.88
6	7.40
7	6.29
8	6.86
9	7.29
10	7.81
R	1.52
X	7.15
R/X	0.21

<i>Pulley B5 7</i>					
Stasiun Kerja Pembuatan Cetakan					
Pengamatan	Elemen 1	Elemen 2	Elemen 3	Elemen 4	Elemen 5
1	166.54	43.50	384.98	55.24	28.74
2	172.51	40.11	395.57	51.11	23.87
3	167.57	42.19	392.67	50.02	27.46
4	162.09	44.77	389.33	47.83	25.24
5	170.03	44.79	392.89	52.42	24.72
6	163.59	43.50	392.20	54.50	26.77
7	171.88	40.87	398.61	51.19	24.24
8	175.05	40.81	386.62	55.79	26.85
9	178.35	43.81	389.08	56.22	26.34
10	180.28	45.97	390.77	48.13	25.18
R	18.19	5.87	13.63	8.39	4.87
X	170.79	43.03	391.27	52.25	25.94
R/X	0.11	0.14	0.03	0.16	0.19

<i>Pulley B5 7</i>				
Stasiun Kerja Pencetakan				
Pengamatan	Elemen 1	Elemen 2	Elemen 3	Elemen 4
1	13.30	12.70	21600	128.12
2	15.59	13.49	21600	108.64
3	14.85	11.31	21600	117.76
4	15.99	12.22	21600	123.59
5	13.17	12.63	21600	119.29
6	15.70	11.83	21600	109.55
7	15.22	13.47	21600	126.15
8	14.12	13.20	21600	113.18
9	14.55	12.98	21600	123.80
10	14.74	12.37	21600	111.24
R	2.82	2.18	0	19.49
X	14.72	12.62	21600	118.13
R/X	0.19	0.17	0	0.16

<i>Pulley B5 7</i>			
Stasiun Kerja Pembubutan			
Pengamatan	Elemen 1	Elemen 2	Elemen 3
1	213.23	429.44	200.36
2	213.30	428.71	207.53
3	211.68	426.43	199.23
4	214.62	417.84	193.46
5	218.80	409.25	179.66
6	219.66	406.12	206.10
7	212.12	427.69	208.80
8	215.97	410.82	181.64
9	213.32	420.50	174.50
10	219.67	426.45	209.43
R	7.98	23.32	34.93
X	215.24	420.32	196.07
R/X	0.04	0.06	0.18

<i>Pulley B5 7</i>	
Stasiun Kerja Pendempulan	
Pengamatan	Elemen 1
1	220.06
2	203.45
3	205.14
4	237.79
5	230.78
6	216.91
7	232.27
8	225.89
9	219.33
10	216.19
R	34.34
X	220.78
R/X	0.16

<i>Pulley B5 7</i>	
Stasiun Kerja Penghalusan	
Pengamatan	Elemen 1
1	129.65
2	129.04
3	130.90
4	132.06
5	130.62
6	131.84
7	132.48
8	129.72
9	128.75
10	130.29
R	3.72
X	130.53
R/X	0.03

<i>Pulley B5 7</i>			
Stasiun Kerja Pengecatan			
Pengamatan	Elemen 1	Elemen 2	Elemen 3
1	17.17	8.58	329.59
2	17.09	7.94	338.54
3	20.26	7.57	326.43
4	19.12	7.81	333.98
5	19.24	8.89	327.52
6	18.35	8.65	339.07
7	19.51	8.39	337.02
8	16.57	8.12	337.97
9	17.40	7.63	335.86
10	18.89	7.81	329.97
R	3.69	1.32	12.64
X	18.36	8.14	333.60
R/X	0.20	0.16	0.04

<i>Pulley B5 7</i>	
Stasiun Kerja Penyimpanan	
Pengamatan	Elemen 1
1	8.94
2	9.13
3	9.54
4	7.78
5	7.81
6	8.86
7	9.26
8	9.29
9	9.81
10	9.12
R	2.03
X	8.95
R/X	0.23

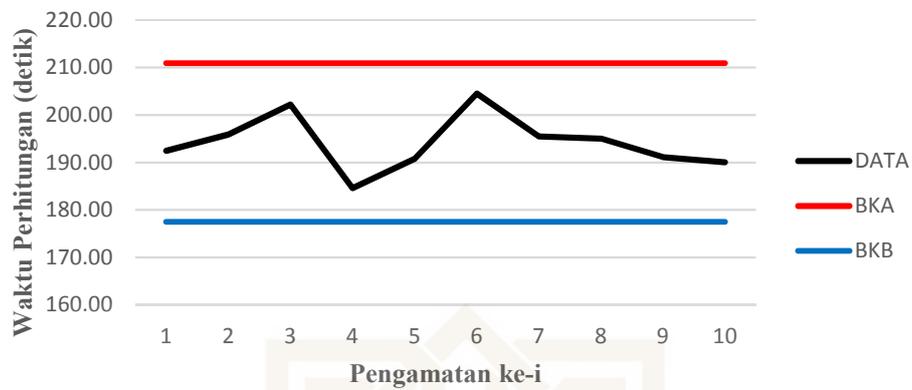
### LAMPIRAN 3

#### UJI KESERAGAMAN DATA

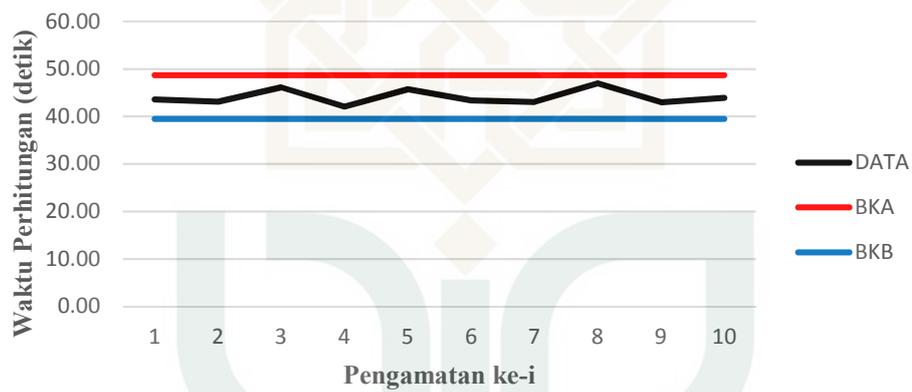
Produk	Stasiun Kerja	Elemen Kerja	BKA	BKB	Standar Deviasi
<b>Pulley B2 7</b>	Pembuatan cetakan	Pemasangan contoh <i>pulley</i>	210.92	177.51	5.57
		Pemberian bubuk pemisah	48.71	39.49	1.54
		Pemasangan kotak cetakan	355.56	323.79	5.29
		Pemberian air	55.66	44.27	1.90
		Pelepasan contoh <i>pulley</i>	27.69	19.97	1.29
	Pengecoran	Penuangan baja cair ke ember tuang	16.72	12.56	0.69
		Penuangan ke cetakan	10.58	7.46	0.52
		Pengerasan produk	21600.00	21600.00	0.00
		Pengangkatan pasca cor	92.27	85.11	1.19
	Pembubutan	Pembubutan bagian depan	252.00	204.26	7.96
		Pembubutan bantalan <i>belt</i>	337.80	296.83	6.83
		Pembubutan bagian belakang	250.74	189.46	10.21
	Pendempulan	Pemberian dempul	152.33	117.83	5.75
	Penghalusan	Penghalusan	110.69	82.17	4.75
	Pengecatan	Penyelupan	13.71	10.88	0.47
		Pengangkatan pasca celup	7.04	4.47	0.43
		Pengeringan	333.43	322.91	1.75
Penyimpanan	Penyimpanan	8.17	5.37	0.47	
<b>Pulley B3 7</b>	Pembuatan cetakan	Pemasangan contoh <i>pulley</i>	244.27	187.24	9.51
		Pemberian bubuk pemisah	54.03	36.67	2.89
		Pemasangan kotak cetakan	394.24	365.12	4.85
		Pemberian air	57.82	44.13	2.28
		Pelepasan contoh <i>pulley</i>	29.52	22.16	1.23
	Pengecoran	Penuangan baja cair ke ember tuang	16.81	11.52	0.88
		Penuangan ke cetakan	11.68	8.40	0.55
		Pengerasan produk	21600.00	21600.00	0.00
		Pengangkatan pasca cor	92.69	83.67	1.50
	Pembubutan	Pembubutan bagian depan	260.19	181.35	13.14
		Pembubutan bantalan <i>belt</i>	406.06	333.05	12.17
		Pembubutan bagian belakang	239.66	171.36	11.38
	Pendempulan	Pemberian dempul	193.44	154.03	6.57
	Penghalusan	Penghalusan	130.82	121.98	1.47
	Pengecatan	Penyelupan	16.95	12.11	0.81
		Pengangkatan pasca celup	7.23	5.09	0.36
		Pengeringan	348.92	293.99	9.15
Penyimpanan	Penyimpanan	11.66	8.23	0.57	

Produk	Stasiun Kerja	Elemen Kerja	BKA	BKB	Standar Deviasi
<b>Pulley B4 7</b>	Pembuatan cetakan	Pemasangan contoh <i>pulley</i>	155.70	121.73	5.66
		Pemberian bubuk pemisah	51.10	35.93	2.53
		Pemasangan kotak cetakan	380.04	343.66	6.06
		Pemberian air	54.50	46.52	1.33
		Pelepasan contoh <i>pulley</i>	27.01	22.08	0.82
	Pengecoran	Penuangan baja cair ke ember tuang	17.27	12.80	0.75
		Penuangan ke cetakan	16.35	10.76	0.93
		Pengerasan produk	21600.00	21600.00	0.00
		Pengangkatan pasca cor	125.56	89.60	5.99
	Pembubutan	Pembubutan bagian depan	253.06	182.82	11.71
		Pembubutan bantalan <i>belt</i>	364.26	335.28	4.83
		Pembubutan bagian belakang	428.42	339.42	14.83
	Pendempulan	Pemberian dempul	162.95	139.76	3.87
	Penghalusan	Penghalusan	162.52	115.92	7.77
	Pengecatan	Penyelupan	18.42	12.01	1.07
		Pengangkatan pasca celup	8.06	5.72	0.39
		Pengeringan	384.79	353.00	5.30
Penyimpanan	Penyimpanan	8.54	5.77	0.46	
<b>Pulley B5 7</b>	Pembuatan cetakan	Pemasangan contoh <i>pulley</i>	187.92	153.66	5.71
		Pemberian bubuk pemisah	48.62	37.44	1.86
		Pemasangan kotak cetakan	402.80	379.74	3.84
		Pemberian air	61.06	43.43	2.94
		Pelepasan contoh <i>pulley</i>	30.35	21.54	1.47
	Pengecoran	Penuangan baja cair ke ember tuang	17.47	11.97	0.92
		Penuangan ke cetakan	14.64	10.60	0.67
		Pengerasan produk	21600.00	21600.00	0.00
		Pengangkatan pasca cor	138.55	97.71	6.81
	Pembubutan	Pembubutan bagian depan	224.06	206.41	2.94
		Pembubutan bantalan <i>belt</i>	445.48	395.17	8.39
		Pembubutan bagian belakang	233.43	158.71	12.45
	Pendempulan	Pemberian dempul	252.69	188.88	10.64
	Penghalusan	Penghalusan	134.19	126.88	1.22
	Pengecatan	Penyelupan	21.88	14.84	1.17
		Pengangkatan pasca celup	9.45	6.82	0.44
		Pengeringan	347.28	319.91	4.56
Penyimpanan	Penyimpanan	10.86	7.05	0.64	

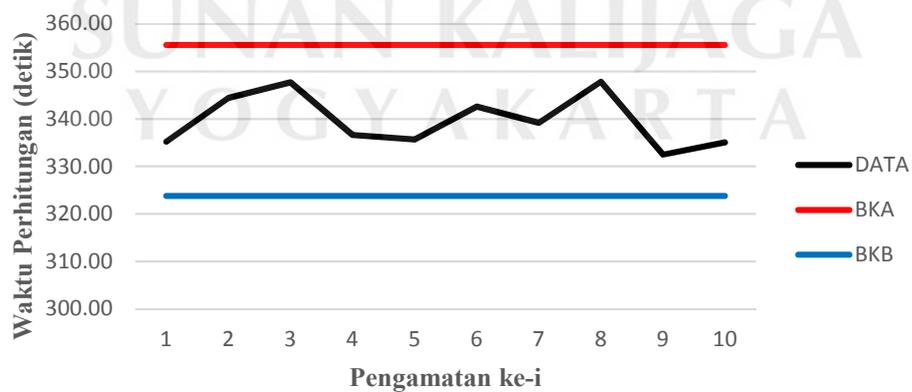
**Elemen Kerja Pemasangan Contoh Pulley Stasiun  
Kerja Pembuatan Cetakan Pulley B2 7**

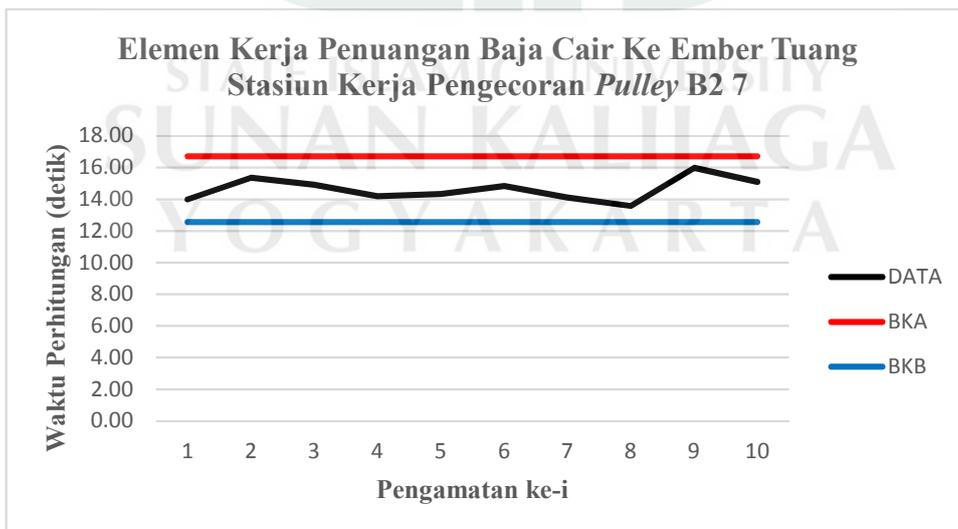
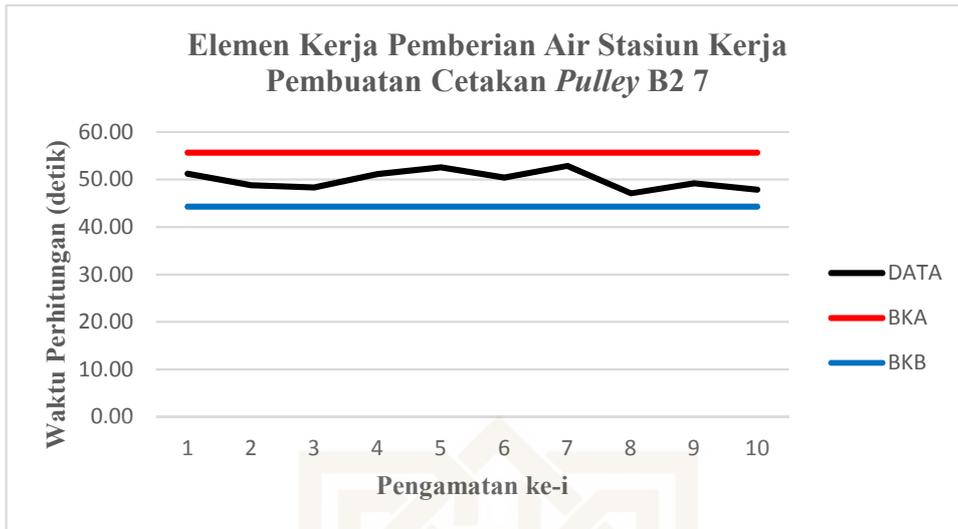


**Elemen Kerja Pemberian Bubuk Pemisah Stasiun  
Kerja Pembuatan Cetakan Pulley B2 7**

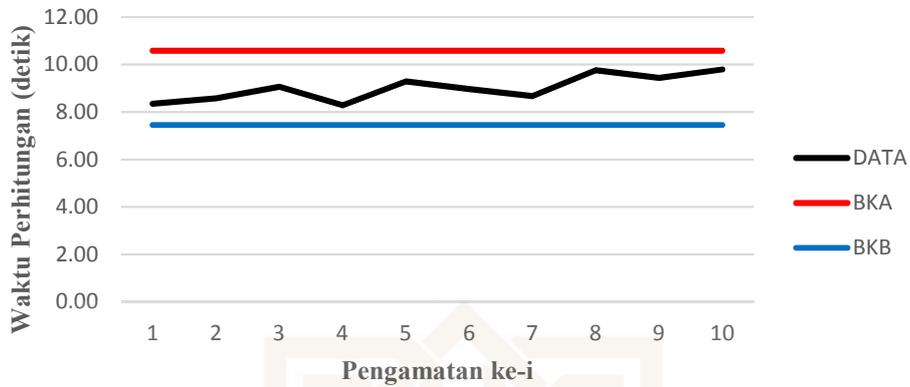


**Elemen Kerja Pemasangan Kotak Cetakan Stasiun  
Kerja Pembuatan Cetakan Pulley B2 7**





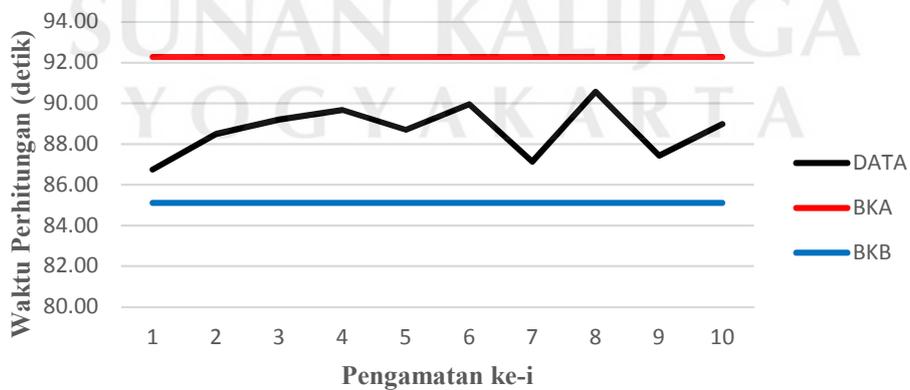
**Elemen Kerja Penuangan Ke Cetakan Stasiun Kerja  
Pengecoran Pulley B2 7**



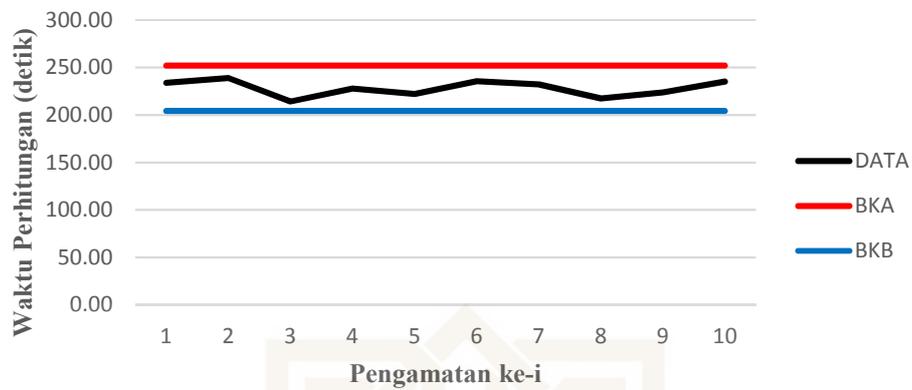
**Elemen Kerja Pengerasan Produk Stasiun Kerja  
Pengecoran Pulley B2 7**



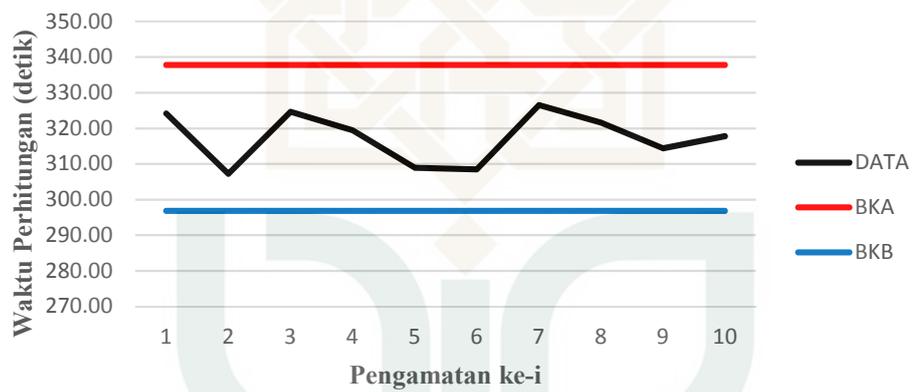
**Elemen Kerja Pengangkatan Pasca Cor Stasiun Kerja  
Pengecoran Pulley B2 7**



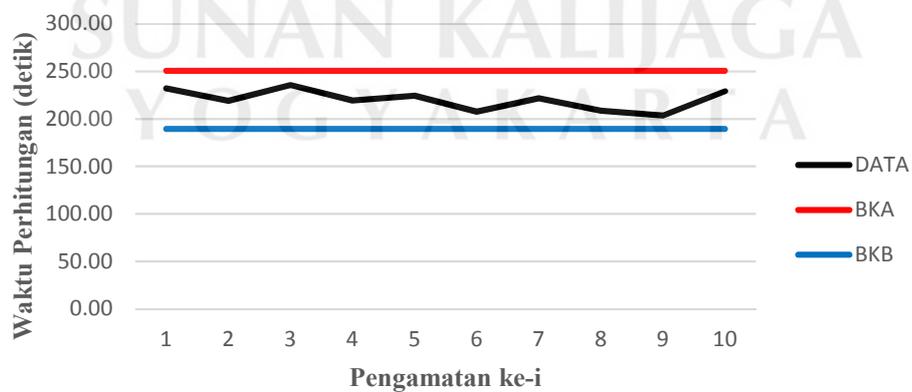
**Elemen Kerja Pembubutan Bagian Depan Stasiun  
Kerja Pembubutan *Pulley B2 7***



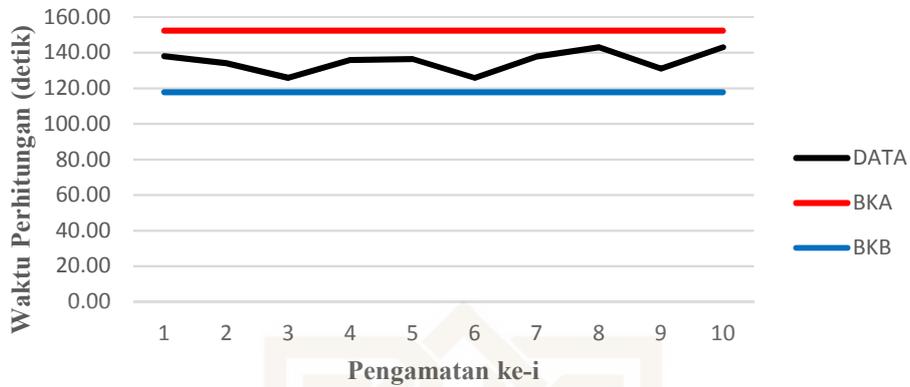
**Elemen Kerja Pembubutan Bantalan *Belt* Stasiun  
Kerja Pembubutan *Pulley B2 7***



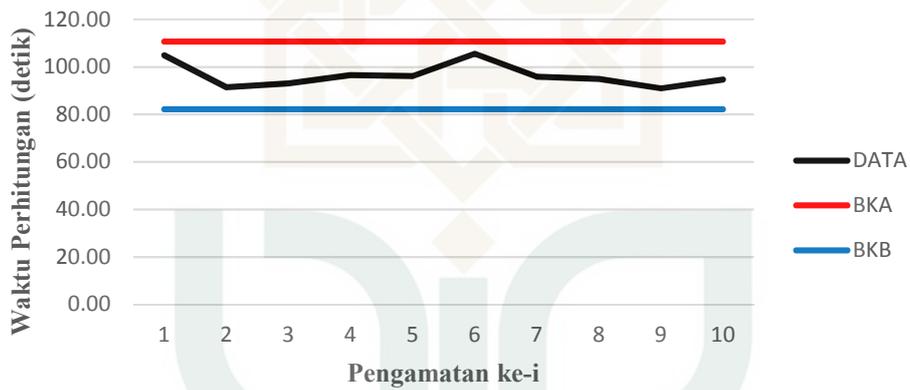
**Elemen Kerja Pembubutan Bagian Belakang Stasiun  
Kerja Pembubutan *Pulley B2 7***



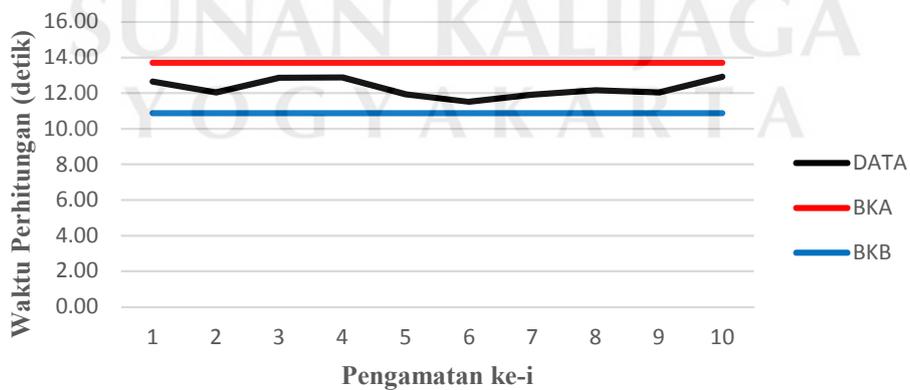
### Elemen Kerja Pemberian Dempul Stasiun Kerja Pendempulan *Pulley B2 7*



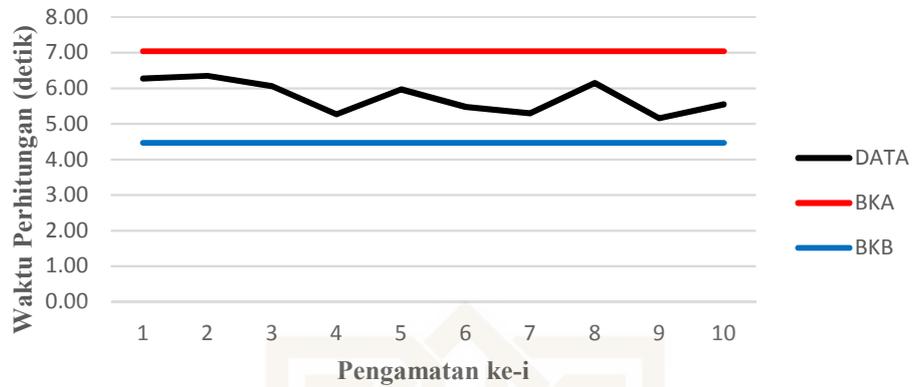
### Elemen Kerja Penghalusan Stasiun Kerja Penghalusan *Pulley B2 7*



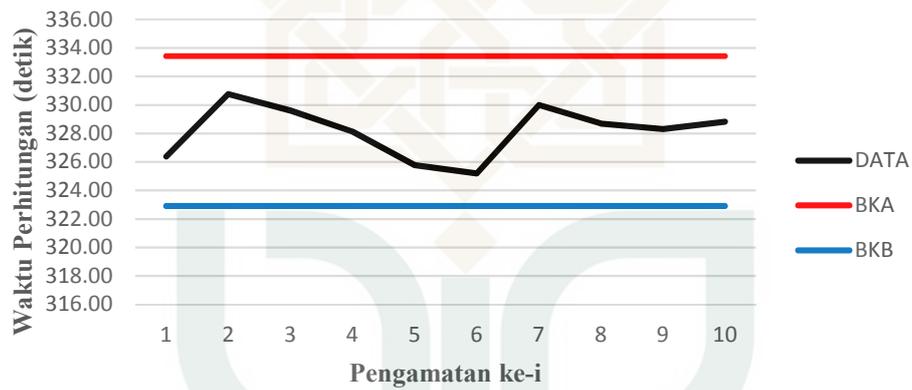
### Elemen Kerja Penyelupan Stasiun Kerja Pengecatan *Pulley B2 7*



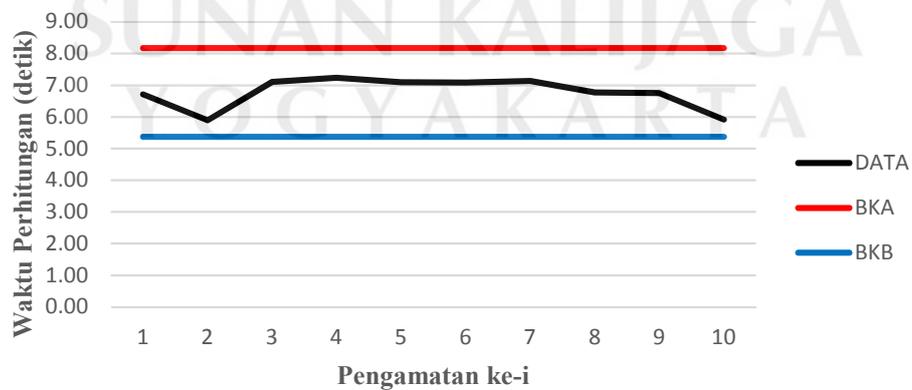
### Elemen Kerja Pengangkatan Pasca Celup Stasiun Kerja Pengecatan Pulley B2 7



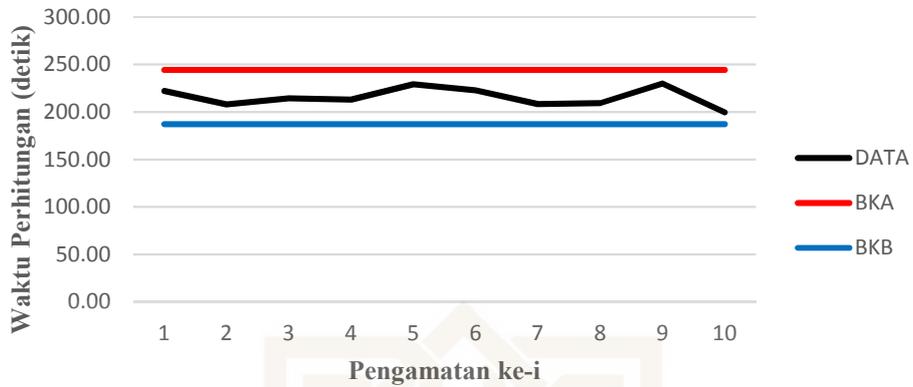
### Elemen Kerja Pengeringan Stasiun Kerja Pengecatan Pulley B2 7



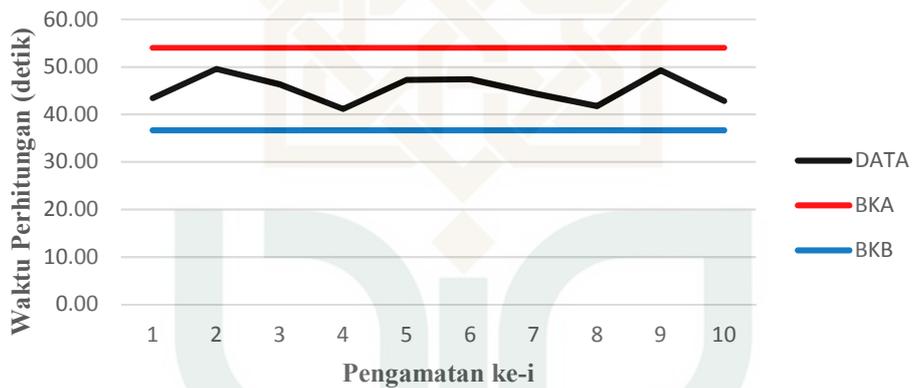
### Elemen Kerja Penyimpanan Stasiun Kerja Penyimpanan Pulley B2 7



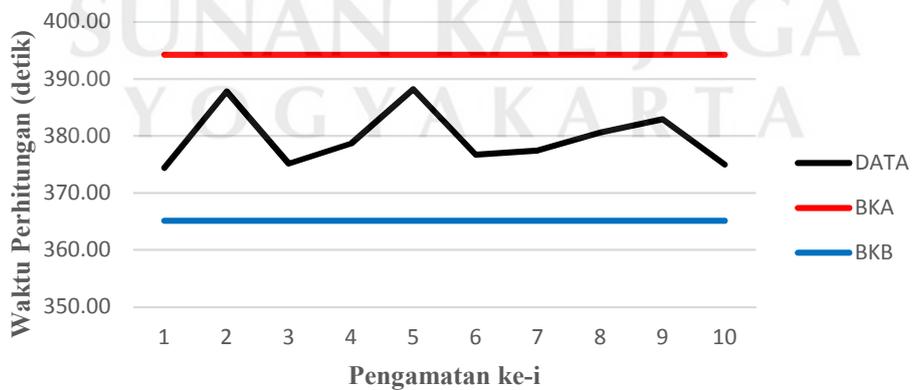
**Elemen Kerja Pemasangan Contoh Pulley Stasiun  
Kerja Pembuatan Cetakan Pulley B3 7**

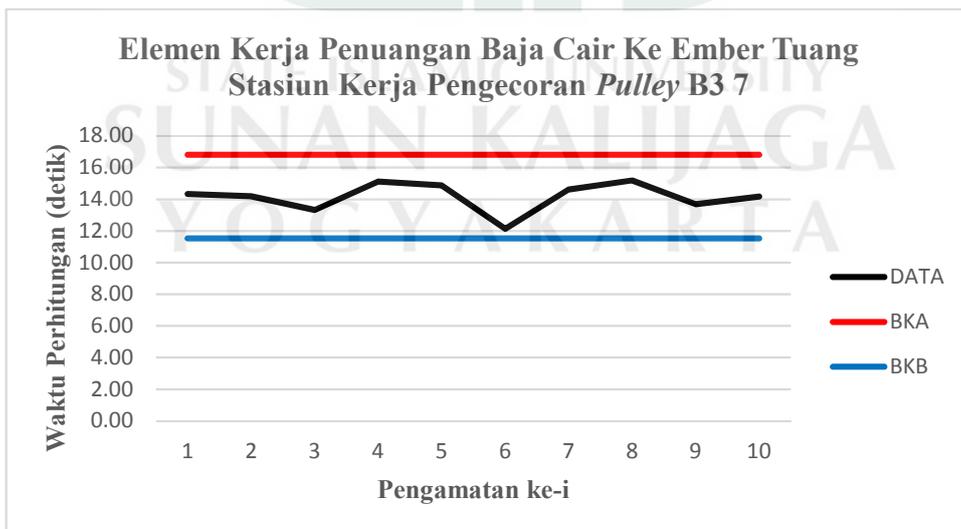
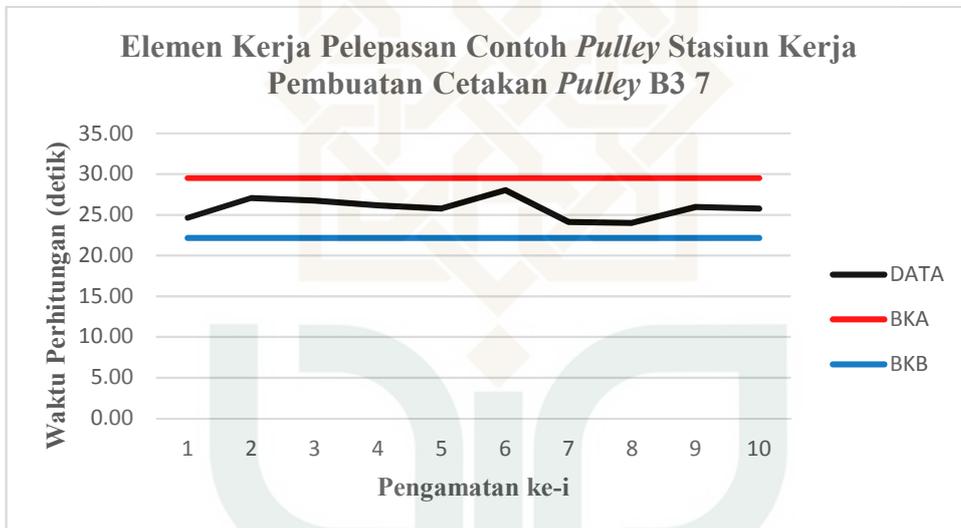
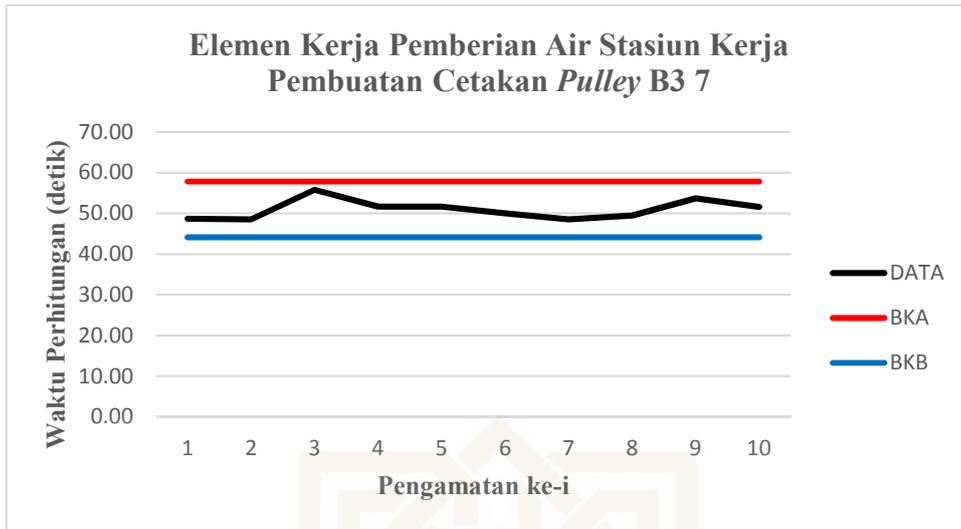


**Elemen Kerja Pemberian Bubuk Pemisah Stasiun  
Kerja Pembuatan Cetakan Pulley B3 7**

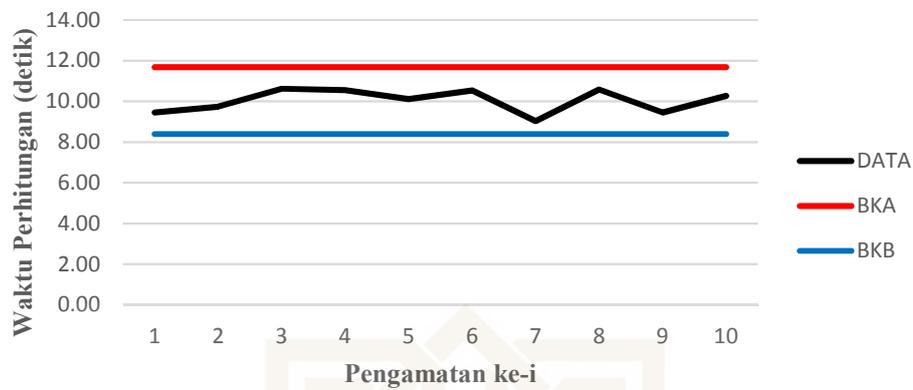


**Elemen Kerja Pemasangan Kotak Cetakan Stasiun  
Kerja Pembuatan Cetakan Pulley B3 7**





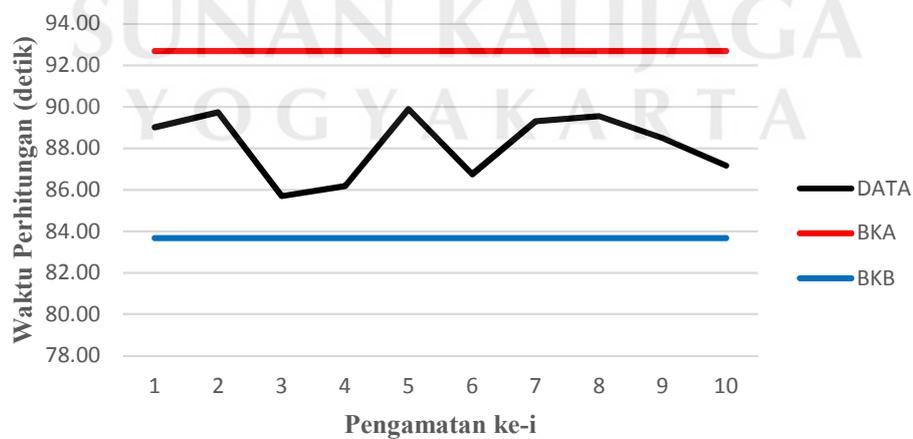
### Elemen Kerja Penuangan Ke Cetakan Stasiun Kerja Pengecoran *Pulley* B3 7



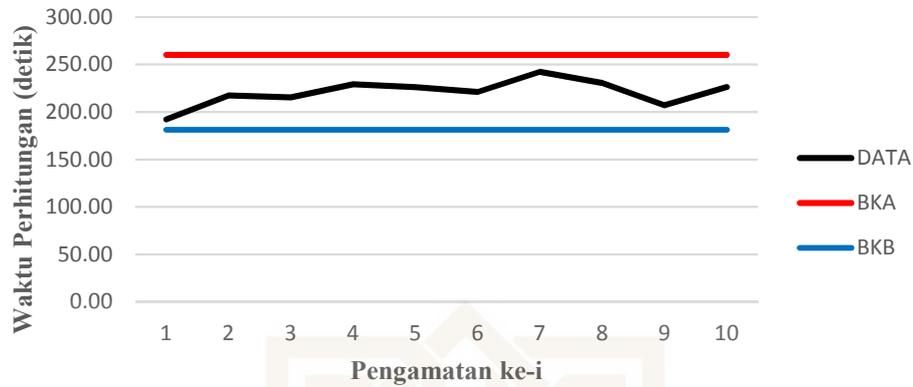
### Elemen Kerja Pengerasan Produk Stasiun Kerja Pengecoran *Pulley* B3 7



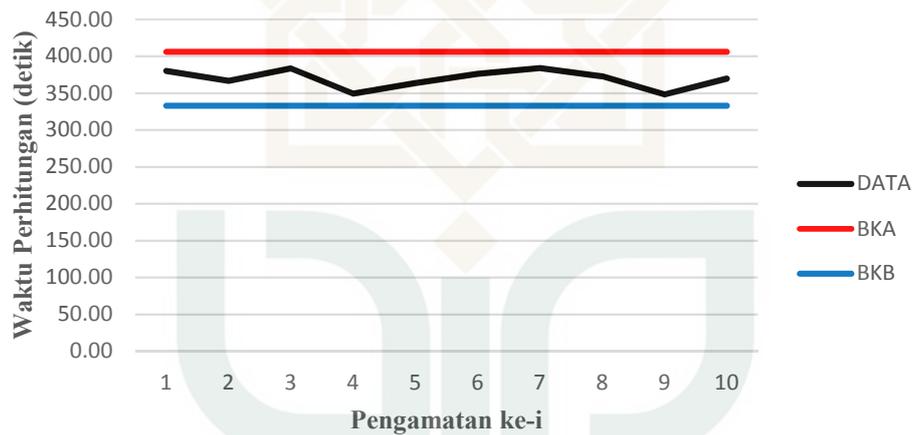
### Elemen Kerja Pengangkatan Pasca Cor Stasiun Kerja Pengecoran *Pulley* B3 7



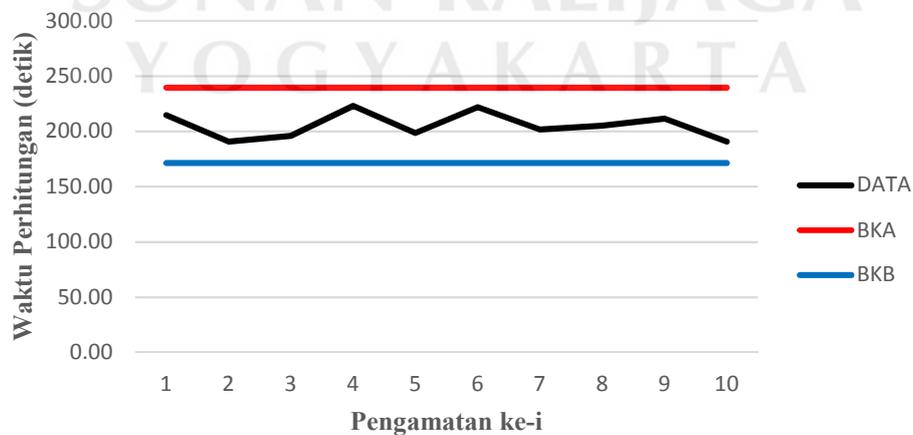
**Elemen Kerja Pembubutan Bagian Depan Stasiun  
Kerja Pembubutan *Pulley B3 7***



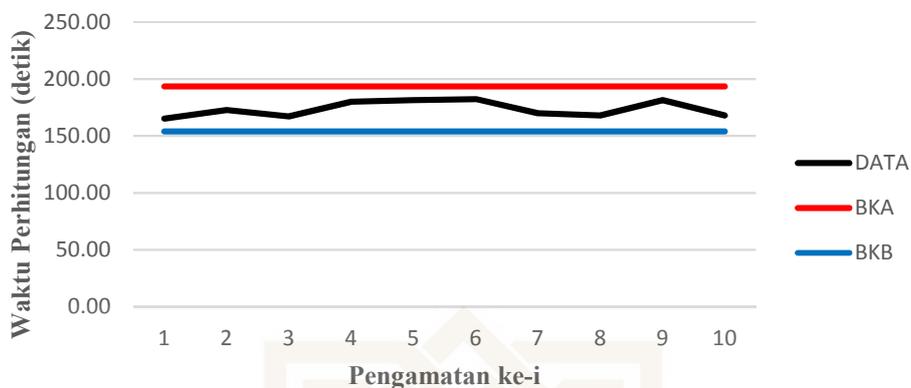
**Elemen Kerja Pembubutan Bantalan *Belt* Stasiun  
Kerja Pembubutan *Pulley B3 7***



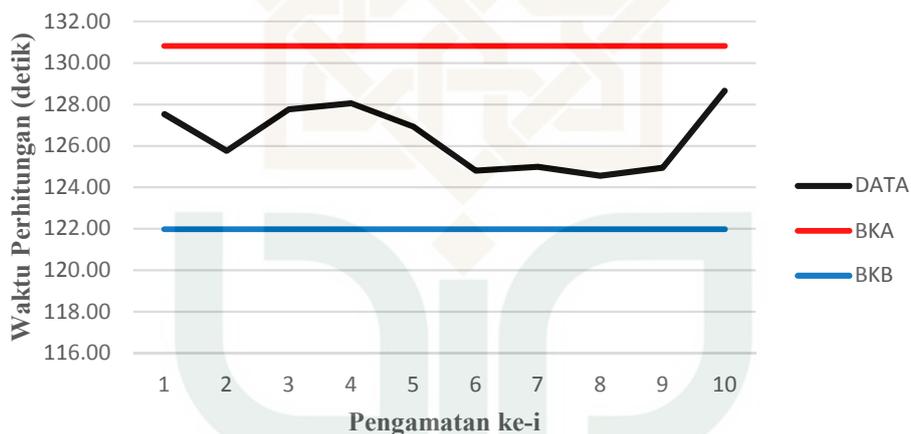
**Elemen Kerja Pembubutan Bagian Belakang Stasiun  
Kerja Pembubutan *Pulley B3 7***



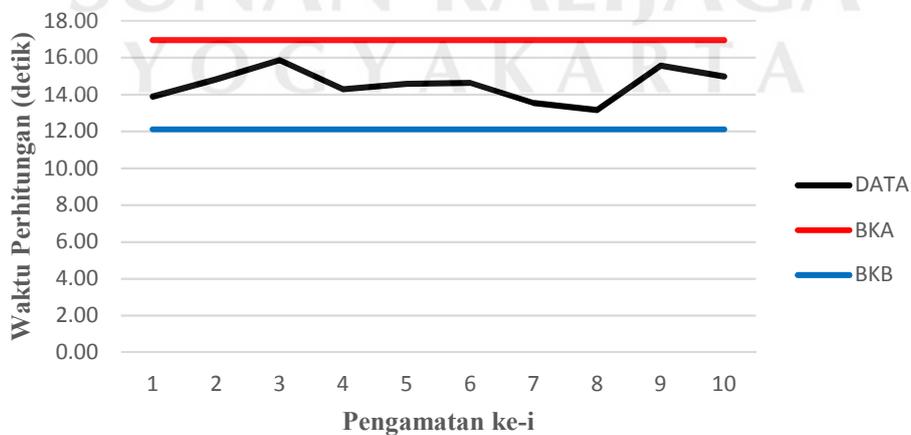
### Elemen Kerja Pemberian Dempul Stasiun Kerja Pendempulan *Pulley B3 7*



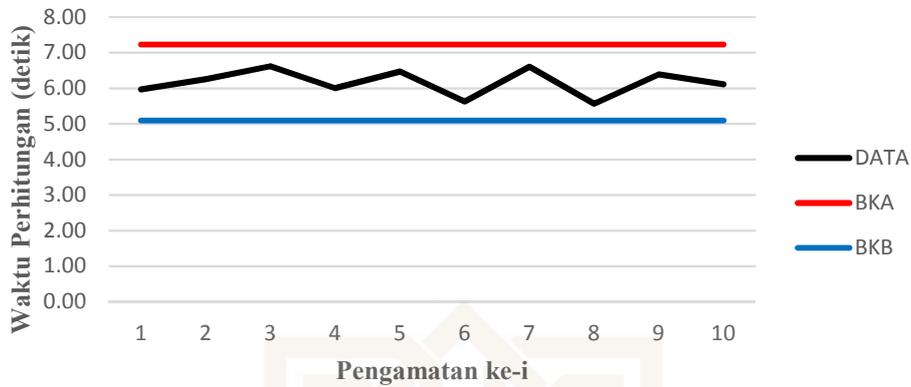
### Elemen Kerja Penghalusan Stasiun Kerja Penghalusan *Pulley B3 7*



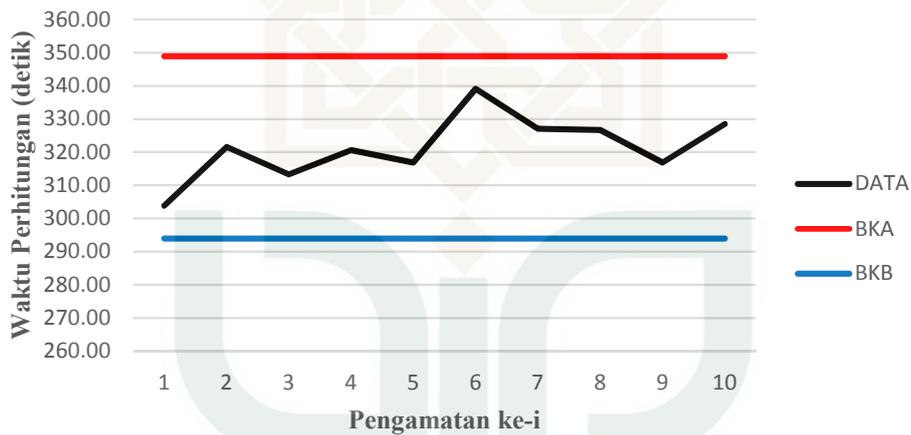
### Elemen Kerja Penyeluphan Stasiun Kerja Pengecatan *Pulley B3 7*



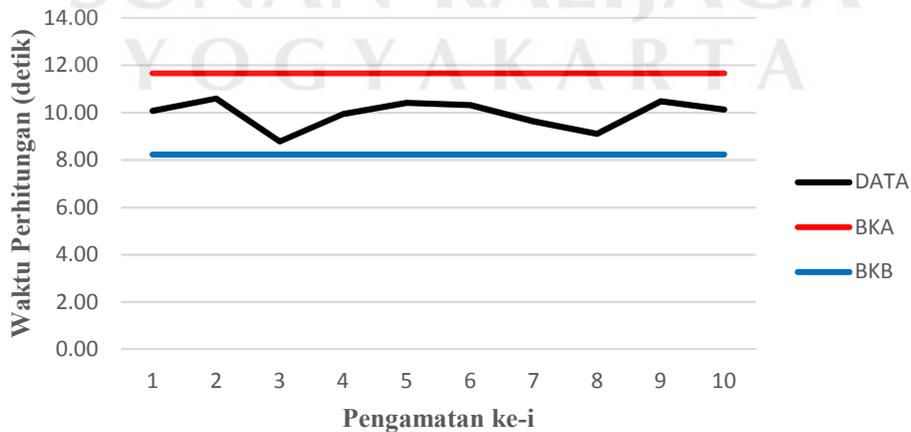
### Elemen Kerja Pengangkatan Pasca Celup Stasiun Kerja Pengecatan *Pulley B3 7*



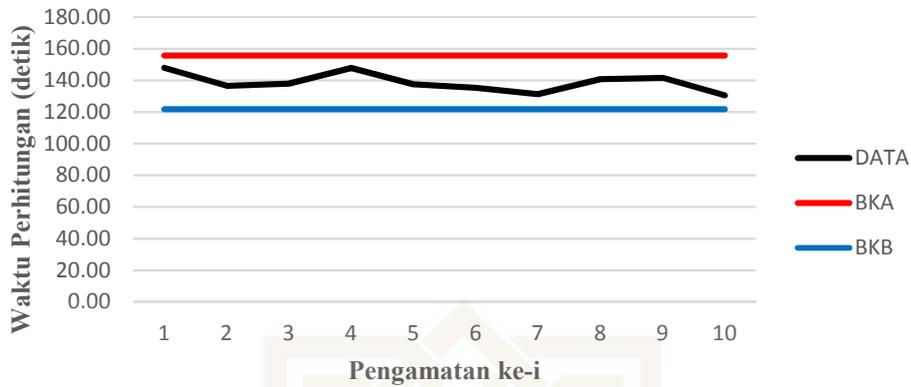
### Elemen Kerja Pengeringan Stasiun Kerja Pengecatan *Pulley B3 7*



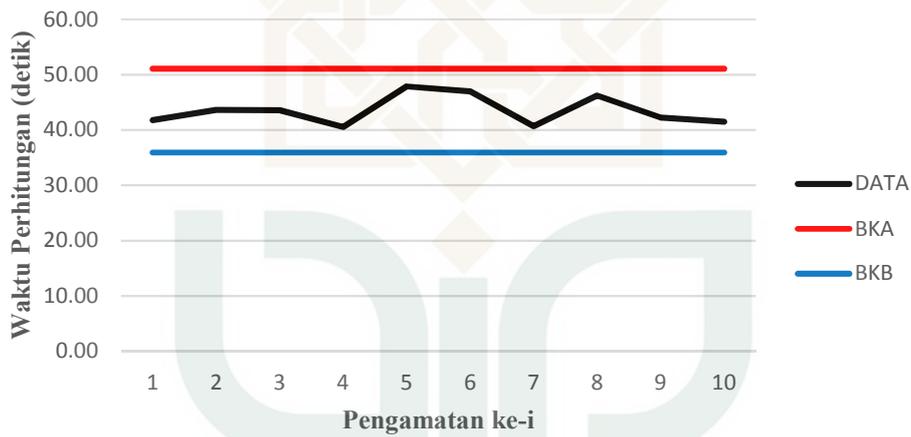
### Elemen Kerja Penyimpanan Stasiun Kerja Penyimpanan *Pulley B3 7*



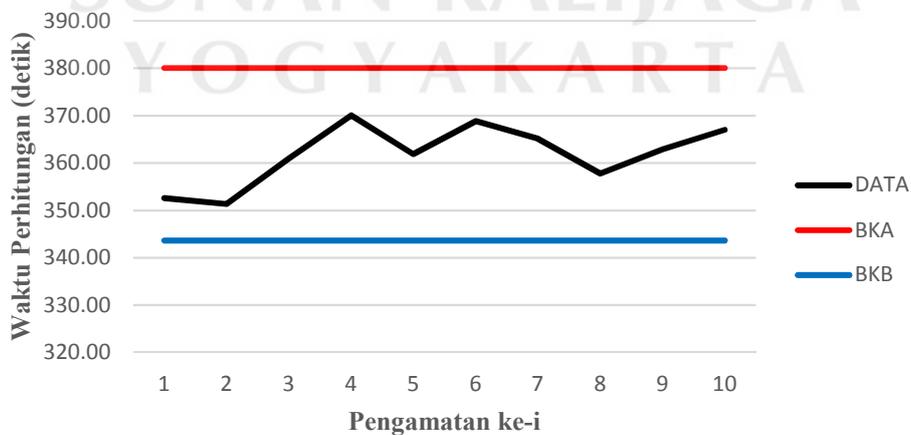
**Elemen Kerja Pemasangan Contoh Pulley Stasiun  
Kerja Pembuatan Cetakan Pulley B4 7**

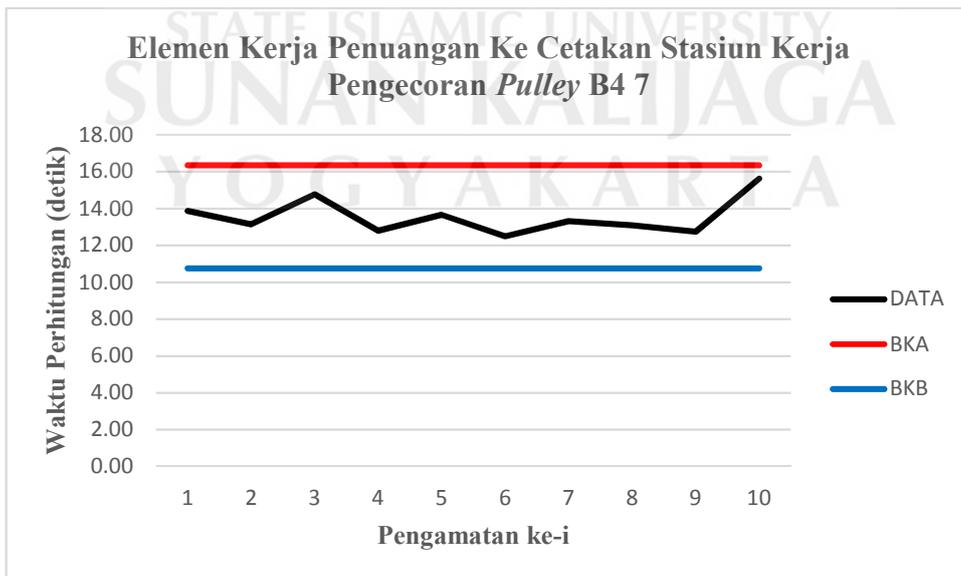
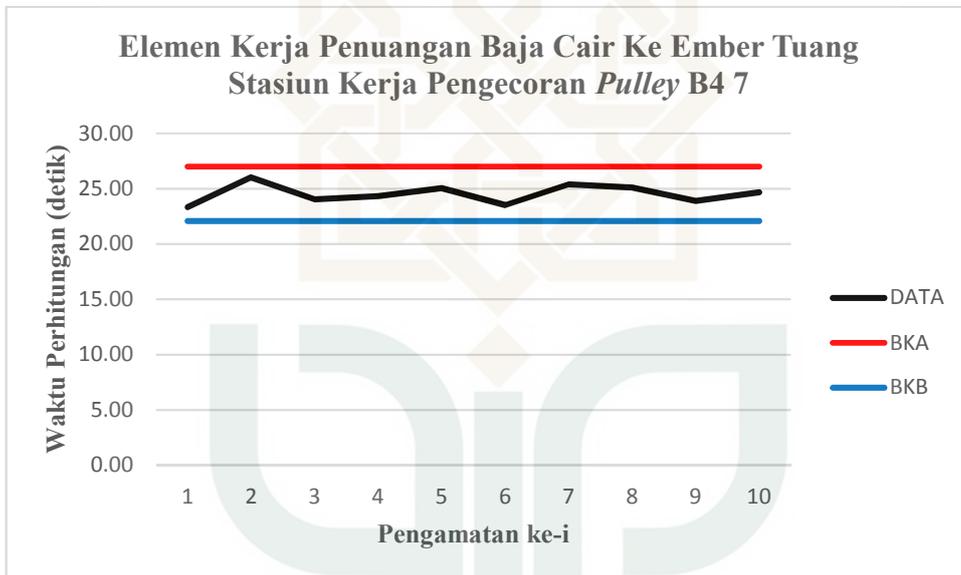
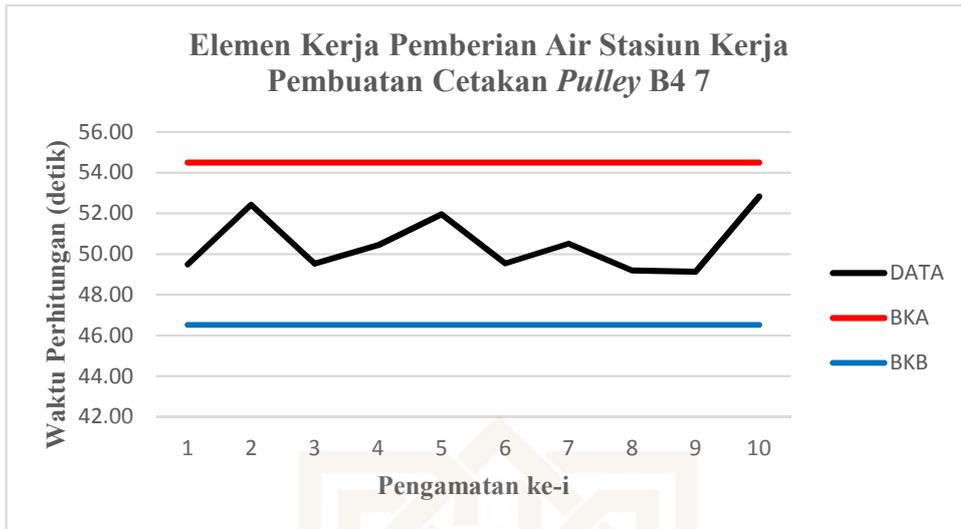


**Elemen Kerja Pemberian Bubuk Pemisah Stasiun  
Kerja Pembuatan Cetakan Pulley B4 7**

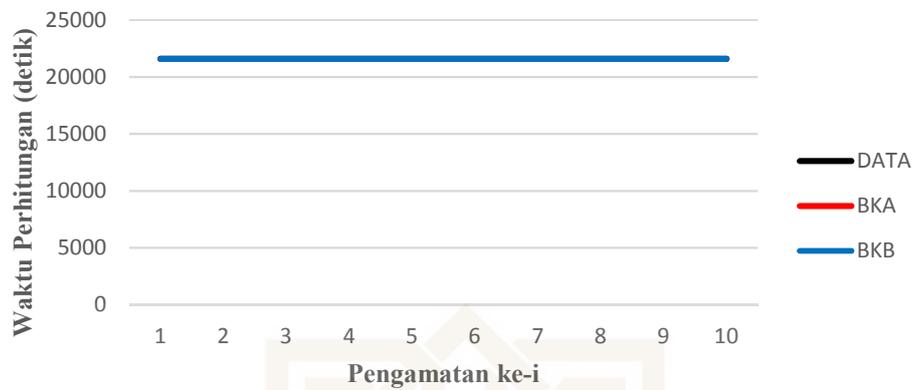


**Elemen Kerja Pemasangan Kotak Cetakan Stasiun  
Kerja Pembuatan Cetakan Pulley B4 7**

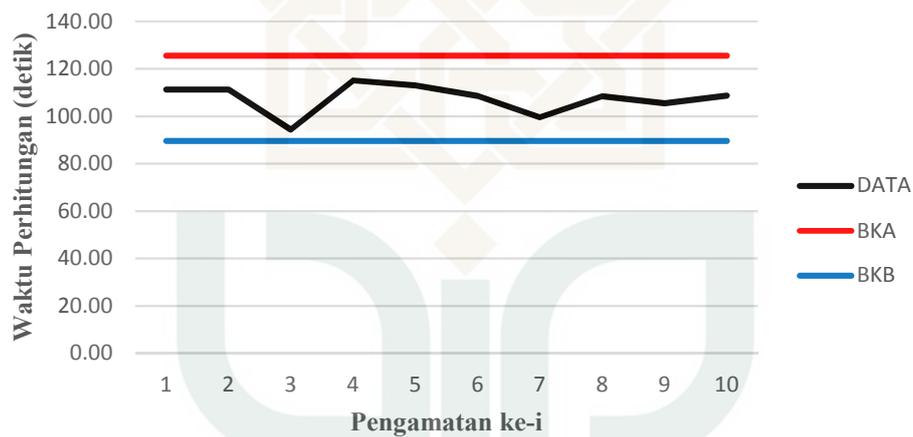




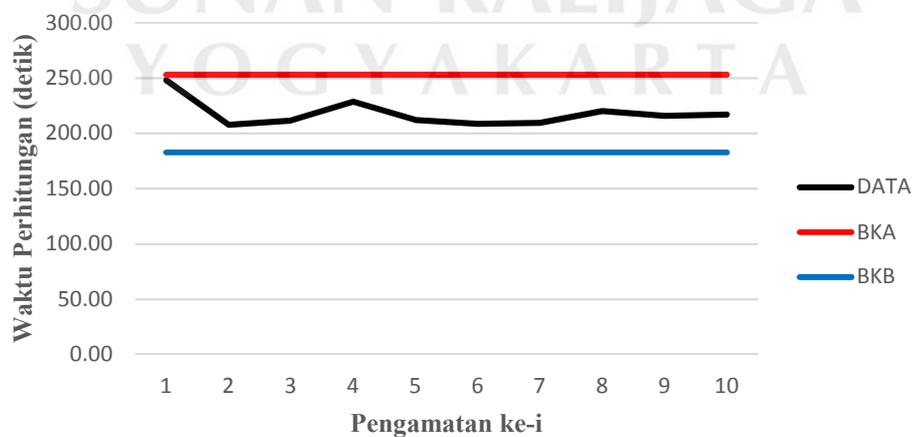
### Elemen Kerja Pengerasan Produk Stasiun Kerja Pengecoran *Pulley* B4 7



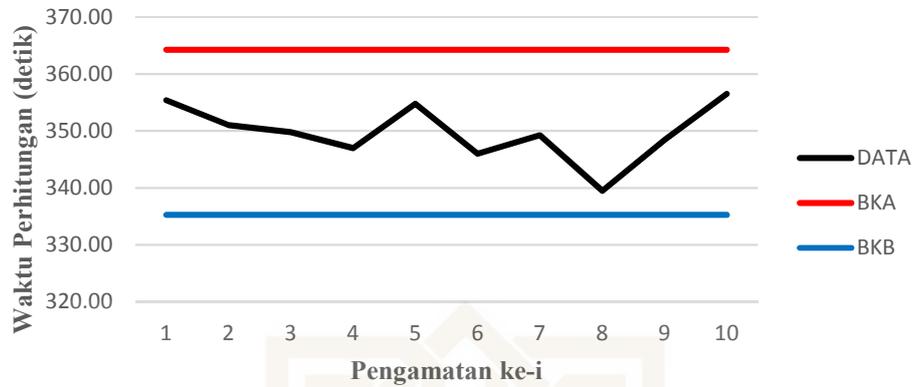
### Elemen Kerja Pangkatan Pasca Cor Stasiun Kerja Pengecoran *Pulley* B4 7



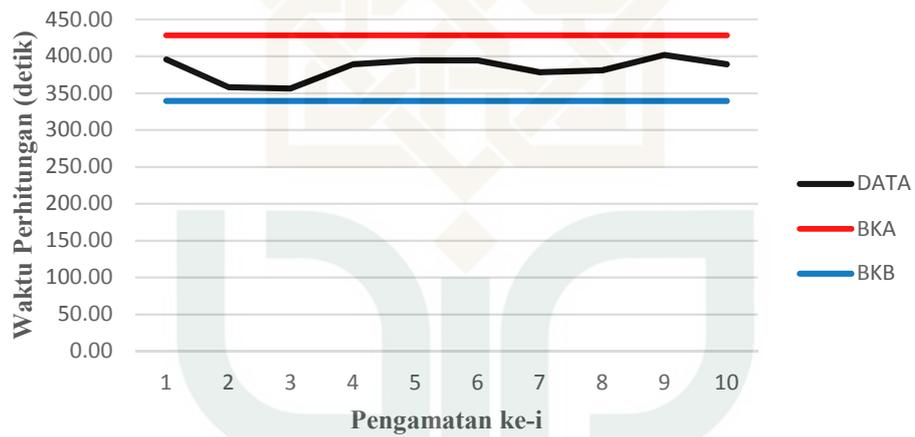
### Elemen Kerja Pembubutan Bagian Depan Stasiun Kerja Pembubutan *Pulley* B4 7



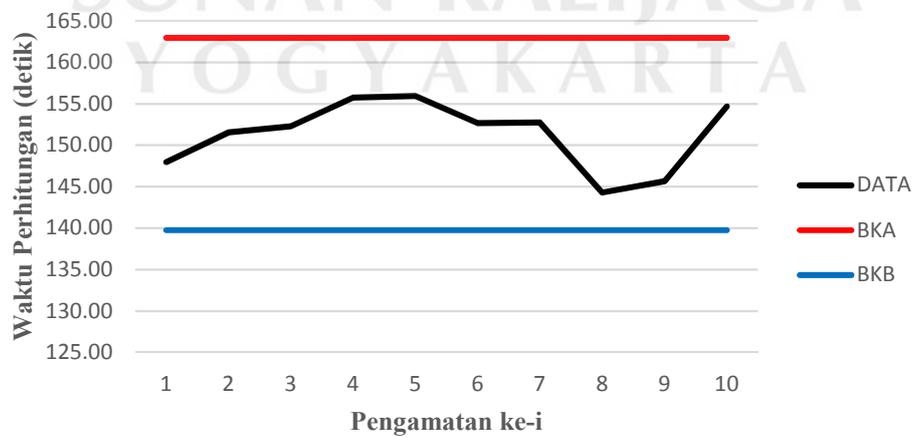
**Elemen Kerja Pembubutan Bantalan *Belt* Stasiun  
Kerja Pembubutan *Pulley* B4 7**



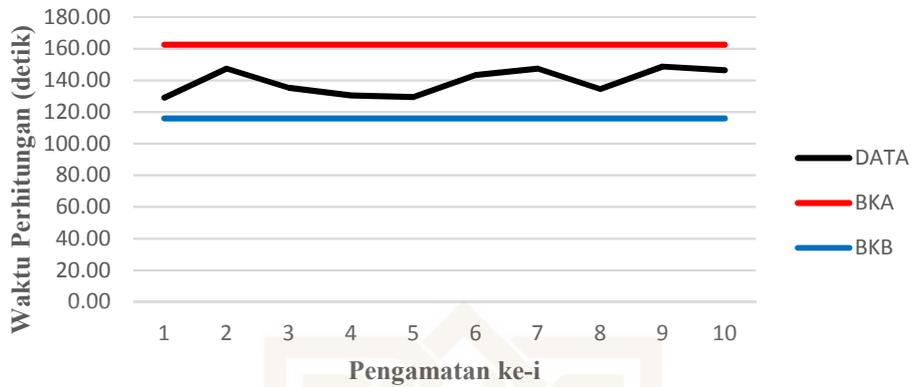
**Elemen Kerja Pembubutan Bagian Belakang Stasiun  
Kerja Pembubutan *Pulley* B4 7**



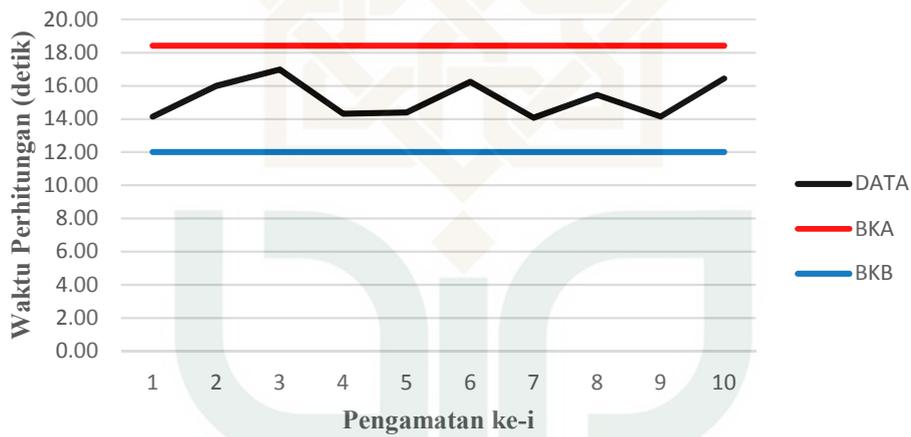
**Elemen Kerja Pemberian Dempul Stasiun Kerja  
Pendempulan *Pulley* B4 7**



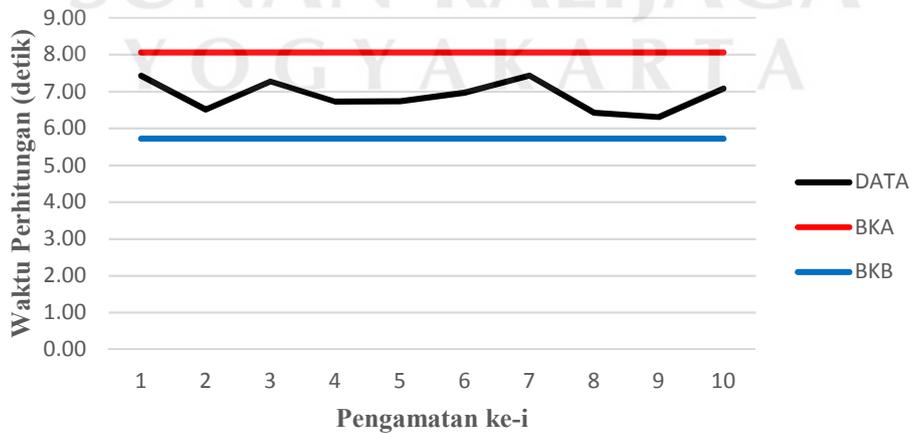
### Elemen Kerja Penghalusan Stasiun Kerja Penghalusan *Pulley* B4 7



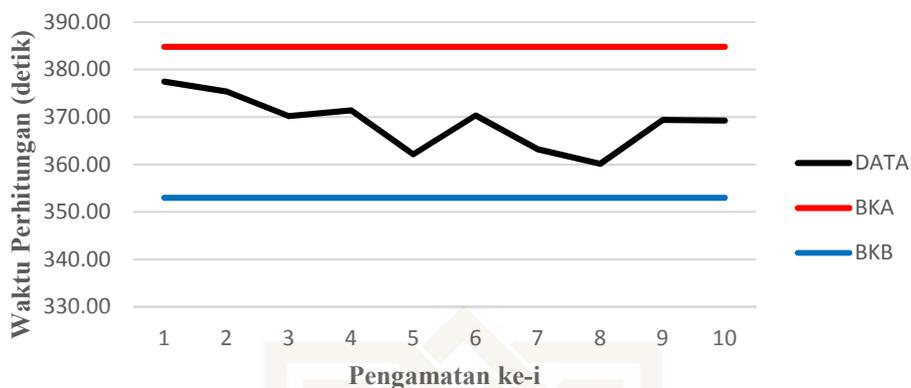
### Elemen Kerja Penyelupan Stasiun Kerja Pengecatan *Pulley* B4 7



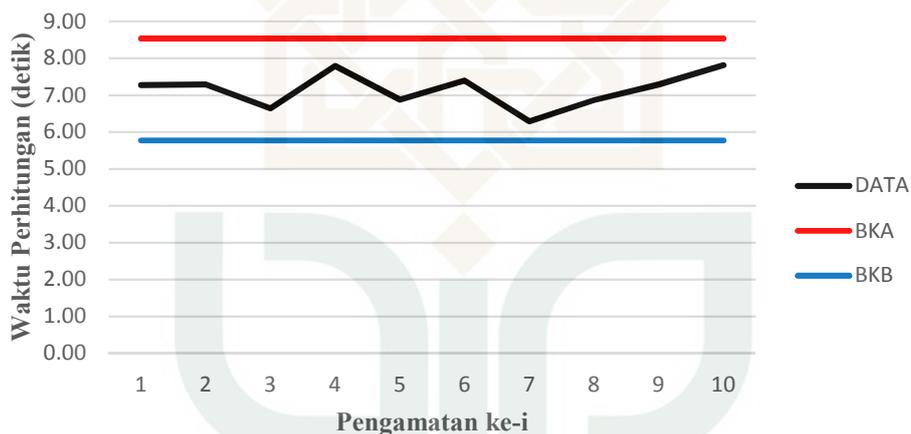
### Elemen Kerja Pengangkatan Pasca Celup Stasiun Kerja Pengecatan *Pulley* B4 7



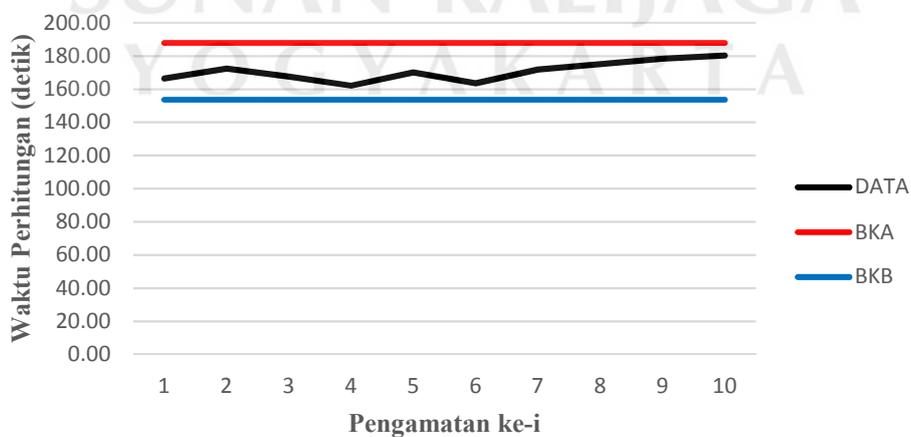
### Elemen Kerja Pengeringan Stasiun Kerja Pengecatan *Pulley B4 7*



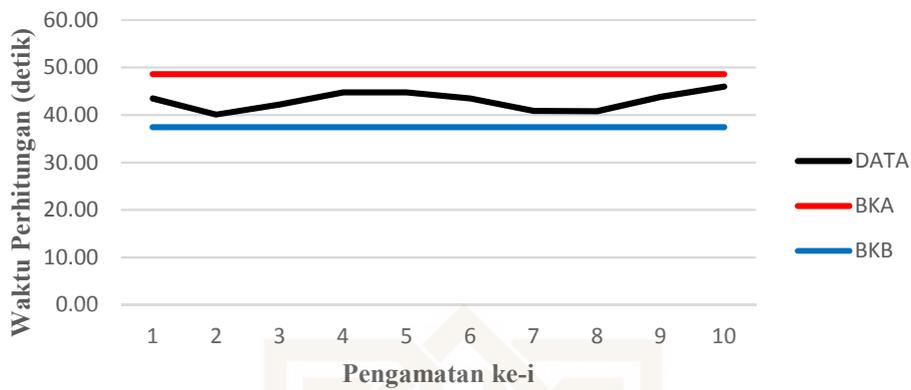
### Elemen Kerja Penyimpanan Stasiun Kerja Penyimpanan *Pulley B4 7*



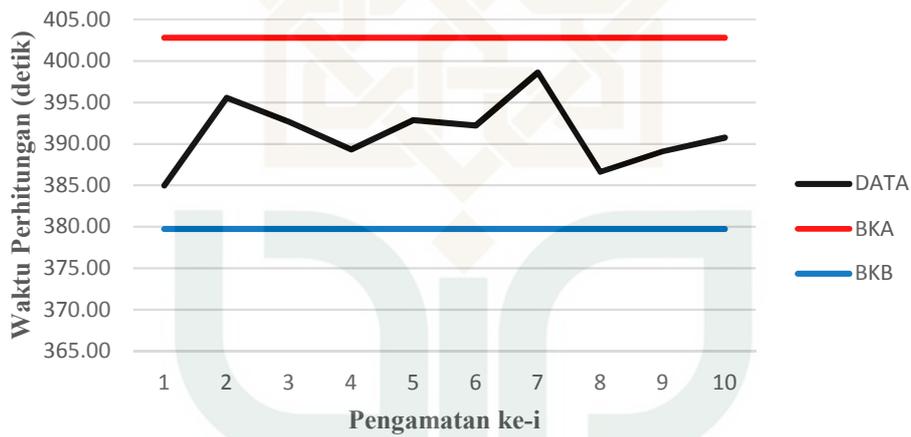
### Elemen Kerja Pemasangan Contoh Pulley Stasiun Kerja Pembuatan Cetakan *Pulley B5 7*



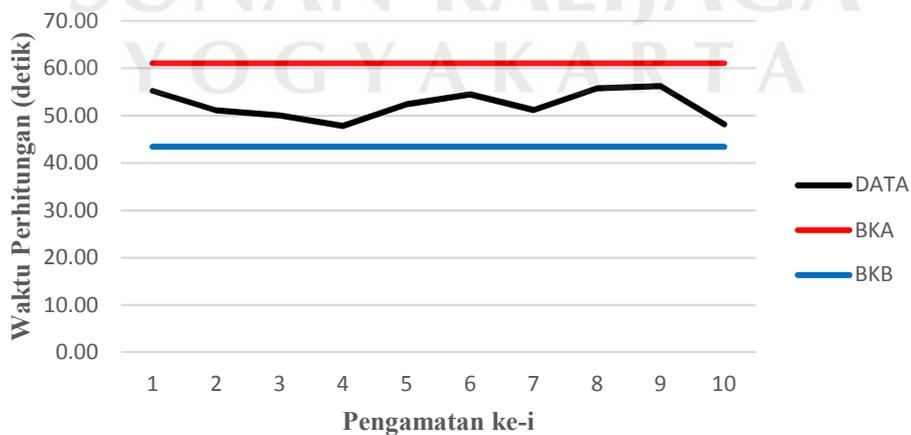
**Elemen Kerja Pemberian Bubuk Pemisah Stasiun  
Kerja Pembuatan Cetakan Pulley B5 7**



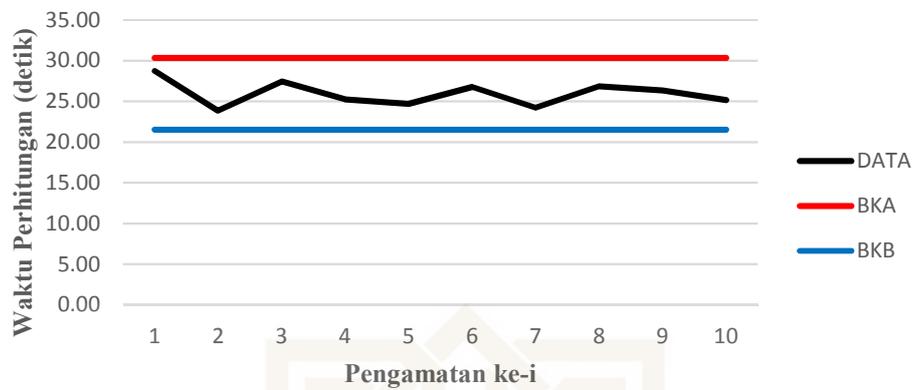
**Elemen Kerja Pemasangan Kotak Cetakan Stasiun  
Kerja Pembuatan Cetakan Pulley B5 7**



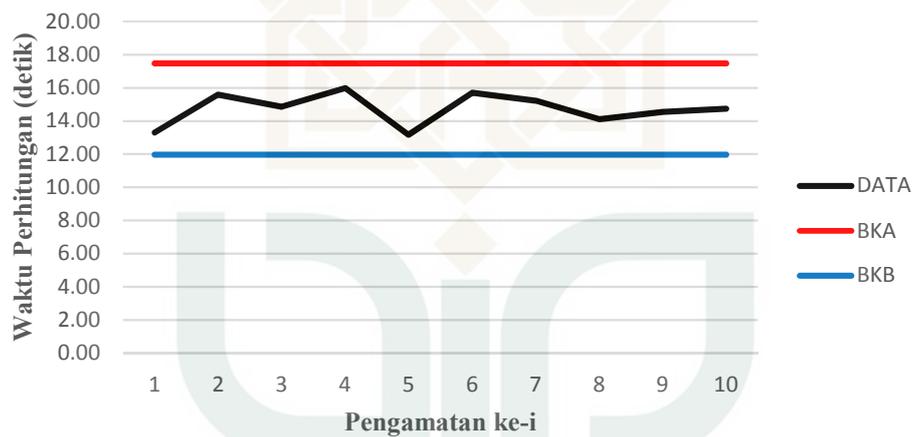
**Elemen Kerja Pemberian Air Stasiun Kerja  
Pembuatan Cetakan Pulley B5 7**



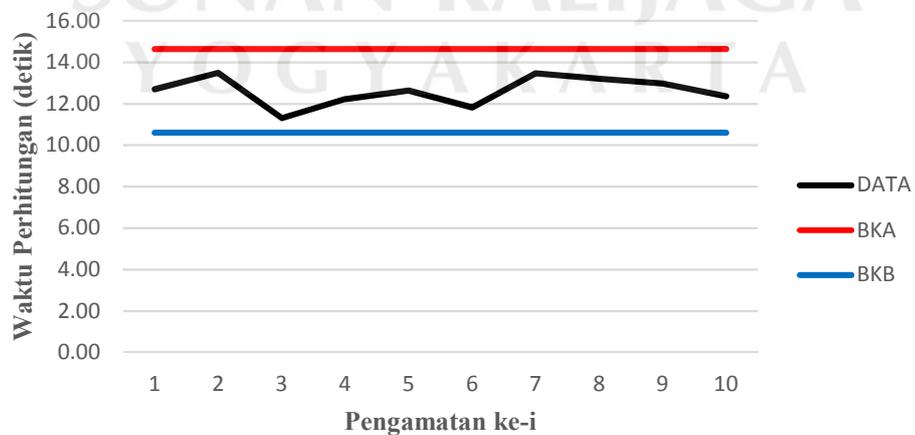
**Elemen Kerja Pelepasan Contoh *Pulley* Stasiun Kerja Pembuatan Cetakan *Pulley* B5 7**



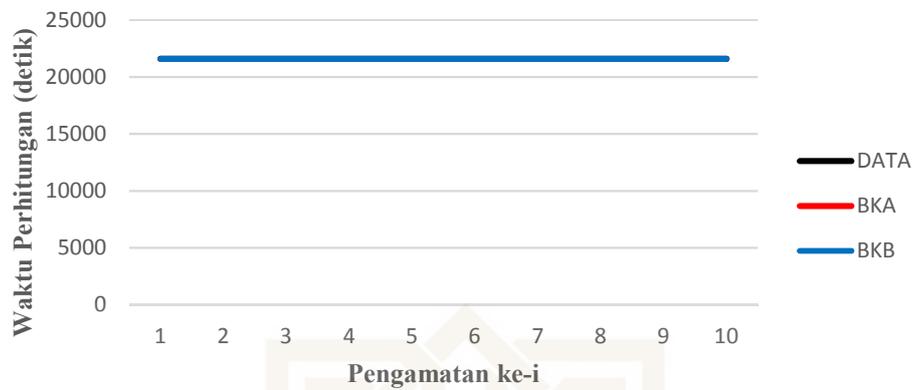
**Elemen Kerja Penuangan Baja Cair Ke Ember Tuang Stasiun Kerja Pengecoran *Pulley* B5 7**



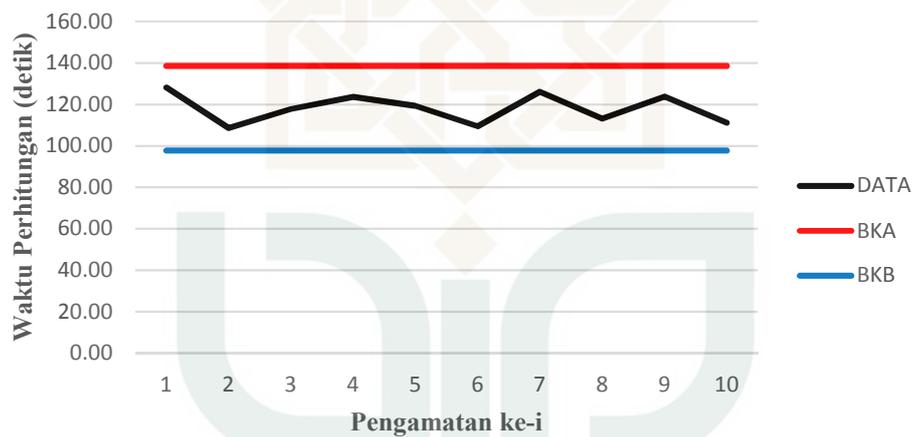
**Elemen Kerja Penuangan Ke Cetakan Stasiun Kerja Pengecoran *Pulley* B5 7**



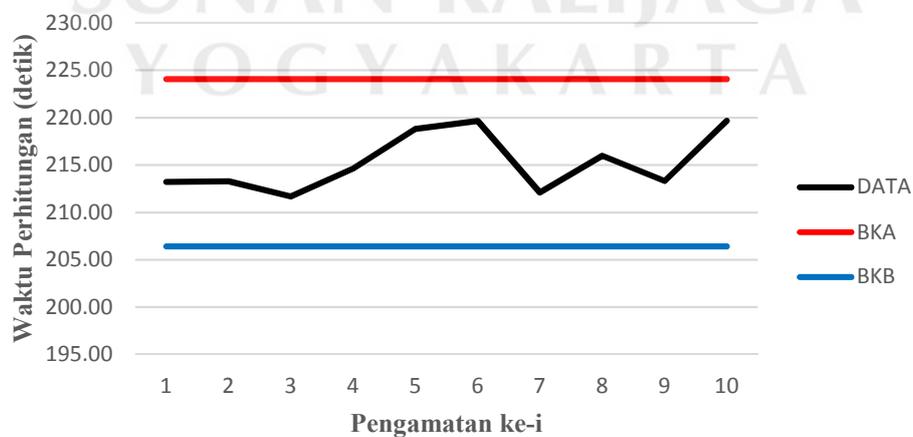
### Elemen Kerja Pengerasan Produk Stasiun Kerja Pengecoran *Pulley B5 7*



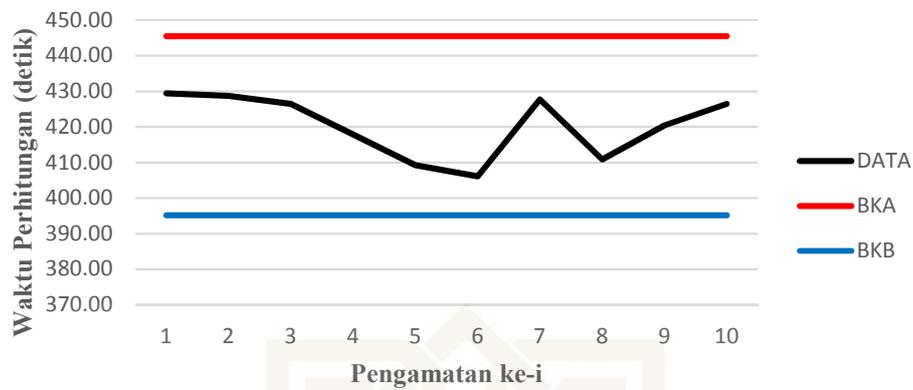
### Elemen Kerja Pengangkatan Pasca Cor Stasiun Kerja Pengecoran *Pulley B5 7*



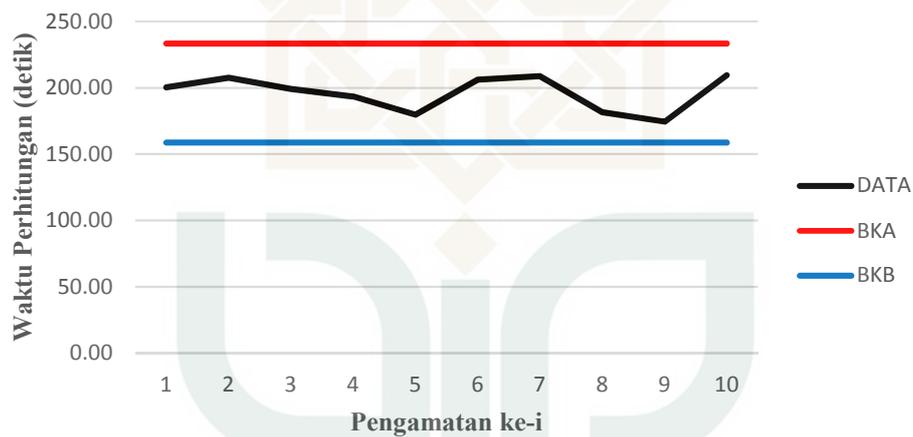
### Elemen Kerja Pembubutan Bagian Depan Stasiun Kerja Pembubutan *Pulley B5 7*



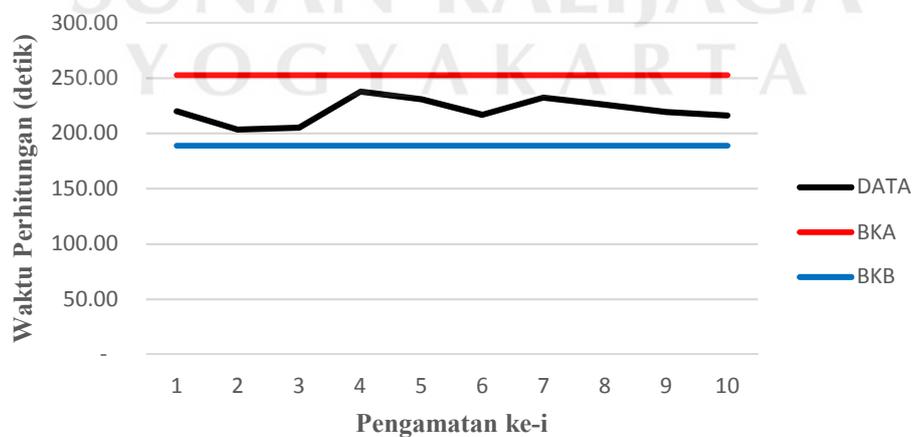
**Elemen Kerja Pembubutan Bantalan *Belt* Stasiun  
Kerja Pembubutan *Pulley* B5 7**

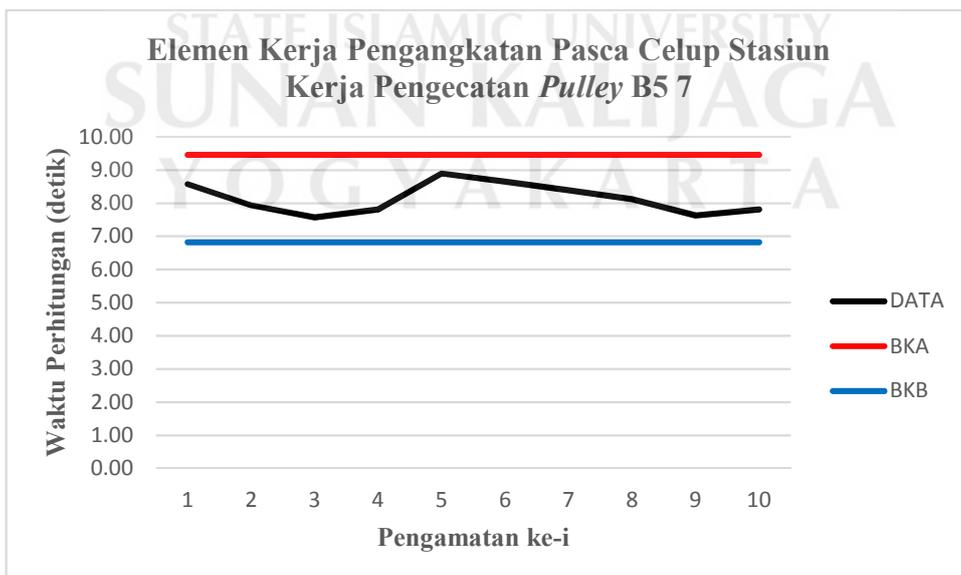
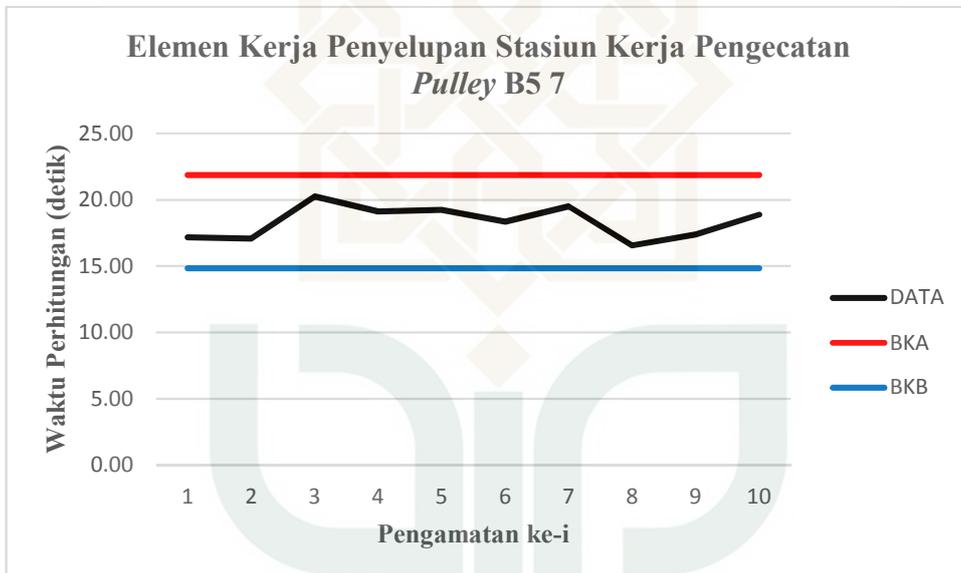
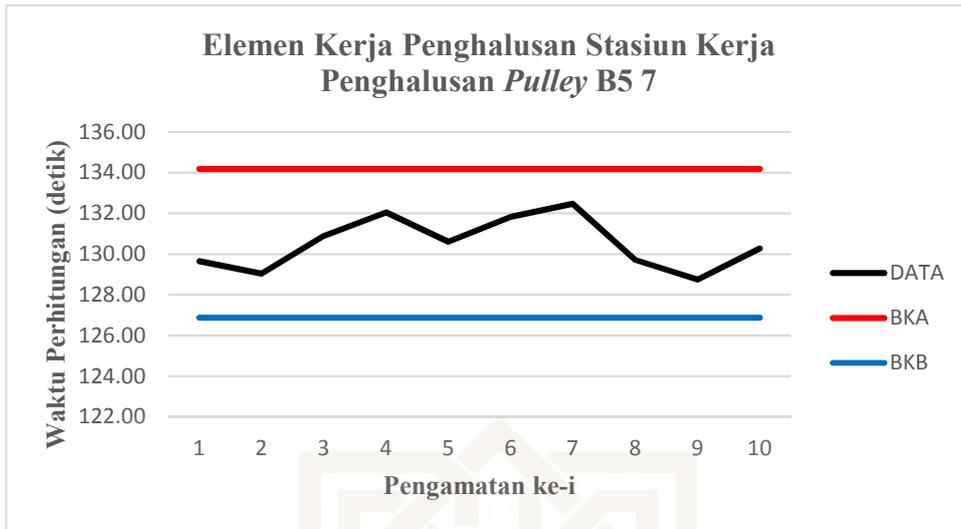


**Elemen Kerja Pembubutan Bagian Belakang Stasiun  
Kerja Pembubutan *Pulley* B5 7**

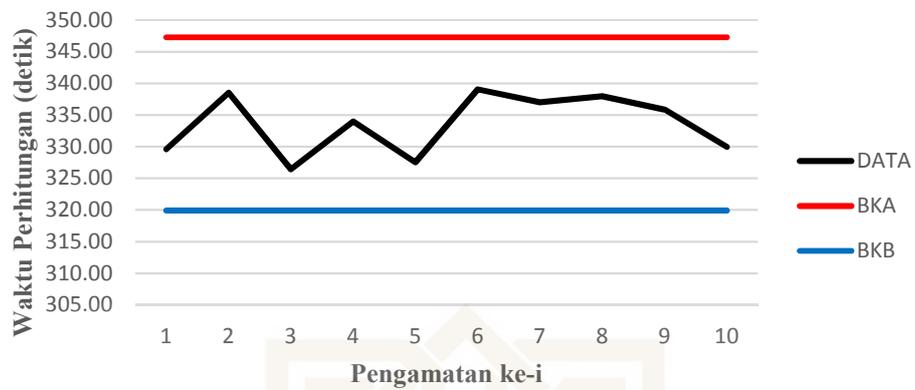


**Elemen Kerja Pemberian Dempul Stasiun Kerja  
Pendempulan *Pulley* B5 7**

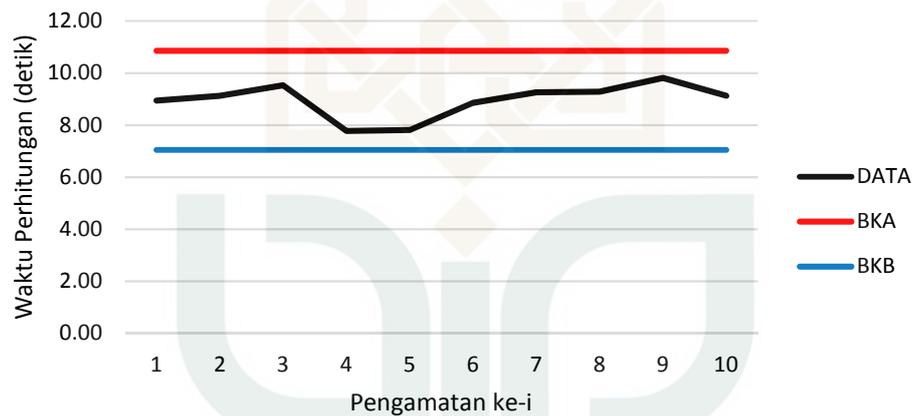




### Elemen Kerja Pengeringan Stasiun Kerja Pengecatan Pulley B5 7



### Elemen Kerja Penyimpanan Stasiun Kerja Penyimpanan Pulley B5 7



## LAMPIRAN 4

### PERHITUNGAN *RATING FACTOR* DAN *ALLOWANCE*

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	<i>Rating Factor</i>								Total
		<i>Skill</i>	<i>Effort</i>	<i>Condi- tion</i>	<i>Consis- tency</i>	<i>Skill</i>	<i>Effort</i>	<i>Condi- tion</i>	<i>Consis- tency</i>	
Pembuatan cetakan	Pemasangan contoh <i>pulley</i>	C1	C1	C	C	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14
	Pemberian bubuk pemisah	B2	C1	C	C	0.08	0.05	0.02	0.01	0.16
	Pemasangan kotak cetakan	C1	C2	C	C	0.06	0.02	0.02	0.01	0.11
	Pemberian air	C1	C2	C	C	0.06	0.02	0.02	0.01	0.11
	Pelepasan contoh <i>pulley</i>	C1	B2	C	C	0.06	0.08	0.02	0.01	0.17
Pengecoran	Penuangan baja cair ke ember tuang	B2	B2	C	B	0.08	0.08	0.02	0.03	0.21
	Penuangan ke cetakan	B2	B2	C	C	0.08	0.08	0.02	0.01	0.19
	Pengerasan produk	D	D	D	D	0	0	0	0	0
	Pengangkatan pasca cor	C2	C2	C	C	0.03	0.02	0.02	0.01	0.08
Pembubutan	Pembubutan bagian depan	B2	B2	C	B	0.08	0.08	0.02	0.03	0.21
	Pembubutan bantalan <i>belt</i>	B2	B2	C	B	0.08	0.08	0.02	0.03	0.21
	Pembubutan bagian belakang	B2	B2	C	B	0.08	0.08	0.02	0.03	0.21
Pendempulan	Pemberian dempul	C1	C2	C	C	0.06	0.02	0.02	0.01	0.11
Penghalusan	Penghalusan	B2	C1	C	C	0.08	0.05	0.02	0.01	0.16
Pengecatan	Penyelupan	B2	C2	C	C	0.08	0.02	0.02	0.01	0.13
	Pengangkatan pasca celup	C1	C2	C	C	0.06	0.02	0.02	0.01	0.11
	Pengeringan	D	D	D	D	0	0	0	0	0
Penyimpanan	Penyimpanan	C1	C1	C	C	0.06	0.05	0.02	0.01	0.14

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	Allowance					
		<i>Personal Allowance (menit)</i>	<i>Fatigue Allowance (menit)</i>	<i>Delay Allowance (menit)</i>	Total	Jam Kerja	Persen
Pembuatan cetakan	Pemasangan contoh <i>pulley</i>	20	30	50	100	480	20.83
	Pemberian bubuk pemisah	20	10	50	80	480	16.67
	Pemasangan kotak cetakan	20	30	50	100	480	20.83
	Pemberian air	20	10	50	80	480	16.67
	Pelepasan contoh <i>pulley</i>	20	30	50	100	480	20.83
Pengecoran	Penuangan baja cair ke ember tuang	30	20	60	110	480	22.92
	Penuangan ke cetakan	30	30	60	120	480	25.00
	Pengerasan produk	0	0	0	0	480	0.00
	Pengangkatan pasca cor	20	25	60	105	480	21.88
Pembubutan	Pembubutan bagian depan	30	30	30	90	480	18.75
	Pembubutan bantalan <i>belt</i>	30	30	30	90	480	18.75
	Pembubutan bagian belakang	30	30	30	90	480	18.75
Pendempulan	Pemberian dempul	20	20	30	70	480	14.58
Penghalusan	Penghalusan	30	30	45	105	480	21.88
Pengecatan	Penyelupan	30	20	60	110	480	22.92
	Pengangkatan pasca celup	30	20	60	110	480	22.92
	Pengeringan	0	0	0	0	480	0.00
Penyimpanan	Penyimpanan	30	30	45	105	480	21.88

LAMPIRAN 5

PERHITUNGAN MAKESPAN MINIMUM TIAP STAGE

Perhitungan *makespan* minimum pada stage 2

1,2	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
1	919.09	22678.98	23819.05	23994.59	24137.76	24492.24	24502.12
2	1931.35	44439.05	45624.23	45850.00	46037.68	46389.31	46403.82

2,3	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
2	1012.26	22772.33	23957.51	24183.28	24370.96	24722.59	24737.10
3	1883.49	44566.15	45983.35	46180.04	46370.97	46772.10	46782.54

2,1	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
2	1012.26	22772.33	23957.51	24183.28	24370.96	24722.59	24737.10
1	1931.35	44532.22	45672.29	45847.83	45991.00	46345.48	46355.36

3,2	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
3	871.23	22665.06	24082.25	24278.94	24469.88	24871.00	24881.44
2	1883.49	44425.12	45610.31	45836.07	46023.75	46375.38	46389.90

1,3	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
1	919.09	22678.98	23819.05	23994.59	24137.76	24492.24	24502.12
3	1790.32	44472.81	45890.00	46086.69	46277.63	46678.75	46689.19

2,4	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
2	1012.26	22772.33	23957.51	24183.28	24370.96	24722.59	24737.10
4	1974.63	44578.76	45817.26	46020.23	46214.04	46586.28	46599.34

3,1	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
3	871.23	22665.06	24082.25	24278.94	24469.88	24871.00	24881.44
1	1790.32	44424.95	45565.02	45740.56	45883.73	46238.21	46248.09

4,2	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
4	962.37	22768.81	24007.30	24210.27	24404.08	24776.32	24789.38
2	1974.63	44528.87	45714.05	45939.82	46127.50	46479.13	46493.64

1,4	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
1	919.09	22678.98	23819.05	23994.59	24137.76	24492.24	24502.12
4	1881.46	44485.42	45723.91	45926.88	46120.70	46492.93	46505.99

3,4	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
3	871.23	22665.06	24082.25	24278.94	24469.88	24871.00	24881.44
4	1833.60	44471.49	45709.99	45912.96	46106.77	46479.00	46492.07

4,1	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
4	962.37	22768.81	24007.30	24210.27	24404.08	24776.32	24789.38
1	1881.46	44528.70	45668.77	45844.30	45987.48	46341.96	46351.84

4,3	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
4	962.37	22768.81	24007.30	24210.27	24404.08	24776.32	24789.38
3	1833.60	44562.63	45979.83	46176.52	46367.45	46768.58	46779.02

Perhitungan *makespan* minimum pada stage 3

1,2,3	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7		2,1,3	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
1	919.09	22678.98	23819.05	23994.59	24137.76	24492.24	24502.12		2	1012.26	22772.33	23957.51	24183.28	24370.96	24722.59	24737.10
2	1931.35	44439.05	45624.23	45850.00	46037.68	46389.31	46403.82		1	1931.35	44532.22	45672.29	45847.83	45991.00	46345.48	46355.36
3	2802.58	66232.87	67650.07	67846.76	68037.69	68438.82	68449.26		3	2802.58	66326.05	67743.24	67939.93	68130.87	68531.99	68542.43
2,3,1	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7		3,2,1	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
2	1012.26	22772.33	23957.51	24183.28	24370.96	24722.59	24737.10		3	871.23	22665.06	24082.25	24278.94	24475.63	24876.76	24887.20
3	1883.49	44566.15	45983.35	46180.04	46370.97	46772.10	46782.54		2	1883.49	44425.12	45610.31	45836.07	46061.84	46413.47	46427.98
1	2802.58	66326.05	67466.12	67641.65	67784.83	68139.31	68149.19		1	2802.58	66185.02	67325.09	67500.62	67643.80	67998.28	68008.16
3,1,2	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7		1,3,2	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
3	871.23	22665.06	24082.25	24278.94	24469.88	24871.00	24881.44		1	919.09	22678.98	23819.05	23994.59	24137.76	24492.24	24502.12
1	1790.32	44424.95	45565.02	45740.56	45883.73	46238.21	46248.09		3	1790.32	44472.81	45890.00	46086.69	46277.63	46678.75	46689.19
2	1012.26	66185.02	67370.20	67595.97	67783.65	68135.28	68149.79		2	2802.58	66232.87	67418.06	67643.82	67831.50	68183.13	68197.65
1,2,4	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7		2,1,4	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
1	919.09	22678.98	23819.05	23994.59	24137.76	24492.24	24502.12		2	1012.26	22772.33	23957.51	24183.28	24370.96	24722.59	24737.10
2	1931.35	44439.05	45624.23	45850.00	46037.68	46389.31	46403.82		1	1931.35	44532.22	45672.29	45847.83	45991.00	46345.48	46355.36
4	2893.72	66245.49	67483.98	67686.95	67880.77	68253.00	68266.06		4	2893.72	66338.66	67577.15	67780.12	67973.94	68346.17	68359.23
2,4,1	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7		4,2,1	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
2	1012.26	22772.33	23957.51	24183.28	24370.96	24722.59	24737.10		4	962.37	22768.81	24007.30	24210.27	24404.08	24776.32	24789.38
4	1974.63	44578.76	45817.26	46020.23	46214.04	46586.28	46599.34		2	1974.63	44528.87	45714.05	45939.82	46127.50	46479.13	46493.64
1	2893.72	66338.66	67478.73	67654.26	67797.44	68151.92	68161.80		1	2893.72	66288.77	67428.84	67604.37	67747.55	68102.03	68111.91
4,1,2	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7		1,4,2	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
4	962.37	22768.81	24007.30	24210.27	24404.08	24776.32	24789.38		1	919.09	22678.98	23819.05	23994.59	24137.76	24492.24	24502.12
1	1881.46	44528.70	45668.77	45844.30	45987.48	46341.96	46351.84		4	1881.46	44485.42	45723.91	45926.88	46120.70	46492.93	46505.99
2	2893.72	66288.77	67473.95	67699.72	67887.40	68239.02	68253.54		2	2893.72	66245.49	67430.67	67656.44	67844.12	68195.74	68210.26

1,3,4	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7		3,1,4	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
1	919.09	22678.98	23819.05	23994.59	24137.76	24492.24	24502.12		3	871.23	22665.06	24082.25	24278.94	24469.88	24871.00	24881.44
3	1790.32	44472.81	45890.00	46086.69	46277.63	46678.75	46689.19		1	1790.32	44424.95	45565.02	45740.56	45883.73	46238.21	46248.09
4	2752.69	66279.24	67517.74	67720.71	67914.52	68286.75	68299.82		4	2752.69	66231.39	67469.88	67672.85	67866.67	68238.90	68251.96

3,4,1	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7		4,3,1	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
3	871.23	22665.06	24082.25	24278.94	24469.88	24871.00	24881.44		4	962.37	22768.81	24007.30	24210.27	24404.08	24776.32	24789.38
4	1833.60	44471.49	45709.99	45912.96	46106.77	46479.00	46492.07		3	1833.60	44562.63	45979.83	46176.52	46367.45	46768.58	46779.02
1	2752.69	66231.39	67371.46	67546.99	67690.17	68044.65	68054.53		1	2752.69	66322.52	67462.60	67638.13	67781.30	68135.78	68145.66

4,1,3	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7		1,4,3	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
4	962.37	22768.81	24007.30	24210.27	24404.08	24776.32	24789.38		1	919.09	22678.98	23819.05	23994.59	24137.76	24492.24	24502.12
1	1881.46	44528.70	45668.77	45844.30	45987.48	46341.96	46351.84		4	1881.46	44485.42	45723.91	45926.88	46120.70	46492.93	46505.99
3	2752.69	66322.52	67739.72	67936.41	68127.34	68528.47	68538.91		3	2752.69	66279.24	67696.44	67893.13	68084.06	68485.19	68495.63

2,3,4	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7		3,2,4	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
2	1012.26	22772.33	23957.51	24183.28	24370.96	24722.59	24737.10		3	871.23	22665.06	24082.25	24278.94	24469.88	24871.00	24881.44
3	1883.49	44566.15	45983.35	46180.04	46370.97	46772.10	46782.54		2	1883.49	44425.12	45610.31	45836.07	46023.75	46375.38	46389.90
4	2845.86	66372.59	67611.08	67814.05	68007.87	68380.10	68393.16		4	2845.86	66231.56	67470.05	67673.02	67866.84	68239.07	68252.13

3,4,2	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7		4,3,2	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
3	871.23	22665.06	24082.25	24278.94	24469.88	24871.00	24881.44		4	962.37	22768.81	24007.30	24210.27	24404.08	24776.32	24789.38
4	1833.60	44471.49	45709.99	45912.96	46106.77	46479.00	46492.07		3	1833.60	44562.63	45979.83	46176.52	46367.45	46768.58	46779.02
2	2845.86	66231.56	67416.74	67642.51	67830.19	68181.82	68196.33		2	2845.86	66322.70	67507.88	67733.65	67921.33	68272.96	68287.47

4,2,3	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7		2,4,3	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
4	962.37	22768.81	24007.30	24210.27	24404.08	24776.32	24789.38		2	1012.26	22772.33	23957.51	24183.28	24370.96	24722.59	24737.10
2	1974.63	44528.87	45714.05	45939.82	46127.50	46479.13	46493.64		4	1974.63	44578.76	45817.26	46020.23	46214.04	46586.28	46599.34
3	2845.86	66322.70	67739.89	67936.58	68127.52	68528.64	68539.08		3	2845.86	66372.59	67789.79	67986.47	68177.41	68578.54	68588.98

UNIVERSITAS KALIJAGA  
YOGYAKARTA

Perhitungan *makespan* minimum pada stage 4

1,2,3,4	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7		1,3,2,4	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
1	919.09	22678.98	23819.05	23994.59	24137.76	24492.24	24502.12		1	919.09	22678.98	23819.05	23994.59	24137.76	24492.24	24502.12
2	1931.35	44439.05	45624.23	45850.00	46037.68	46389.31	46403.82		3	1790.32	44472.81	45890.00	46086.69	46277.63	46678.75	46689.19
3	2802.58	66232.87	67650.07	67846.76	68037.69	68438.82	68449.26		2	2802.58	66232.87	67418.06	67643.82	67831.50	68183.13	68197.65
4	3764.95	88039.31	89277.80	89480.77	89674.59	90046.82	90059.88		4	3764.95	88039.31	89277.80	89480.77	89674.59	90046.82	90059.88
2,1,3,4	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7		2,3,1,4	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
2	1012.26	22772.33	23957.51	24183.28	24370.96	24722.59	24737.10		2	1012.26	22772.33	23957.51	24183.28	24370.96	24722.59	24737.10
1	1931.35	44532.22	45672.29	45847.83	45991.00	46345.48	46355.36		3	1883.49	44566.15	45983.35	46180.04	46370.97	46772.10	46782.54
3	2802.58	66326.05	67743.24	67939.93	68130.87	68531.99	68542.43		1	2802.58	66326.05	67466.12	67641.65	67784.83	68139.31	68149.19
4	3764.95	88132.48	89370.98	89573.95	89767.76	90139.99	90153.06		4	3764.95	88132.48	89370.98	89573.95	89767.76	90139.99	90153.06
3,1,2,4	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7		3,2,1,4	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
3	871.23	22665.06	24082.25	24278.94	24469.88	24871.00	24881.44		3	871.23	22665.06	24082.25	24278.94	24469.88	24871.00	24881.44
1	1790.32	44424.95	45565.02	45740.56	45883.73	46238.21	46248.09		2	1883.49	44425.12	45610.31	45836.07	46023.75	46375.38	46389.90
2	2802.58	66185.02	67370.20	67595.97	67783.65	68135.28	68149.79		1	2802.58	66185.02	67325.09	67500.62	67643.80	67998.28	68008.16
4	3764.95	87991.45	89229.95	89432.92	89626.73	89998.96	90012.03		4	3764.95	87991.45	89229.95	89432.92	89626.73	89998.96	90012.03

2,3,4,1	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
2	1012.26	22772.33	23957.51	24183.28	24370.96	24722.59	24737.10
3	1883.49	44566.15	45983.35	46180.04	46370.97	46772.10	46782.54
4	2845.86	66372.59	67611.08	67814.05	68007.87	68380.10	68393.16
1	3764.95	88132.48	89272.55	89448.09	89591.26	89945.74	89955.62

2,4,3,1	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
2	1012.26	22772.33	23957.51	24183.28	24370.96	24722.59	24737.10
4	1974.63	44578.76	45817.26	46020.23	46214.04	46586.28	46599.34
3	2845.86	66372.59	67789.79	67986.47	68177.41	68578.54	68588.98
1	3764.95	88132.48	89272.55	89448.09	89591.26	89945.74	89955.62

3,2,4,1	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
3	871.23	22665.06	24082.25	24278.94	24469.88	24871.00	24881.44
2	1883.49	44425.12	45610.31	45836.07	46023.75	46375.38	46389.90
4	2845.86	66231.56	67470.05	67673.02	67866.84	68239.07	68252.13
1	3764.95	87991.45	89131.53	89307.06	89450.23	89804.71	89814.59

3,4,2,1	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
3	871.23	22665.06	24082.25	24278.94	24469.88	24871.00	24881.44
4	1833.60	44471.49	45709.99	45912.96	46106.77	46479.00	46492.07
2	2845.86	66231.56	67416.74	67642.51	67830.19	68181.82	68196.33
1	3764.95	87991.45	89131.53	89307.06	89450.23	89804.71	89814.59

4,3,2,1	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
4	962.37	22768.81	24007.30	24210.27	24404.08	24776.32	24789.38
3	1833.60	44562.63	45979.83	46176.52	46367.45	46768.58	46779.02
2	2845.86	66322.70	67507.88	67733.65	67921.33	68272.96	68287.47
1	3764.95	88082.59	89222.66	89398.20	89541.37	89895.85	89905.73

4,2,3,1	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
4	962.37	22768.81	24007.30	24210.27	24404.08	24776.32	24789.38
2	1974.63	44528.87	45714.05	45939.82	46127.50	46479.13	46493.64
3	2845.86	66322.70	67739.89	67936.58	68127.52	68528.64	68539.08
1	3764.95	88082.59	89222.66	89398.20	89541.37	89895.85	89905.73

3,4,1,2	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
3	871.23	22665.06	24082.25	24278.94	24469.88	24871.00	24881.44
4	1833.60	44471.49	45709.99	45912.96	46106.77	46479.00	46492.07
1	2752.69	66231.39	67371.46	67546.99	67690.17	68044.65	68054.53
2	3764.95	87991.45	89176.64	89402.40	89590.08	89941.71	89956.23

3,1,4,2	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
3	871.23	22665.06	24082.25	24278.94	24469.88	24871.00	24881.44
1	1790.32	44424.95	45565.02	45740.56	45883.73	46238.21	46248.09
4	2752.69	66231.39	67469.88	67672.85	67866.67	68238.90	68251.96
2	3764.95	87991.45	89176.64	89402.40	89590.08	89941.71	89956.23

4,3,1,2	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
4	962.37	22768.81	24007.30	24210.27	24404.08	24776.32	24789.38
3	1833.60	44562.63	45979.83	46176.52	46367.45	46768.58	46779.02
1	2752.69	66322.52	67462.60	67638.13	67781.30	68135.78	68145.66
2	3764.95	88082.59	89267.77	89493.54	89681.22	90032.85	90047.36

4,1,3,2	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
4	962.37	22768.81	24007.30	24210.27	24404.08	24776.32	24789.38
1	1881.46	44528.70	45668.77	45844.30	45987.48	46341.96	46351.84
3	2752.69	66322.52	67739.72	67936.41	68127.34	68528.47	68538.91
2	3764.95	88082.59	89267.77	89493.54	89681.22	90032.85	90047.36

1,3,4,2	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
1	919.09	22678.98	23819.05	23994.59	24137.76	24492.24	24502.12
3	1790.32	44472.81	45890.00	46086.69	46277.63	46678.75	46689.19
4	2752.69	66279.24	67517.74	67720.71	67914.52	68286.75	68299.82
2	3764.95	88039.31	89224.49	89450.26	89637.94	89989.57	90004.08

1,4,3,2	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
1	919.09	22678.98	23819.05	23994.59	24137.76	24492.24	24502.12
4	1881.46	44485.42	45723.91	45926.88	46120.70	46492.93	46505.99
3	2752.69	66279.24	67696.44	67893.13	68084.06	68485.19	68495.63
2	3764.95	88039.31	89224.49	89450.26	89637.94	89989.57	90004.08

4,1,2,3	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
4	962.37	22768.81	24007.30	24210.27	24404.08	24776.32	24789.38
1	1881.46	44528.70	45668.77	45844.30	45987.48	46341.96	46351.84
2	2893.72	66288.77	67473.95	67699.72	67887.40	68239.02	68253.54
3	3764.95	88082.59	89499.79	89696.48	89887.41	90288.54	90298.98

1,4,2,3	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
1	919.09	22678.98	23819.05	23994.59	24137.76	24492.24	24502.12
4	1881.46	44485.42	45723.91	45926.88	46120.70	46492.93	46505.99
2	2893.72	66245.49	67430.67	67656.44	67844.12	68195.74	68210.26
3	3764.95	88039.31	89456.51	89653.20	89844.13	90245.26	90255.70

2,1,4,3	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
2	1012.26	22772.33	23957.51	24183.28	24370.96	24722.59	24737.10
1	1931.35	44532.22	45672.29	45847.83	45991.00	46345.48	46355.36
4	2893.72	66338.66	67577.15	67780.12	67973.94	68346.17	68359.23
3	3764.95	88132.48	89549.68	89746.37	89937.30	90338.43	90348.87

4,2,1,3	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
4	962.37	22768.81	24007.30	24210.27	24404.08	24776.32	24789.38
2	1974.63	44528.87	45714.05	45939.82	46127.50	46479.13	46493.64
1	2893.72	66288.77	67428.84	67604.37	67747.55	68102.03	68111.91
3	3764.95	88082.59	89499.79	89696.48	89887.41	90288.54	90298.98

1,2,4,3	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
1	919.09	22678.98	23819.05	23994.59	24137.76	24492.24	24502.12
2	1931.35	44439.05	45624.23	45850.00	46037.68	46389.31	46403.82
4	2893.72	66245.49	67483.98	67686.95	67880.77	68253.00	68266.06
3	3764.95	88039.31	89456.51	89653.20	89844.13	90245.26	90255.70

2,4,1,3	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	WC 6	WC 7
2	1012.26	22772.33	23957.51	24183.28	24370.96	24722.59	24737.10
4	1974.63	44578.76	45817.26	46020.23	46214.04	46586.28	46599.34
1	2893.72	66338.66	67478.73	67654.26	67797.44	68151.92	68161.80
3	3764.95	88132.48	89549.68	89746.37	89937.30	90338.43	90348.87



# CURRICULUM VITAE

## A. Biodata Pribadi

Nama Lengkap : Bustaman Jindar  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Tempat, Tanggal Lahir : Yogyakarta, 1 Juni 1993  
Alamat Asal : Gambiran UH5/348, RT 43/RW  
11, Pandeyan, Umbulharjo,  
Yogyakarta 55161  
Alamat Tinggal : Gambiran UH5/348, RT 43/RW  
11, Pandeyan, Umbulharjo,  
Yogyakarta 55161  
Email : jindarbustaman@gmail.com  
No. HP :



## B. Latar Belakang Pendidikan Formal

Jenjang	Sekolah	Tahun
TK	TK Tunas Melati Yogyakarta	1998-1999
SD	SD Muhammadiyah Sokonandi Yogyakarta	1999-2005
SMP	SMP Muhammadiyah 7 Kotagede	2005-2008
SMA	Sekolah Menengah Teknologi Industri Yogyakarta	2008-2011
S1	Program Studi Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta	2013-2018

## C. Pengalaman Organisasi

2014-2015 : Ketua Study Club Industrial Student Workshop (ISWORK)  
2015-2017 : Ketua Himpunan Mahasiswa Teknik Industri UIN Sunan Kalijaga

## D. Pengalaman Pekerjaan

Desember 2011 – Mei 2012 : Quality Control di PT. Salim Ivomas Pratama  
Jakarta  
Mei 2012 – Juli 2013 : Assistant Laboratory di PT. Intertek Utama  
Services Jakarta