

## **TUGAS AKHIR**

# **IDENTIFIKASI PARAMETER PENYEIMBANGAN ULANG LINI PERAKITAN DALAM WAKTU PROSES DINAMIS**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1  
Teknik Industri**



**Oleh**

**Nama : Dyah Wahyuningtyas**

**No. Mahasiswa : 07 522 101**

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2011**

## PENGAKUAN

Demi Allah, Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika kemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.



Yogyakarta, 15 Oktober 2011

Dyah Wahyuningtyas



07.522.101

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**

**IDENTIFIKASI PARAMETER PENYEIMBANGAN ULANG LINI  
PERAKITAN DALAM WAKTU PROSES DINAMIS**



Pembimbing

(Muhammad Ridwan Andi Purnomo, ST., M.Sc., Ph.D)

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**

**IDENTIFIKASI PARAMETER PENYEIMBANGAN ULANG LINI  
PERAKITAN DALAM WAKTU PROSES DINAMIS**

**TUGAS AKHIR**

Oleh:

Nama : Dyah Wahyuningtyas  
No. Mahasiswa : 07.522.101

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat Untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Industri  
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia  
Yogyakarta, Oktober 2011

Tim Penguji

Muhammad Ridwan Andi Purnomo, ST., M.Sc., Ph.D  
Ketua

Prof. Dr. Ir. R. Chairul Saleh, M. Sc  
Anggota I

Yuli Agusti Rochman, ST., M. Eng.  
Anggota II

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Industri  
Universitas Islam Indonesia

Drs.H.M.Ibnu Mastur, MSIE.

11/11/2011

## **PERSEMBAHAN**

Dengan penuh cinta dan keikhlasan kupersembahkan karya ini untuk keluargaku yang memberikan perhatian serta kasihsayangnya selama ini. Teruntuk Ibu dan Almarhum Bapak, serta Nenek-ku terimakasih atas untaian do'a, nasehat, kasih sayang, dan semangat yang diberikan. Sungguh aku mencintai kalian karena Allah.

Jazakumullah Khoiron katsiron



## **MOTTO**

“Maka nikmat Tuhan-mu yang manakah yang kamu dustakan”

QS : Ar-Rahman (55) : 13

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya pada Tuhan-mulah engkau berharap”

QS : Al-Insyirah (94) : 6-8

“Dan Allah melihat kamu belum menemukan jalan, mendekat kepada Allah, kemudian Allah menunjukkannya”

QS : Ad-Dhuhaa (93) : 7

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, dan syukur Alhamdulillah atas segala rahmat dan anugerah-Nya yang telah memberi ilmu, kekuatan dan kesempatan sehingga Tugas Akhir dengan Judul "*Identifikasi Parameter Penyeimbangan Ulang Lini Perakitan Dalam Waktu Proses Dinamis*" ini dapat terselesaikan.

Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjan Strata-1 Program Studi Teknik Indutri pada Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Keberhasilan terselesaikannya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu dengan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada :

1. Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Drs. H.M. Ibnu Mastur selaku Ketua Prodi Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Muhammad Ridwan Andi Purnomo, ST., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bantuan dan arahnya dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Ibu, Bapak dan Nenek atas segala doa, semangat, bantuan, dan kasih sayang yang tiada hentinya.
5. Semua pihak yang telah mendukung terselesainya Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat khususnya di dunia ilmu pengetahuan bagi semua pihak.

*Wassalamu 'alaikum Wr. Wb*

Yogyakarta, 15 Oktober 2011

Penulis

## ABSTRAK

*Adanya dinamika waktu proses disetiap elemen kerja pada penyeimbangan lini perakitan dapat mengakibatkan rebalancing pada keseimbangan awal dan dapat juga tidak mengakibatkan rebalancing. Sehingga untuk mengetahui kapan sebuah dinamika waktu proses dapat mengakibatkan rebalancing maka di perlukan adanya parameter-parameter yang akan dijadikan tolak ukur. Pada penelitian ini akan dilakukan identifikasi parameter yang dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan rebalancing sebuah lini perakitan dalam waktu proses yang dinamis. Secara garis besar identifikasi parameter berfokus pada stasiun kerja yang mempunyai total waktu proses terbesar dan stasiun kerja yang tidak mempunyai total waktu proses terbesar. Identifikasi parameter akan dilihat dari dua sudut pandang berbeda yaitu identifikasi parameter pada stasiun kerja yang mempunyai total waktu proses terbesar dan stasiun kerja yang tidak mempunyai total waktu proses terbesar dengan waktu siklus merupakan waktu proses terbesar yang berada disuatu stasiun kerja. Kedua adalah identifikasi parameter pada stasiun kerja yang mempunyai total waktu proses terbesar dan stasiun kerja yang tidak mempunyai total waktu proses terbesar dengan waktu siklus merupakan batasan pemenuhan demand. Dari hasil pengolahan data diperoleh 8 identifikasi parameter pada kondisi yang berbeda. Hasil dari penelitian ini adalah parameter yang diidentifikasi dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan rebalancing sebuah lini perakitan dalam waktu proses dinamis.*

*Kata kunci: identifikasi parameter, dinamika waktu proses, rebalancing.*



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGAKUAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING</b> .....	iii
<b>HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	v
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>ABSTRAK</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1 Kajian Deduktif.....	6
2.1.1 Lini Perakitan.....	6
2.1.2 Istilah dalam Lini Perakitan.....	8
2.1.3 Kriteria Performansi Lini Perakitan.....	9
2.1.4 <i>Line Balancing</i> .....	11
2.1.5 Metode Penyeimbangan Lini Perakitan.....	12
2.2 Kajian Induktif.....	13
2.3 Ringkasan.....	15

<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>16</b>
3.1 Lokasi dan Objek Penelitian.....	16
3.2 Studi Kasus yang Digunakan sebagai Model Dalam Identifikasi Parameter.....	16
3.2.1 Waktu siklus yang Digunakan.....	17
3.2.2 Notasi.....	17
3.2.3 Identifikasi Parameter.....	18
3.3 Data yang Diperlukan.....	24
3.4 Alat yang Digunakan.....	24
<b>BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....</b>	<b>26</b>
4.1 Pengumpulan Data.....	26
4.1.1 Studi Kasus.....	26
4.1.2 Keseimbangan Awal.....	30
4.2 Pengolahan Data.....	38
4.2.1 Keseimbangan Akhir.....	38
<b>BAB V PEMBAHASAN.....</b>	<b>47</b>
5.1 Identifikasi Parameter pada Lini Perakitan Satu Sisi.....	47
5.2 Identifikasi Parameter Tidak Memperhatikan Peralatan yang Digunakan.....	48
5.3 Identifikasi Parameter Berdasarkan Dinamika Waktu Proses pada Elemen Kerja.....	48
5.4 Identifikasi Parameter Berdasarkan Cara Penentuan $CT_{var}$ dan $CT_{fix}$ .....	49
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>51</b>
6.1 Kesimpulan.....	51
6.2 Saran.....	51

## DAFTAR PUSTAKA

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Awal Studi Kasus 1.....	31
Tabel 4.2	Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Akhir Studi Kasus 1 Jika $CT = CT_{var}$ .....	38
Tabel 4.3	Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Akhir Studi Kasus 1 Jika $CT = CT_{fix}$ .....	39
Tabel 4.4	Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Awal Studi Kasus 2.....	32
Tabel 4.5	Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Akhir Studi Kasus 2 Jika $CT = CT_{var}$ .....	40
Tabel 4.6	Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Akhir Studi Kasus 2 Jika $CT = CT_{fix}$ .....	40
Tabel 4.7	Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Awal Studi Kasus 3.....	33
Tabel 4.8	Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Akhir Studi Kasus 3 Jika $CT = CT_{var}$ .....	41
Tabel 4.9	Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Akhir Studi Kasus 3 Jika $CT = CT_{fix}$ .....	42
Tabel 4.10	Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Awal Studi Kasus 4.....	34
Tabel 4.11	Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Akhir Studi Kasus 4 Jika $CT = CT_{var}$ .....	43
Tabel 4.12	Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Akhir Studi Kasus 4 Jika $CT = CT_{fix}$ .....	43
Tabel 4.13	Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Awal Studi Kasus 5.....	35
Tabel 4.14	Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Akhir Studi Kasus 5.....	44
Tabel 4.15	Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Awal Studi Kasus 6.....	35
Tabel 4.16	Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Akhir Studi Kasus 6.....	44
Tabel 4.17	Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Awal Studi Kasus 7.....	36
Tabel 4.18	Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Akhir Studi Kasus 7 Jika $CT = CT_{var}$ .....	45

Tabel 4.19	Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Akhir Studi Kasus 2 Jika $CT = CT_{fix}$ .....	45
Tabel 4.20	Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Awal Studi Kasus 8.....	37
Tabel 4.21	Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Akhir Studi Kasus 8 Jika $CT = CT_{var}$ .....	46
Tabel 4.22	Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Akhir Studi Kasus 8 Jika $CT = CT_{fix}$ .....	46



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tipe Lini Perakitan.....	6
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian.....	25
Gambar 4.1	<i>Precedence</i> Diagram Studi Kasus 1.....	16
Gambar 4.1	<i>Precedence</i> Diagram Studi Kasus 1.....	26
Gambar 4.2	<i>Precedence</i> Diagram Keseimbangan Awal Studi Kasus 1.....	30
Gambar 4.3	<i>Precedence</i> Diagram Studi Kasus 2.....	27
Gambar 4.4	<i>Precedence</i> Diagram Keseimbangan Awal Studi Kasus 2.....	31
Gambar 4.5	<i>Precedence</i> Diagram Studi Kasus 3.....	27
Gambar 4.6	<i>Precedence</i> Diagram Keseimbangan Awal Studi Kasus 3.....	32
Gambar 4.7	<i>Precedence</i> Diagram Studi Kasus 4.....	28
Gambar 4.8	<i>Precedence</i> Diagram Keseimbangan Awal Studi Kasus 4.....	33
Gambar 4.9	<i>Precedence</i> Diagram Studi Kasus 5.....	28
Gambar 4.10	<i>Precedence</i> Diagram Keseimbangan Awal Studi Kasus 5.....	34
Gambar 4.11	<i>Precedence</i> Diagram Studi Kasus 6.....	29
Gambar 4.12	<i>Precedence</i> Diagram Keseimbangan Awal Studi Kasus 6.....	35
Gambar 4.13	<i>Precedence</i> Diagram Studi Kasus 7.....	29
Gambar 4.14	<i>Precedence</i> Diagram Keseimbangan Awal Studi Kasus 7.....	36
Gambar 4.13	<i>Precedence</i> Diagram Studi Kasus 8.....	30
Gambar 4.14	<i>Precedence</i> Diagram Keseimbangan Awal Studi Kasus 8.....	37



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Didalam sistem produksi, proses *line balancing* (*LB*) perlu mendapatkan perhatian. Hal ini disebabkan *LB* memberikan dampak kelancaran terhadap produksi yang dilakukan. Berbagai persoalan dalam lini perakitan disebabkan karena tidak terjadi keseimbangan *LB* yaitu seperti *lead time manufacturing* meningkat, waktu menganggur bertambah panjang, utilisasi dan *man power* menurun, biaya produksi meningkat dan lain-lain.

Dengan demikian dalam proses produksi supaya sistem produksinya optimal maka perlu dilakukan pengawasan terhadap *LB* secara kontinyu. Dalam artian bahwa *rebalance* harus selalu dilakukan jika terlihat *LB* akan mengarah pada *non LB*. Jika diamati secara mendalam, terjadinya *non LB* diantaranya disebabkan adanya parameter-parameter yang mempengaruhi *LB* terutama dalam proses perakitan yang dinamis. Proses perakitan dinamis yaitu proses perakitan yang selalu terjadi perubahan khususnya pada *lead time* perakitan.

Berbagai penelitian yang pernah dilakukan tentang parameter-parameter yang mempengaruhi *LB* antara lain Gen et al. (1996) meneliti tentang data pada dunia nyata mengandung unsur ketidakpastian, terutama mengenai waktu proses disetiap *job* pada permasalahan *assembly line balancing*. Sebelumnya *task time* pada lini perakitan dianggap sebagai bilangan konstan, dan sekarang *task time* dianggap sebagai *variable*

*random*. Kenyataannya dalam lingkungan manufaktur, *task time* pada lini perakitan merupakan *variable random* yang berkaitan dengan kelelahan pekerja, rendahnya tingkat keterampilan pekerja, ketidakpuasan pekerjaan, pemeliharaan peralatan yang kurang baik, kerusakan bahan baku dan lain-lain (Shin, 1990).

Pengalokasian elemen-elemen kerja dengan berpedoman pada *precedence constraint* akan memudahkan dalam pembuatan model/bentuk *precedence* diagram dengan *output* (efisiensi lintasan) paling tinggi. Tetapi, dengan mengetahui bahwa kenyataannya dalam lingkup manufaktur *task time* merupakan *variable random* maka dapat memunculkan permasalahan yaitu dinamika waktu proses disetiap elemen kerja. Sehingga adanya dinamika waktu proses disetiap elemen kerja ini dapat mengakibatkan *rebalancing* pada keseimbangan awal dan dapat juga tidak mengakibatkan *rebalancing*.

Berdasarkan permasalahan diatas, maka dalam penelitian ini akan dilakukan identifikasi parameter-parameter yang dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan *rebalancing* sebuah lini perakitan dalam waktu proses dinamis.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang masalah diatas, maka rumusan masalah yang terdapat dalam penelitian ini adalah parameter apa saja yang dapat digunakan untuk menentukan *rebalancing* sebuah lini perakitan dalam waktu proses dinamis?



### 1.3 Batasan Masalah

Pembatasan masalah perlu dilakukan untuk memfokuskan kajian yang akan dilakukan sehingga tujuan penelitian dapat dicapai dengan cepat dan baik. Beberapa hal yang menjadi batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Identifikasi parameter dilakukan pada lini perakitan satu sisi dan tidak memperhatikan peralatan yang digunakan.
- b. Objek penelitian adalah dinamika waktu proses pada penyeimbangan lini perakitan.
- c. Dinamika waktu proses yang diteliti adalah waktu proses pada elemen kerja.
- d. Besarnya waktu siklus ( $CT$ ) ditentukan dengan 2 sudut pandang berbeda, yaitu  $CT$  sebagai waktu proses terbesar yang berada pada stasiun kerja dan  $CT$  sebagai batasan pemenuhan *demand*.  $CT$  diantara kedua waktu proses tersebut tidak diteliti.
- e. Penelitian ini tidak dilakukan pada kondisi *real time*.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang ada, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuktikan kebenaran dari parameter yang telah diidentifikasi sehingga parameter tersebut dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan *rebalancing* sebuah lini perakitan dalam waktu proses dinamis.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Bagi penulis

Untuk menambah wawasan dan pengetahuan tentang dinamika waktu proses dielemen kerja pada penyeimbangan lini perakitan. Dan kapan sebuah dinamika waktu proses tersebut dapat mengakibatkan *rebalancing* terhadap keseimbangan awal lini perakitan.

b. Bagi perusahaan

Diharapkan dapat menjadi masukan dan evaluasi bagi perusahaan untuk mentolerir dinamika waktu proses dielemen kerja pada proses produksi yang sudah ada.

c. Bagi masyarakat umum

Diharapkan penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi bacaan untuk menambah ilmu pengetahuan bagi para pembaca. Selain itu dapat digunakan sebagai acuan penelitian berikutnya mengingat masih banyaknya faktor-faktor yang belum termasuk dalam penelitian ini.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Pada laporan tugas akhir ini akan disusun sistematika penulisan seperti berikut :

### **BAB II      KAJIAN PUSTAKA**

Bab ini berisi konsep dan prinsip dasar yang diperlukan untuk memecahkan masalah penelitian, dasar-dasar teori untuk mendukung penelitian yang akan dilakukan. Disamping itu juga memuat uraian

tentang hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya yang ada hubungannya dengan penelitian yang dilakukan.

### **BAB III      METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menguraikan tentang kerangka dan bagan aliran penelitian, teknik yang dilakukan, analisis model, bahan atau materi penelitian yang digunakan, alat, tata cara penelitian dan data yang akan dikaji serta cara analisis yang dipakai dan sesuai dengan bagan alir yang telah dibuat.

### **BAB IV      PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Bab ini menguraikan tentang cara pengumpulan data dan bagaimana pengolahan datanya, analisis dan hasilnya termasuk gambar dan grafik yang diperoleh. Pada bab ini merupakan acuan untuk pembahasan hasil yang akan ditulis pada Bab V yaitu tentang pembahasan.

### **BAB V      PEMBAHASAN**

Bab ini melakukan pembahasan hasil yang diperoleh selama penelitian dan kesesuaian hasil dengan tujuan penelitian sehingga dapat menghasilkan rekomendasi dalam pengembangan penelitian selanjutnya.

### **BAB VI      PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan terhadap analisis yang dibuat serta saran atau hasil yang telah dicapai yang ditemukan selama penelitian, sehingga perlu dilakukan rekomendasi untuk para peneliti selanjutnya.

### **DAFTAR PUSTAKA**

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

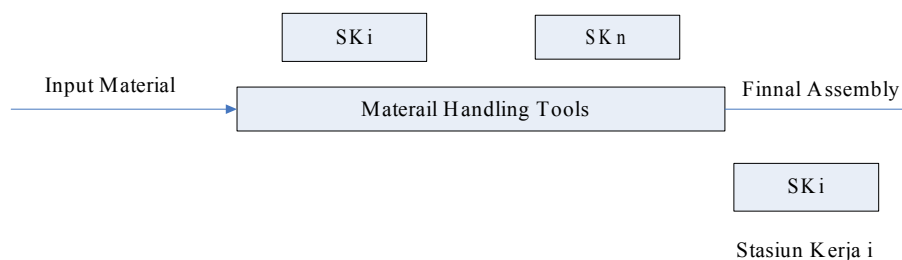
Pada bab ini akan diuraikan mengenai kajian pustaka yang digunakan dalam memecahkan dan membahas permasalahan penelitian. Kajian ini dibagi menjadi dua yaitu kajian induktif dan kajian deduktif.

#### 2.1 Kajian Deduktif

Kajian deduktif merupakan kajian yang diperoleh dari buku (*text book*). Kajian ini berisi tentang teori-teori yang menjadi dasar dalam menyelesaikan permasalahan yang dibahas.

##### 2.1.1 Lini Perakitan

*Assembly line* atau lini perakitan adalah bagian dari lini produksi dimana material bergerak secara *continue* dengan rata-rata laju kedatangan material berdistribusi *uniform* melewati stasiun kerja yang mengerjakan perakitan. Sketsa diagram salah satu tipe lini perakitan dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.1 Tipe Lini perakitan

Pada lini perakitan, secara garis besar terdapat dua masalah utama yaitu :

1. Penyeimbangan stasiun kerja.
2. Menjaga lini perakitan agar tetap beroperasi *continue*.

Penyeimbangan sempurna pada suatu lini perakitan adalah dengan mendistribusikan elemen kerja ke setiap stasiun kerja dengan acuan waktu siklus/*cycle time* (*CT*). *Cycle time* didefinisikan sebagai rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk merakit satu unit produk jadi. Pengukuran *CT* dilakukan dengan kondisi bahwa pekerja bekerja dengan normal. Pada lini perakitan, salah satu *tools* yang digunakan adalah *material handling* yaitu berupa *conveyor*, beberapa tipe *conveyor* yang digunakan dalam lini perakitan adalah *conveyor* sabuk, rantai, *overhead*, dan *screw conveyor* (Elsayed & Boucher 1994).

Terdapat dua cara dalam menentukan besarnya waktu siklus atau *cycle time* (*CT*) yaitu:

1. Nilai minimum waktu siklus harus lebih besar dari atau sama dengan waktu stasiun kerja terbesar (Elsayed & Boucher 1994). Jadi dapat dikatakan bahwa:

$$CT = \text{Max} \{i \mid \sum ST_i, V_i, i=1, 2, 3, \dots, K\}.$$

2. Besarnya waktu siklus dapat ditentukan dari jam kerja per periode dibagi dengan target produksi per periode. Rumus waktu siklus (Sutalaksana, 1979):

$$CT = \text{jam kerja per periode} / \text{target produksi per periode}.$$

### 2.1.2 Istilah dalam Lini Perakitan

Istilah-istilah yang dipakai pada lini perakitan adalah (Elsayed & Boucher 1994):

1. Produk rakitan (*Assembled product*)

Produk yang harus melewati beberapa urutan dalam stasiun kerja hingga menjadi produk akhir pada stasiun kerja yang terakhir.

1. Elemen Kerja (*Work element*)

Bagian dari seluruh kegiatan kerja dalam suatu proses perakitan. Didefinisikan bahwa  $n$  adalah total jumlah elemen kerja yang diperlukan untuk melengkapi suatu perakitan, dan  $i$  adalah nomor elemen kerja dalam suatu proses. Dengan catatan bahwa  $1 \leq i \leq n$ .

2. Stasiun Kerja (*Workstation*)

Tempat pada suatu lini perakitan dimana elemen-elemen kerja dikerjakan.

3. Waktu Siklus (*Cycle time*)

Didefinisikan sebagai waktu antar kedatangan produk jadi. Nilai minimum waktu siklus harus lebih besar dari atau sama dengan waktu stasiun kerja terbesar.

4. Waktu Stasiun Kerja (*Station time*)

Didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan oleh sebuah stasiun kerja untuk mengerjakan semua elemen kerja yang didistribusikan pada tiap stasiun kerja tersebut. Dan besarnya waktu pada stasiun kerja tidak diperbolehkan melebihi nilai waktu siklus yang ada.

5. *Delay Time*

Didefinisikan sebagai selisih waktu antara waktu siklus ( $CT$ ) dengan waktu pada stasiun kerja.

## 6. *Precedence* Diagram

Diagram yang menggambarkan urutan dan keterkaitan antar elemen kerja dalam perakitan sebuah produk. Pendistribusian elemen kerja untuk setiap stasiun kerja harus memperhatikan *precedence* diagram. Beberapa *job* tidak dapat dikerjakan sebelum *predecessors* dari elemen kerja (*job*) tersebut diselesaikan.

### 2.1.3 Kriteria Performansi Lini Perakitan

Pada usaha penyeimbangan lini perakitan, kriteria-kriteria yang digunakan untuk mengukur keefektifan dari usaha penyeimbangan lini perakitan adalah :

#### 1. Efisiensi Lini

Efisiensi lini/*line efficiency* (*LE*) adalah perbandingan antara total waktu pada stasiun kerja dengan waktu siklus dikalikan banyaknya stasiun kerja. Efisiensi lini perakitan dapat dirumuskan sebagai berikut (Elsayed & Boucher 1994):

$$LE = \frac{\sum_{i=1}^K ST_i}{K \times CT} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Dimana  $ST_i$  = Waktu stasiun kerja pada stasiun  $i$ . dimana  $i = 1, 2, 3, \dots, K$ .

$K$  = Banyaknya stasiun kerja yang terbentuk.

$CT$  = *Cycle time* atau waktu siklus.

Usaha penyeimbangan yang baik adalah usaha yang dapat menaikkan efisiensi lini perakitan bila dibandingkan dengan sebelum diseimbangkan, atau dengan kata lain efisiensi setelah diseimbangkan lebih besar dari efisiensi sebelum diseimbangkan.

## 2. *Balance Delay*

*Balance delay* adalah ukuran dari ketidakefisienan lintasan yang dihasilkan dari waktu mengganggu sebenarnya yang disebabkan karena pengalokasian yang kurang sempurna di antara stasiun-stasiun kerja (Baroto, 2002). *Balance Delay* dapat dikatakan sebagai rasio antara waktu mengganggu dalam lini dengan waktu yang tersedia. *Balance delay* dapat dirumuskan sebagai berikut (Wignjosuebrot, 2006):

$$BD = \frac{(K \times CT) - \sum_{i=1}^n T_i}{K \times CT} \times 100\% \quad \dots \quad (2)$$

Dimana  $BD$  = *Balance delay*.

$K$  = Banyaknya stasiun kerja yang terbentuk.

$CT$  = *Cycle time* atau waktu siklus.

$T_i$  = Waktu elemen kerja ke- $i$ , dimana  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ .

Usaha penyeimbangan yang baik adalah usaha yang dapat menurunkan *balance delay* lini perakitan bila dibandingkan dengan sebelum diseimbangkan, atau dengan kata lain *balance delay* setelah di seimbangkan lebih kecil dari *balance delay* sebelum diseimbangkan.

## 3. *Idle Time*

*Idle time* adalah selisih atau perbedaan antara *cycle time* ( $CT$ ) dan *stasiun time* ( $ST$ ), atau  $CT$  dikurangi  $ST$ . *Idle time* dapat dirumuskan sebagai berikut (Baroto, 2002):



$$IT = (K \times CT) - \sum_{i=1}^K ST_i \dots\dots\dots (3)$$

Dimana  $IT$  = *Idle time*.

$ST_i$  = Waktu stasiun kerja pada stasiun  $i$  dimana  $i = 1, 2, 3, \dots, K$ .

$K$  = Banyaknya stasiun kerja yang terbentuk.

$CT$  = *Cycle time* atau waktu siklus.

*Idle time* dapat dikatakan sebagai waktu menganggur yang terkandung di dalam lini perakitan. Usaha penyeimbangan yang baik adalah usaha yang dapat menurunkan *idle time* lini perakitan bila dibandingkan dengan sebelum diseimbangkan, atau dengan kata lain *idle time* setelah diseimbangkan lebih kecil dari pada sebelum di seimbangkan.

#### 4. *Smoothness index (SI)*

*Smoothness index (SI)* adalah suatu indek yang mengindikasikan kelancaran relatif dari penyeimbangan lini perakitan. *Smoothness index (SI)* dapat dirumuskan sebagai berikut (Elsayed & Boucher 1994):

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^K (ST_{\max} - ST_i)^2} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana  $ST_{\max}$  = Waktu terbesar pada stasiun kerja.

$ST_i$  = Waktu stasiun kerja pada stasiun kerja  $i$  dimana  $i = 1, 2, 3, \dots, K$ .

$K$  = Banyaknya stasiun kerja yang terbentuk.

Dimana nilai  $SI$  yang semakin kecil menunjukkan tingkat keseimbangan beban kerja setiap stasiun kerja yang tinggi. Nilai  $SI$  sebesar 0 menunjukkan sebuah keseimbangan yang sempurna.

#### **2.1.4 Line Balancing**

*Line balancing* adalah suatu teknik untuk menentukan *product mix* yang dapat dijalankan oleh suatu *assembly line* untuk memberikan *fairly consistent flow of work* melalui *assembly line* itu pada tingkat yang direncanakan (Gaspersz, 1998). Tujuan *assembly line balancing* adalah untuk menyeimbangkan beban kerja di tiap-tiap stasiun kerja yang berada pada lintasan perakitan (Gosh & Gagnon 1989). Selain itu untuk mendapatkan waktu proses yang sama di setiap stasiun kerja, sehingga akan meningkatkan efisiensi produksi (Rachman, 2004).

Permulaan munculnya persoalan *line balancing* berasal dari ketidakseimbangan lintasan produksi yang berupa adanya *work in process* pada beberapa *workstation* (Purnomo, 2004). Persyaratan umum yang harus digunakan dalam suatu keseimbangan lintasan produksi adalah dengan meminimumkan waktu menganggur (*idle time*) dan meminimumkan pula keseimbangan waktu senggang (*balance delay*) (Gaspersz, 1998).

Sedangkan tujuan dari lintasan produksi yang seimbang adalah sebagai berikut (Gaspersz, 1998):

1. Menyeimbangkan beban kerja yang dialokasikan pada setiap *workstation* sehingga setiap *workstation* selesai pada waktu yang seimbang dan mencegah terjadinya *bottle neck*. (*bottle neck* adalah suatu operasi yang membatasi *output* dan frekuensi produksi).

2. Menjaga agar pelintasan perakitan tetap lancar dan berlangsung terus menerus.
3. Meningkatkan efisiensi atau produktifitas.

### **2.1.5 Metode Penyeimbangan Lini Perakitan**

Metode yang digunakan dalam penelitian mengenai penyeimbangan lini perakitan cenderung menggunakan metode *heuristics* karena dapat menghasilkan suatu keseimbangan yang baik. Terdapat lima metode yang dapat digunakan untuk menghasilkan suatu keseimbangan yang baik pada permasalahan penyeimbangan lini perakitan, yaitu (Elsayed & Boucher 1994):

1. Metode *Kilbridge-Wester Heuristic*.
2. Metode *Moodie Young*.
3. Metode *Helgeson-Birnie* atau *Positional-Weight Technique*.
4. Metode *Immediate Update First-Fit Heuristic*.
5. Metode *Rank and Assign Heuristic*.

## **2.2 Kajian Induktif**

Kajian induktif merupakan kajian yang diperoleh dari makalah, jurnal maupun penelitian- penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

Gen et al. (1996) meneliti tentang permasalahan dalam *assembly line balancing* dengan *fuzzy processing time* yang diselesaikan dengan menggunakan *Genetic Algorithms (GAs)* dengan tujuan meminimalkan total waktu operasi di tiap-tiap stasiun kerja. Hasil penelitian menyatakan bahwa metode yang digunakan dapat memberikan contoh bilangan waktu proses dengan solusi terbaik yang dapat diterima.

Tsujimura et al. (1995) dalam penelitiannya untuk mengatasi ketidakpastian data dengan menggunakan bilangan *fuzzy*. Dalam penelitian tersebut diusulkan sebuah metode baru untuk menyelesaikan *fuzzy ABP (Assembly-line Balancing Problem)* dengan menggunakan *GAs*. Hasil penelitian dengan menggunakan *GAs* menunjukkan bahwa ketidaktepatan data digambarkan dengan himpunan *fuzzy* sehingga dapat menghilangkan permasalahan ketidaktepatan data serta diperoleh solusi yang fleksibel.

Choi (2009) dalam penelitiannya mengusulkan sebuah model program *zero-one integer* yang menggabungkan kelebihan waktu proses dan beban kerja fisik dengan berbagai macam elemen-elemen resiko. Untuk teknik penyelesaiannya, digunakan *the goal programming approach* dan rancangan proses algoritma yang tepat. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa lebih bagus menyeimbangkan alokasi pekerjaan (*job*) yang didapatkan melalui model yang diusulkan. Dan kesimpulan yang diperoleh bahwa model tersebut sangat bermanfaat untuk manager operasi dalam membuat keputusan pada usaha penjadwalan.

Cakir et al. (2011) melakukan penelitian tentang optimalisasi penyeimbangan lini perakitan pada kondisi stokhastik. Untuk memperoleh solusi permasalahan yang optimal, maka diusulkan solusi algoritma baru berdasarkan *simulated annealing (SA)*, yang disebut *m\_SAA*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *m\_SAA* dengan pendekatan *multinomial probability mass function* lebih efektif daripada *SA* dengan pendekatan *weight-sum* pada terminologi kualitas *pareto-optimal solution*.

Chiang dan Urban (2006) telah melakukan penelitian tentang masalah penyeimbangan *stockhastic task time* pada lini perakitan tipe U. Sebuah permasalahan penting pada penyeimbangan lini perakitan tipe U adalah pertimbangan tentang keanekaragaman *task time* yang disebabkan oleh faktor manusia dan berbagai macam gangguan. Dalam penelitiannya tersebut dibuat sebuah *hybrid heuristic* yang

kemudian dilakukan analisis dengan perbedaan pada keanekaragaman *task time* dengan tujuan untuk mendapatkan informasi tentang kinerja operator. Hasil dari penelitian ini adalah dapat memberikan penyelesaian awal dan penyelesaian perbaikan, sehingga dapat memberikan solusi yang optimal.

Ervin Kurnia Hidayat (2005) telah melakukan penelitian mengenai aplikasi metode *stochastic line balancing* untuk meningkatkan efisiensi lini dengan melakukan studi kasus pada PT. Indomobil Suzuki International. Pada penelitiannya diperkenalkan model *heuristic ranked positional weight* dengan kondisi *stadec* yang diintegrasikan dengan teknik montecarlo dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi lintasan pada lini perakitan. Hasil dari penelitian ini adalah dapat meningkatkan efisiensi lini perakitan, kelemahan dari metode ini adalah harus dilakukan beberapa kali simulasi sampai data yang dihasilkan seragam.

Dwi Ary Irawati (2005) telah melakukan penelitian mengenai aplikasi metode *line balancing* pada kondisi *stochastic* untuk meningkatkan kapasitas produksi *shuttle cocks* dengan melakukan studi kasus pada perusahaan *shuttle cocks* Mataram. Pada penelitiannya diperkenalkan gabungan *algoritma ranked positional weight* dengan kondisi *detdec* dan teknik montecarlo. Penelitian yang dilakukan ini diusulkan untuk model stokastik *line balancing* untuk produk tunggal yang telah dikembangkan untuk menyelesaikan masalah-masalah pengalokasian elemen-elemen tugas pada stasiun kerja, khususnya yang melibatkan unsur ketidakpastian guna meningkatkan kapasitas produksi *shuttle cocks*. Hasil dari penelitian ini adalah dapat meningkatkan kapasitas produksi, kelemahan dari metode ini adalah harus dilakukan beberapa kali simulasi sampai data yang dihasilkan seragam.

### **2.3 Ringkasan**

Dari kajian deduktif dan induktif yang sudah dibahas diatas, terlihat bahwa penelitian mengenai ketidakpastian waktu proses sudah pernah dilakukan pada lini perakitan namun belum ada penelitian tentang identifikasi parameter untuk mengetahui kapan sebuah dinamika waktu proses dapat mengakibatkan *rebalancing*. Sehingga dalam penelitian ini, akan dilakukan identifikasi parameter apa saja yang dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan *rebalancing* sebuah lini perakitan dalam waktu proses dinamis.



## BAB III

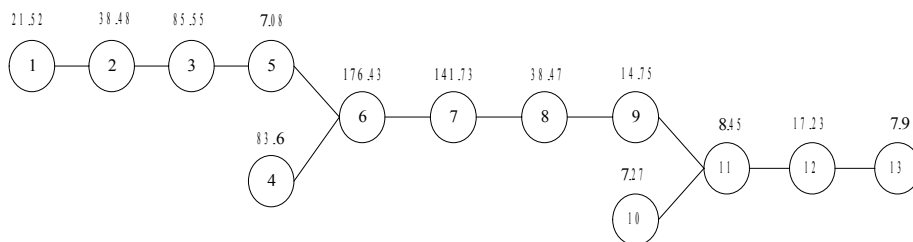
### METODE PENELITIAN

Dalam melaksanakan penelitian, dan untuk mempermudah memecahkan permasalahan yang dihadapi, maka perlu diuraikan terlebih dahulu cara-cara yang diperlukan untuk memecahkan permasalahan tersebut. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dikelompokkan menjadi beberapa langkah, dengan diagram alir (*flow chart*) seperti pada gambar 3.1

#### 3.1 Lokasi dan Objek Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium sistem manufaktur FTI UII dengan objek penelitian yaitu lini perakitan. Penelitian ini berfokus pada identifikasi parameter kapan sebuah dinamika waktu proses dapat mengakibatkan *rebalancing* pada stasiun kerja yang mempunyai total waktu proses terbesar ( $SK_{CT}$ ) dan pada stasiun kerja yang tidak mempunyai total waktu proses terbesar ( $SK_{NCT}$ ).

#### 3.2 Studi Kasus yang Digunakan sebagai Model Dalam Identifikasi Parameter



Gambar 3.2 *Precedence* Diagram Studi Kasus 1 (Irawati, 2008)

Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan mengambil studi kasus berupa *precedence constraint* perakitan suatu produk pada lini perakitan dari beberapa referensi seperti pada gambar 3.2 diatas. Kemudian mengalokasikan elemen kerja ke setiap stasiun kerja dengan acuan waktu siklus/*cycle time* ( $CT$ ) sehingga diperoleh suatu keseimbangan awal. Setelah diperoleh keseimbangan awal kemudian dilakukan dinamika waktu proses di setiap elemen kerja dengan cara melakukan penambahan dan penurunan waktu proses pada elemen kerja. Adanya dinamika waktu proses di setiap elemen kerja pada lini perakitan kadang kala memerlukan diadakannya *rebalancing*.

### 3.2.1 Waktu siklus yang Digunakan

Dalam penelitian ini digunakan dua cara penentuan besarnya waktu siklus/*cycle time* ( $CT$ ) yaitu  $CT$  merupakan waktu proses terbesar yang berada disuatu stasiun kerja ( $CT_{var}$ ) dan  $CT$  merupakan batasan pemenuhan *demand* ( $CT_{fix}$ ).

### 3.2.2 Notasi

Parameter yang akan diidentifikasi dalam penelitian ini adalah parameter yang mengontrol batas atas dan batas bawah waktu proses pada  $SK_{CT}$  dan  $SK_{NCT}$  dengan variabel berupa waktu proses. Untuk memudahkan dalam melakukan identifikasi parameter, maka digunakan notasi sebagai berikut :

$CT$  = Waktu siklus, yang didefinisikan sebagai waktu antar kedatangan produk jadi (Elsayed & Boucher 1994).

$CT_{fix}$  = Waktu siklus ( $CT$ ) = Jam kerja per periode / target produksi per periode.



- $CT_{var}$  = Waktu proses terbesar yang berada pada stasiun kerja.  
Waktu siklus ( $CT$ ) =  $Max \{t \mid \sum ST_i, V_i, i=1, 2, 3, \dots, K\}$ .
- $SK_{CT}$  = Stasiun kerja yang mempunyai total waktu proses terbesar.
- $T_{CT}$  = Waktu proses pada  $SK_{CT}$ .
- $Max_{TCT}$  = Batas atas penambahan  $T_{CT}$ .
- $Min_{TCT}$  = Batas bawah penurunan  $T_{CT}$ .
- $SK_{NCT}$  = Stasiun kerja yang tidak mempunyai total waktu proses terbesar.
- $T_{NCT}$  = Waktu proses pada  $SK_{NCT}$ .
- $Max_{TNCT}$  = Batas atas penambahan  $T_{NCT}$ .
- $Min_{TNCT}$  = Batas bawah penurunan  $T_{NCT}$ .
- $SK_{NCTerdekati}$  = Stasiun kerja dengan waktu proses paling mendekati  $CT$ .
- $T_{NCTerdekati}$  = Waktu proses pada  $SK_{NCTerdekati}$ .
- $EK_{move}$  = Elemen kerja dengan waktu proses terkecil yang mempunyai kriteria minimal satu atau lebih dari kriteria sebagai berikut:
1. Elemen kerja tersebut tidak mempunyai *predecessor*.
  2. *Predecessor* elemen kerja tersebut terdapat pada stasiun kerja dimana elemen kerja tersebut berpindah.
  3. Elemen kerja tersebut merupakan *predecessor* untuk elemen kerja yang terdapat pada stasiun kerja dimana elemen kerja tersebut berpindah.
- $T_{EKmove}$  = Waktu proses pada  $EK_{move}$ .

### 3.2.3 Identifikasi Parameter

Hasil identifikasi parameter merupakan batasan dinamika waktu proses kapan dinamika waktu proses tersebut dapat mengakibatkan *rebalancing* pada keseimbangan

awal dan kapan dinamika waktu proses tersebut tidak mengakibatkan *rebalancing* pada keseimbangan awal. Hasil identifikasi parameter ini didasarkan pada eksperimen yang dilakukan pada beberapa studi kasus. Parameter yang telah diidentifikasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Batas atas penambahan waktu proses pada  $SK_{CT}$  dengan satu  $SK_{CT}$ .

Dimana dalam menentukan batas atas tersebut akan dilihat melalui dua sudut pandang  $CT$  yaitu:

- a. Jika  $CT = CT_{var}$

Batas atas penambahan waktu proses pada  $SK_{CT}$  dengan satu  $SK_{CT}$  adalah tidak menyebabkan masuknya  $EK_{move}$  yang berasal dari stasiun kerja lain. Jadi dapat dikatakan bahwa  $Max_{TCT} < T_{CT} + T_{EK_{move}}$ . Jika penambahan  $T_{CT}$  lebih besar dari atau sama dengan  $Max_{TCT}$ , maka akan mengakibatkan *rebalancing* pada keseimbangan awal, tapi tidak ada penambahan stasiun kerja.

- b. Jika  $CT = CT_{fix}$

Batas atas penambahan waktu proses pada  $SK_{CT}$  adalah  $CT$ . Jadi  $Max_{TCT} = T_{CT}$ . Jika penambahan  $T_{CT}$  lebih besar dari  $Max_{TCT}$ , maka akan mengakibatkan *rebalancing* pada keseimbangan awal dan adanya penambahan stasiun kerja.

2. Batas bawah penurunan waktu proses pada  $SK_{CT}$  dengan satu  $SK_{CT}$ .

Batas bawah penurunan waktu proses pada  $SK_{CT}$  adalah tidak menyebabkan keluarnya  $EK_{move}$  yang berasal dari stasiun kerja itu sendiri. Jadi  $Min_{TCT} > T_{CT} - T_{EK_{move}}$ . Jika penurunan  $T_{CT}$  kurang dari atau sama dengan  $Min_{TCT}$ , maka akan mengakibatkan *rebalancing* pada keseimbangan awal. Jika  $Min_{TCT}$  kurang dari atau sama dengan  $T_{NCT}$  ( $T_{CT} \leq T_{NCT}$ ) maka penurunan tersebut mengakibatkan  $SK_{NCT}$  berubah menjadi  $SK_{CT}$ .

Batasan tersebut dapat dipakai untuk  $CT = CT_{var}$  dan  $CT = CT_{fix}$ . Dan yang membedakan dalam pemakaian batasan tersebut adalah:

a. Jika  $CT = CT_{var}$

Jika penurunan tersebut mengakibatkan *rebalancing* dan  $T_{NCT}$  lebih besar dari  $T_{CT}$  maka *rebalancing* tersebut tidak disertai dengan adanya penambahan stasiun kerja.

b. Jika  $CT = CT_{fix}$

Jika penurunan tersebut mengakibatkan *rebalancing* dan  $T_{NCT}$  lebih besar dari  $T_{CT}$  maka *rebalancing* tersebut disertai dengan adanya penambahan stasiun kerja.

3. Batas atas penambahan waktu proses pada  $SK_{NCT}$ .

Batas atas penambahan waktu proses pada  $SK_{NCT}$  adalah tidak menyebabkan masuknya  $EK_{move}$  yang berasal dari stasiun kerja lain. Jadi dapat dikatakan bahwa  $Max_{TNCT} < T_{NCT}$  tersebut +  $T_{EK_{move}}$ . Jika penambahan  $T_{NCT}$  lebih besar dari atau sama dengan  $Max_{TNCT}$ , maka akan mengakibatkan *rebalancing* pada keseimbangan awal. Batasan tersebut dapat dipakai pada  $CT = CT_{var}$  dan  $CT = CT_{fix}$ . Dan yang membedakan dalam pemakaian batasan tersebut adalah:

a. Jika  $CT = CT_{var}$

$Max_{TNCT} < T_{NCT}$  tersebut +  $T_{EK_{move}}$  dan  $Max_{TNCT}$  bisa lebih besar dari atau sama dengan  $T_{CT}$ . Jika penambahan tersebut menyebabkan  $Max_{TNCT}$  lebih besar dari atau sama dengan  $T_{CT}$  ( $T_{NCT} \geq T_{CT}$ ) maka  $SK_{NCT}$  berubah menjadi  $SK_{CT}$ .

b. Jika  $CT = CT_{fix}$

$Max_{TNCT} < T_{NCT}$  tersebut +  $T_{EK_{move}}$  dan  $Max_{TNCT}$  kurang dari atau sama dengan  $T_{CT}$ . Jika penambahan tersebut menyebabkan  $Max_{TNCT}$  lebih besar dari  $T_{CT}$  maka akan mengakibatkan *rebalancing* pada keseimbangan awal dan adanya penambahan stasiun kerja.

4. Batas bawah penurunan waktu proses pada  $SK_{NCT}$ .

Batas bawah penurunan waktu proses pada  $SK_{NCT}$  adalah tidak menyebabkan keluarnya  $EK_{move}$  yang berasal dari stasiun kerja itu sendiri. Jadi dapat dikatakan bahwa  $Min_{TNCT} > T_{NCT}$  tersebut  $- T_{EK_{move}}$ . Jika penurunan  $T_{NCT}$  kurang dari atau sama dengan  $Min_{TNCT}$  maka akan mengakibatkan *rebalancing*. Batasan tersebut dapat dipakai pada  $CT = CT_{var}$  dan  $CT = CT_{fix}$ . Dan yang membedakan dalam pemakaian batasan tersebut adalah:

a. Jika  $CT = CT_{var}$

Jika penurunan  $T_{NCT}$  kurang dari atau sama dengan  $Min_{TNCT}$  dan menyebabkan  $T_{CT}$  lebih besar dari  $CT$  maka akan mengakibatkan *rebalancing* pada keseimbangan awal, tapi tidak ada penambahan stasiun kerja.

b. Jika  $CT = CT_{fix}$

Jika penurunan  $T_{NCT}$  kurang dari atau sama dengan  $Min_{TNCT}$  dan menyebabkan  $T_{CT}$  lebih besar dari  $CT$  maka akan mengakibatkan *rebalancing* pada keseimbangan awal dan adanya penambahan stasiun kerja.

5. Batas bawah penurunan waktu proses pada  $SK_{CT}$  tanpa merubah  $SK_{CT}$  menjadi  $SK_{NCT}$ .

Batasan pada parameter ini adalah penurunan  $T_{CT}$  tidak boleh mengakibatkan  $SK_{CT}$  berubah menjadi  $SK_{NCT}$ . Jadi  $Min_{TCT} > T_{NCT_{terdekat}}$ . Jika penurunan  $T_{CT}$  kurang dari atau sama dengan  $Min_{TCT}$ , maka  $SK_{CT}$  berubah menjadi  $SK_{NCT}$ . Batasan ini dapat dipakai untuk  $CT = CT_{var}$  dan  $CT = CT_{fix}$ .  $Min_{TCT}$  agar tidak mengakibatkan *rebalancing* pada keseimbangan awal adalah tidak menyebabkan keluarnya  $EK_{move}$  yang berasal dari stasiun kerja itu sendiri. Jadi  $Min_{TCT}$  agar tidak mengakibatkan *rebalancing* adalah

$Min_{TCT} > T_{CT} - T_{EKmove}$ . Jika penurunan  $T_{CT}$  kurang dari atau sama dengan  $Min_{TCT}$ , maka akan mengakibatkan *rebalancing* pada keseimbangan awal.

6. Batas atas penambahan waktu proses pada  $SK_{NCT}$  tanpa merubah  $SK_{NCT}$  menjadi  $SK_{CT}$ .

Batasan pada parameter ini adalah penambahan  $T_{NCT}$  tidak boleh mengakibatkan  $SK_{NCT}$  menjadi  $SK_{CT}$ . Jadi  $Max_{TNCT} < T_{CT}$ . Jika penambahan  $T_{NCT}$  lebih besar dari atau sama dengan  $Max_{TNCT}$ , maka  $SK_{NCT}$  akan berubah menjadi  $SK_{CT}$ . Batasan ini dapat dipakai untuk  $CT = CT_{fix}$  dan  $CT = CT_{var}$ . Jadi  $Max_{TNCT}$  agar tidak mengakibatkan *rebalancing* adalah tidak menyebabkan masuknya  $EK_{move}$  yang berasal dari stasiun kerja lain. Jadi dapat dikatakan bahwa  $Max_{TNCT}$  agar tidak mengakibatkan *rebalancing* adalah  $Max_{TNCT} < T_{NCT} + T_{EKmove}$ . Jika penambahan  $T_{NCT}$  lebih besar dari atau sama dengan  $Max_{TNCT}$  maka akan mengakibatkan *rebalancing* pada keseimbangan awal.

7. Batas atas penambahan waktu proses pada  $SK_{CT}$  dengan dua atau lebih  $SK_{CT}$ .

Batasan ini juga berlaku pada kasus jika semua stasiun kerja yang terbentuk merupakan  $SK_{CT}$ . Dimana dalam menentukan batas atas tersebut akan dilihat melalui dua sudut pandang  $CT$  yaitu:

a. Jika  $CT = CT_{var}$

Batas atas penambahan waktu proses pada  $SK_{CT}$  dengan dua atau lebih  $SK_{CT}$  adalah tidak menyebabkan masuknya  $EK_{move}$  yang berasal dari stasiun kerja lain. Jadi dapat dikatakan bahwa  $Max_{TCT} < T_{CT} + T_{EKmove}$ . Jika penambahan  $T_{CT}$  lebih besar dari atau sama dengan  $Max_{TCT}$ , maka akan mengakibatkan *rebalancing* pada keseimbangan awal tapi tidak ada penambahan stasiun kerja.

b. Jika  $CT = CT_{fix}$

Batas atas penambahan waktu proses pada  $SK_{CT}$  dengan dua atau lebih  $SK_{CT}$  adalah  $CT$ . Jadi  $Max_{TCT} = T_{CT}$ . Jika penambahan  $T_{CT}$  lebih besar dari  $Max_{TCT}$ , maka akan mengakibatkan *rebalancing* pada keseimbangan awal dan adanya penambahan stasiun kerja.

8. Batas bawah penurunan waktu proses pada  $SK_{CT}$  dengan dua atau lebih  $SK_{CT}$ .

Batasan ini juga berlaku pada kasus jika semua stasiun kerja yang terbentuk merupakan  $SK_{CT}$ . Batas bawah penurunan waktu proses pada  $SK_{CT}$  dengan dua atau lebih  $SK_{CT}$  adalah tidak menyebabkan keluarnya  $EK_{move}$  yang berasal dari stasiun kerja itu sendiri. Jadi  $Min_{TCT} > T_{CT} - T_{EK_{move}}$ . Jika penurunan  $T_{CT}$  kurang dari atau sama dengan  $Min_{TCT}$ , maka akan mengakibatkan *rebalancing* pada keseimbangan awal. Jika  $Min_{TCT}$  kurang dari atau sama dengan  $T_{NCT}$  ( $T_{CT} \leq T_{NCT}$ ) maka penurunan tersebut mengakibatkan  $SK_{NCT}$  berubah menjadi  $SK_{CT}$ . Batasan tersebut dapat digunakan untuk  $CT = CT_{var}$  dan  $CT = CT_{fix}$ . Dan yang membedakan dalam pemakaian batasan tersebut adalah:

a. Jika  $CT = CT_{var}$

Jika penurunan tersebut mengakibatkan *rebalancing* dan  $T_{NCT}$  lebih besar dari  $T_{CT}$ , maka *rebalancing* tersebut tidak disertai adanya penambahan stasiun kerja.

b. Jika  $CT = CT_{fix}$

Jika penurunan tersebut mengakibatkan *rebalancing* dan  $T_{NCT}$  lebih besar dari  $T_{CT}$ , maka *rebalancing* tersebut disertai adanya penambahan stasiun kerja.

### 3.3 Data yang Diperlukan

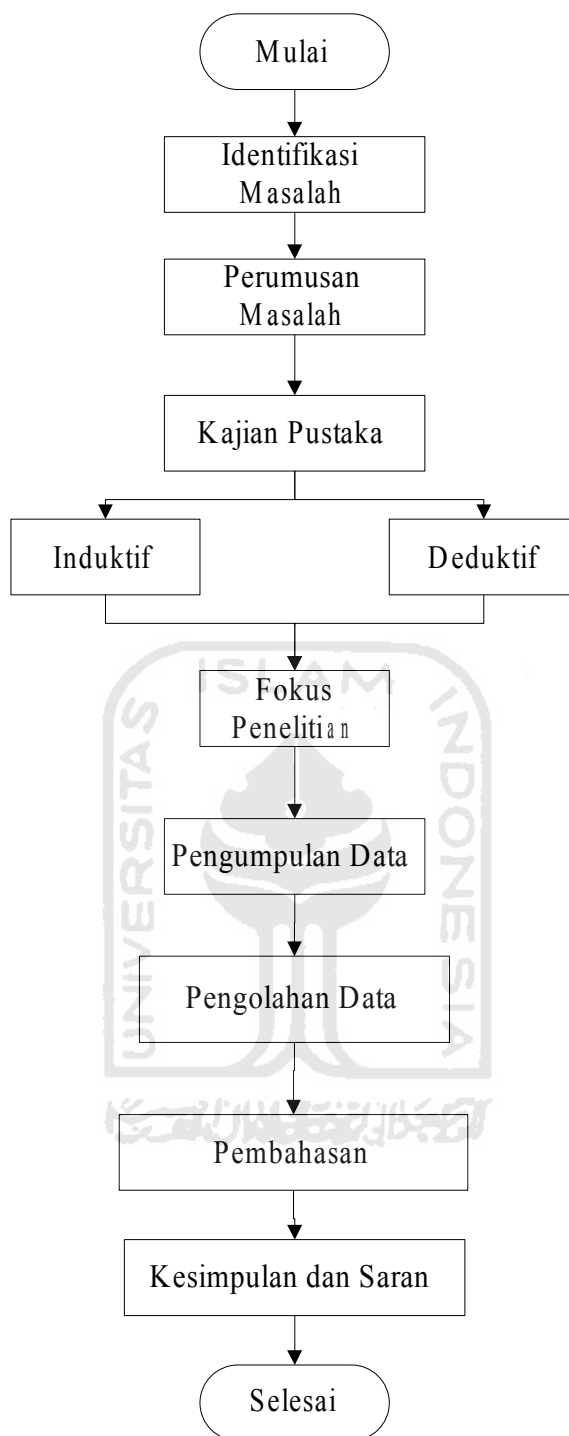
Oleh karena penelitian ini merupakan penelitian eksperimental maka data yang diperlukan untuk menyelesaikan masalah dalam penelitian ini adalah data sekunder yang merupakan data yang didapatkan dari literatur atau penelitian-penelitian yang sudah ada sebelumnya yaitu :

- a. Data waktu proses disetiap elemen kerja ( $T_i$ ).
- b. Data waktu siklus ( $CT$ ).
- c. *Precedence constrain* produk yang dirakit.

### 3.4 Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan untuk melakukan penelitian ini adalah *sistem line balancing* dan *software Microsoft Excel*.





Gambar 3.1 *Flowchart* Metodologi Penelitian



## BAB IV

### PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Dalam sub bab ini, akan dijelaskan mengenai proses pengumpulan dan pengolahan data yang diperlukan dalam melakukan pengujian terhadap parameter yang telah diidentifikasi. Selain itu untuk memudahkan dalam menganalisis masing-masing parameter, maka setiap parameter akan diberikan studi kasus untuk membuktikan kebenaran dari parameter tersebut.

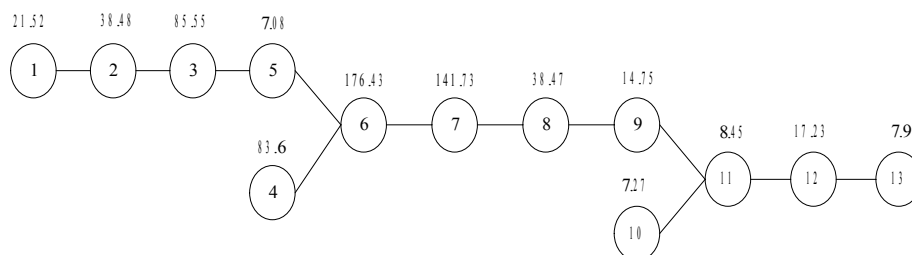
#### 4.1 Pengumpulan Data

Pada tahap ini akan dilakukan pengumpulan data yang diperlukan untuk melakukan pengujian terhadap parameter yang telah diidentifikasi.

##### 4.1.1 Studi Kasus

Terdapat 8 studi kasus yang akan digunakan untuk melakukan pengujian terhadap parameter yang telah diidentifikasi, yaitu:

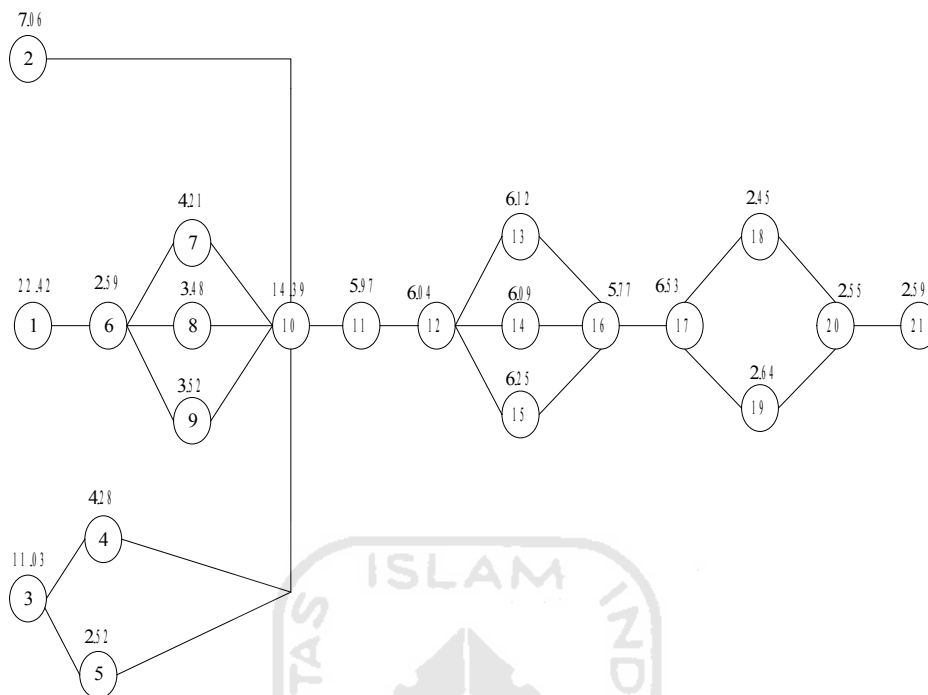
##### 1. Studi kasus 1



Gambar 4.1 *Precedence* Diagram Studi Kasus 1 (Irawati, 2008)

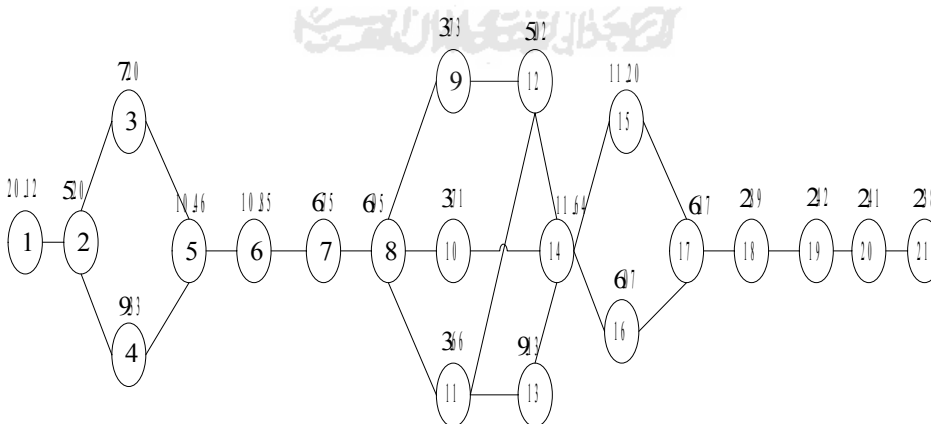


2. Studi kasus 2



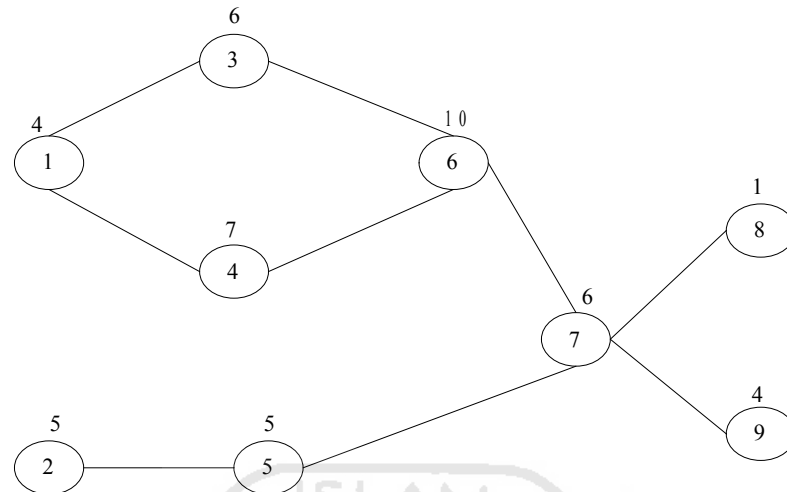
Gambar 4.2 *Precedence* Diagram Studi Kasus 2 (Fitriani, 2008)

3. Studi kasus 3

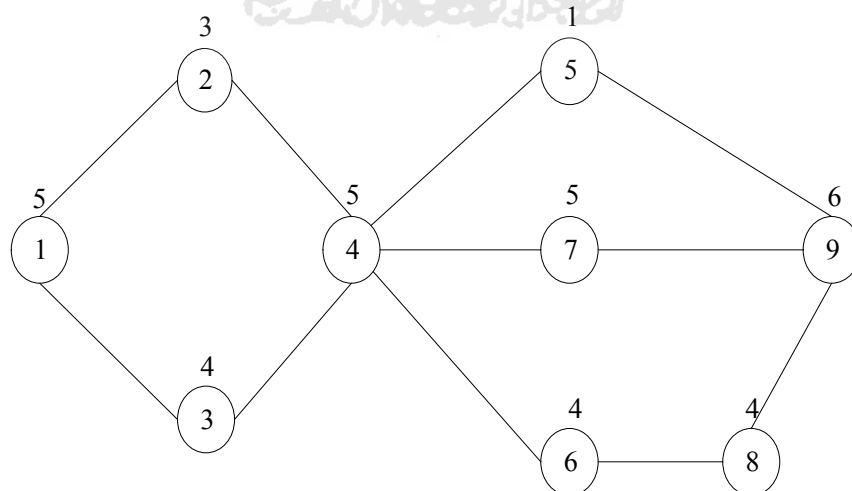


Gambar 4.3 *Precedence* Diagram Studi Kasus 3 (Fitriani, 2008)

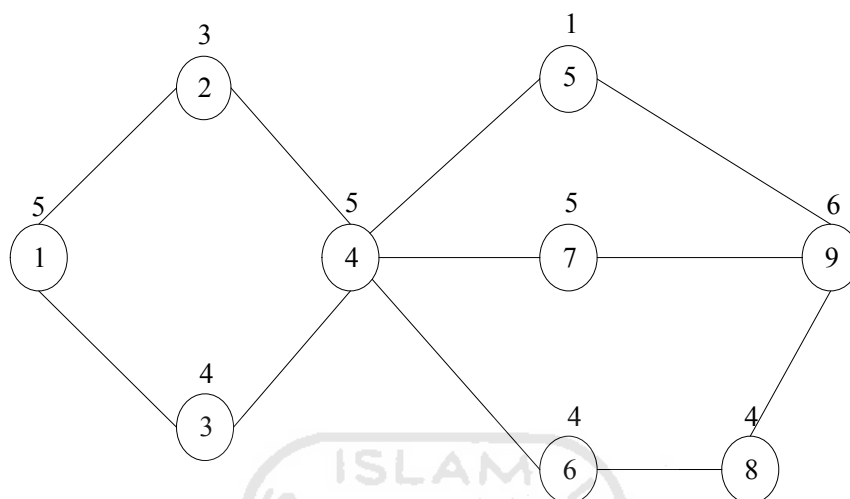
## 4. Studi kasus 4

Gambar 4.4 *Precedence* Diagram Studi Kasus 4 (Elsayed & Boucher 1994)

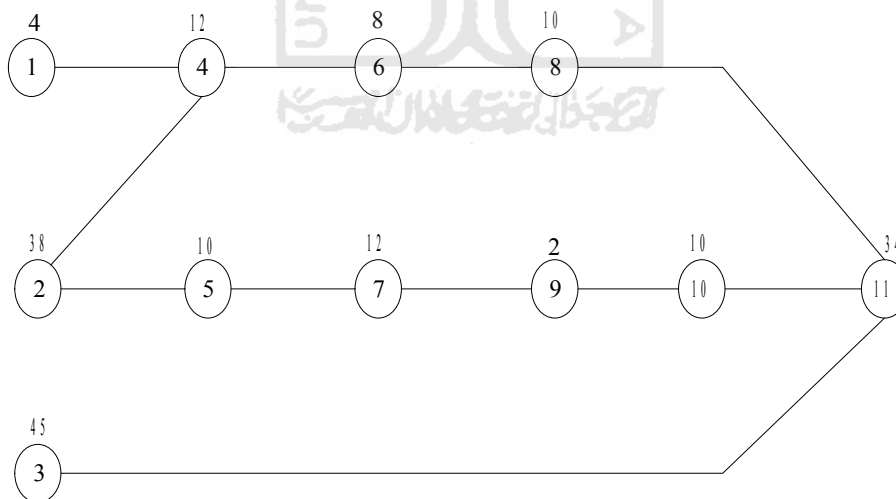
## 5. Studi kasus 5

Gambar 4.5 *Precedence* Diagram Studi Kasus 5 (Elsayed & Boucher 1994)

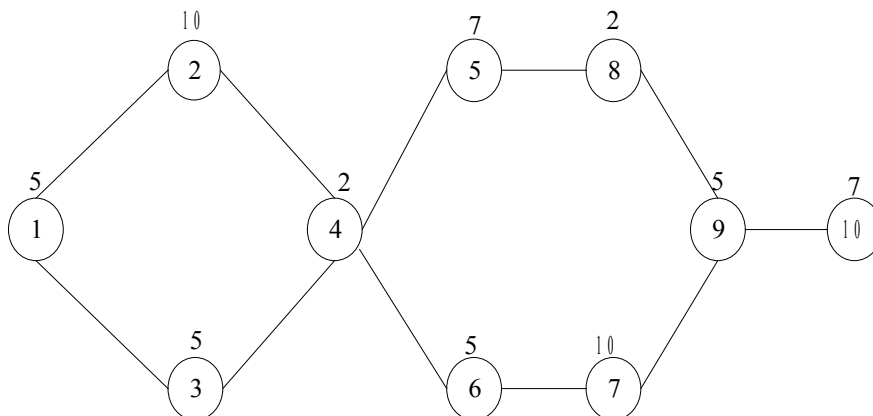
## 6. Studi kasus 6

Gambar 4.6 *Precedence Diagram* Studi Kasus 6 (Elsayed & Boucher 1994)

## 7. Studi kasus 7

Gambar 4.7 *Precedence Diagram* Studi Kasus 7 (Elsayed & Boucher 1994)

8. Studi Kasus 8

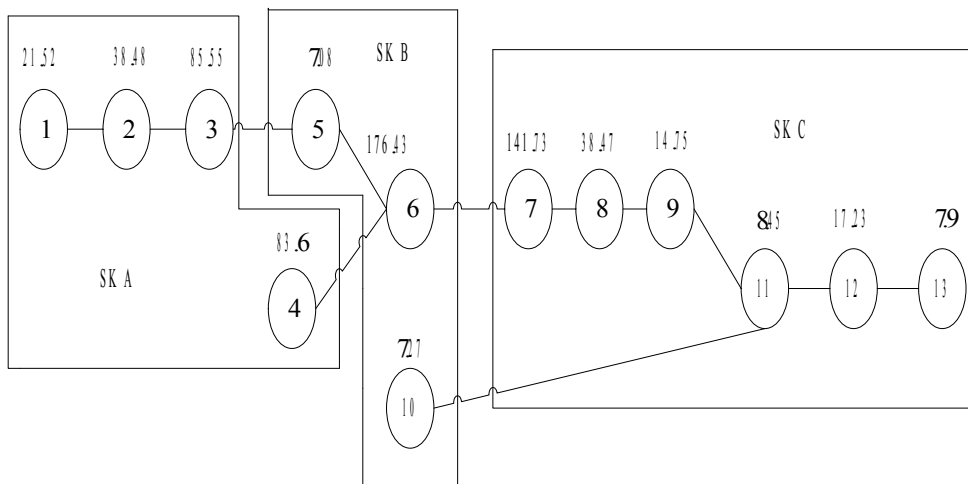


Gambar 4.8 *Precedence* Diagram Studi Kasus 8 (Elsayed & Boucher 1994)

4.1.2 Keseimbangan Awal

Langkah awal dalam melakukan pengujian ini adalah dengan melakukan penyeimbangan awal pada masing-masing studi kasus, yaitu:

1. Keseimbangan awal studi kasus 1



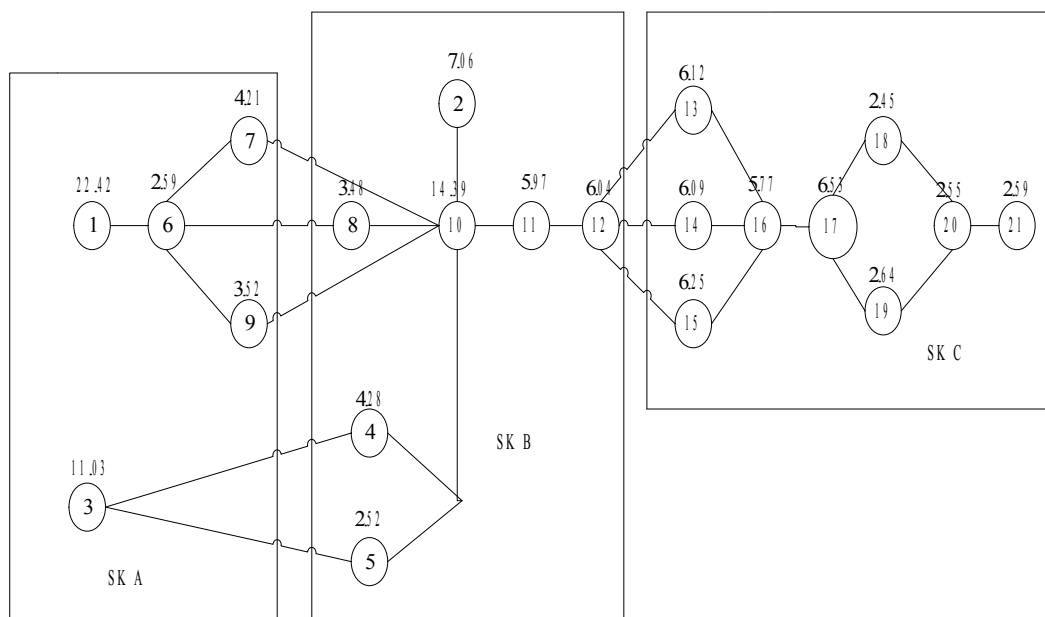
Gambar 4.9 *Precedence* Diagram Keseimbangan Awal Studi Kasus 1

Berdasarkan *precedence* diagram keseimbangan awal diatas, maka dapat dibuat tabel pembagian elemen kerja keseimbangan awal yaitu:

Tabel 4.1 Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Awal Studi Kasus 1

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	$T_i$	Waktu stasiun kerja	Efisiensi Lintasan	<i>Balance Delay</i>	<i>Smoothness Index</i>	<i>Idle Time</i>
A	1	21.52	229.15	94.33268	5.667321	38.37454	38.96
	4	83.6					
	2	38.48					
	3	85.55					
B	5	7.08	190.78				
	6	176.43					
	10	7.27					
C	7	141.73	228.56				
	8	38.47					
	9	14.75					
	11	8.48					
	12	17.23					
	13	7.9					

## 2. Keseimbangan awal studi kasus 2



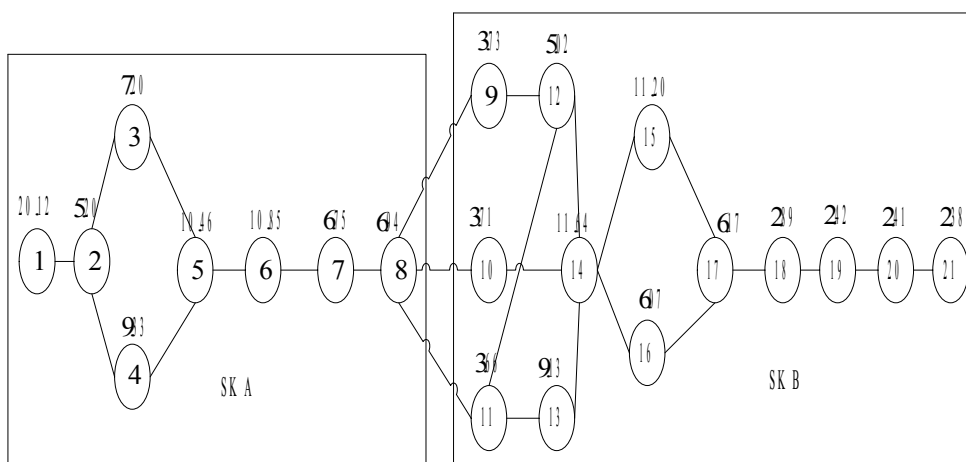
Gambar 4.10 *Precedence* Diagram Keseimbangan Awal Studi Kasus 2

Berdasarkan *precedence* diagram keseimbangan awal diatas, maka dapat dibuat tabel pembagian elemen kerja keseimbangan awal yaitu:

Tabel 4.2 Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Awal Studi Kasus 2

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	$T_i$	Waktu stasiun kerja	Efisiensi Lintasan	<i>Balance Delay</i>	<i>Smoothness Index</i>	<i>Idle Time</i>
A	1	22.42	43.78	97.84529	2.154713	2.790287	2.83
	6	2.59					
	3	11.03					
	9	3.52					
	7	4.22					
B	8	3.48	43.74				
	4	4.28					
	2	7.06					
	5	2.52					
	10	14.39					
	11	5.97					
	12	6.04					
C	14	6.09	40.99				
	15	6.25					
	13	6.12					

### 3. Keseimbangan awal studi kasus 3

Gambar 4.11 *Precedence* Diagram Keseimbangan Awal Studi Kasus 3

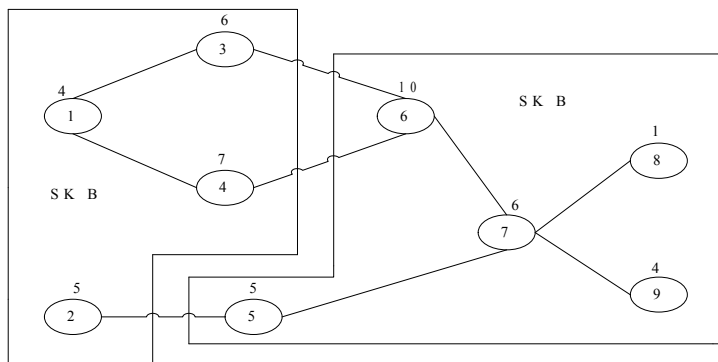


Berdasarkan *precedence* diagram keseimbangan awal diatas, maka dapat dibuat tabel pembagian elemen kerja keseimbangan awal yaitu:

Tabel 4.3 Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Awal Studi Kasus 3

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	$T_i$	Waktu stasiun kerja	Efisiensi Lintasan	<i>Balance Delay</i>	<i>Smoothness Index</i>	<i>Idle Time</i>
A	1	20.12	76.86	95.83008	4.169919	6.41	6.41
	2	5.2					
	3	7.2					
	4	9.32					
	5	10.46					
	6	10.86					
	7	6.76					
	8	6.94					
B	11	3.66	70.45	95.83008	4.169919	6.41	6.41
	10	3.71					
	9	3.73					
	13	9.13					
	12	5.02					
	14	11.64					
	15	11.2					
	16	6.08					
	17	6.17					
	18	2.89					
	19	2.43					
	20	2.41					
	21	2.38					

#### 4. Keseimbangan awal studi kasus 4



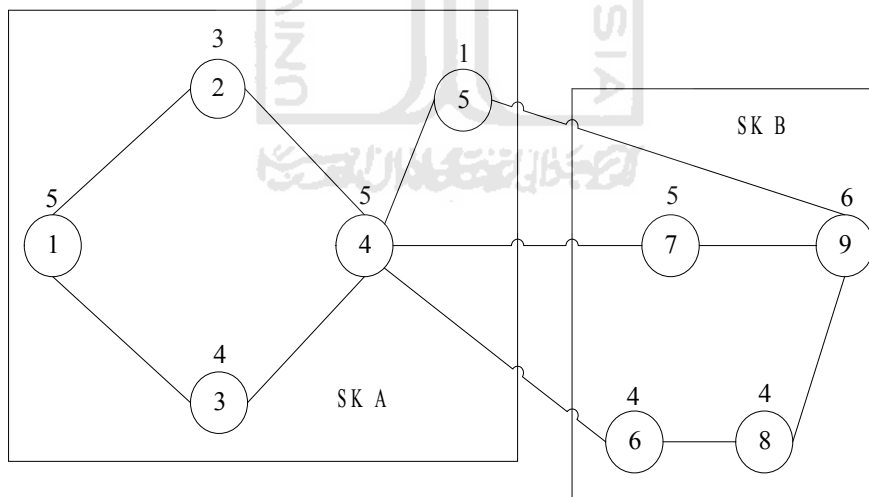
Gambar 4.12 *Precedence* Diagram Keseimbangan Awal Studi Kasus 4

Berdasarkan *precedence* diagram keseimbangan awal diatas, maka dapat dibuat tabel pembagian elemen kerja keseimbangan awal yaitu:

Tabel 4.4 Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Awal Studi Kasus 4

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	$T_i$	Waktu stasiun kerja	Efisiensi Lintasan	<i>Balance Delay</i>	<i>Smoothness Index</i>	<i>Idle Time</i>
A	2	5	22	92.30769	7.692308	4	4
	1	4					
	3	6					
	4	7					
B	5	5	26	92.30769	7.692308	4	4
	6	10					
	7	6					
	9	4					
	8	1					

5. Keseimbangan awal studi kasus 5



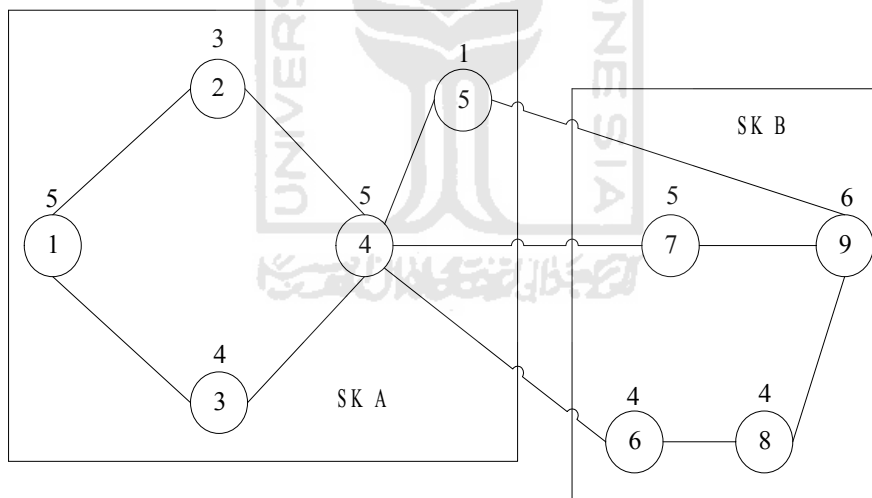
Gambar 4.13 *Precedence* Diagram Keseimbangan Awal Studi Kasus 5

Berdasarkan *precedence* diagram keseimbangan awal diatas, maka dapat dibuat tabel pembagian elemen kerja keseimbangan awal yaitu:

Tabel 4.5 Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Awal Studi Kasus 5

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	Ti	Waktu stasiun kerja	Efisiensi Lintasan	Balance Delay	Smoothness Index	Idle Time
A	1	5	18	97.36842	2.631579	1	1
	2	3					
	3	4					
	4	5					
	5	1					
B	7	5	19	97.36842	2.631579	1	1
	6	4					
	8	4					
	9	6					

6. Keseimbangan awal studi kasus 6



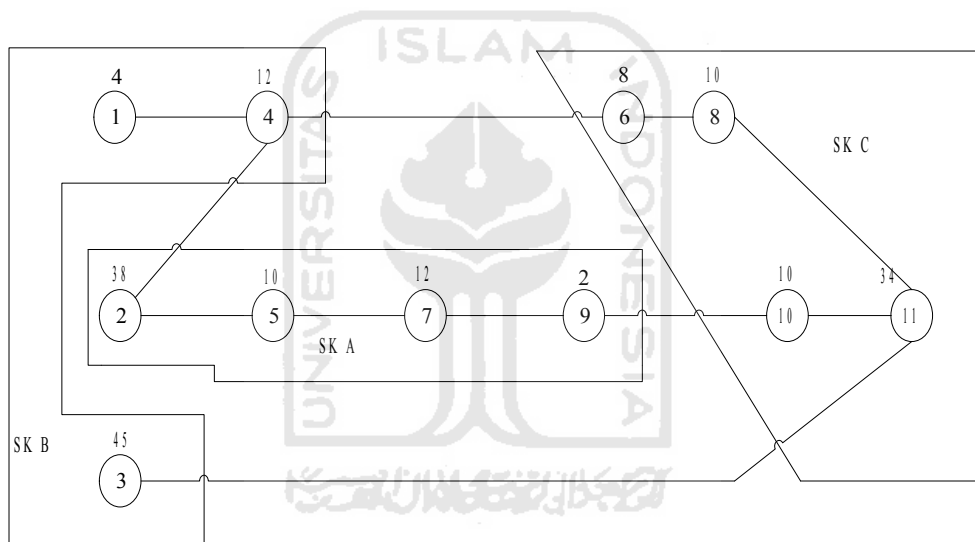
Gambar 4.14 *Precedence* Diagram Keseimbangan Awal Studi Kasus 6

Berdasarkan *precedence* diagram keseimbangan awal diatas, maka dapat dibuat tabel pembagian elemen kerja keseimbangan awal yaitu:

Tabel 4.6 Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Awal Studi Kasus 6

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	$T_i$	Waktu stasiun kerja	Efisiensi Lintasan	<i>Balance Delay</i>	<i>Smoothness Index</i>	<i>Idle Time</i>
A	1	5	18	97.36842	2.631579	1	1
	2	3					
	3	4					
	4	5					
	5	1					
B	7	5	19				
	6	4					
	8	4					
	9	6					

7. Keseimbangan awal studi kasus 7



Gambar 4.15 *Precedence* Diagram Keseimbangan Awal Studi Kasus 7

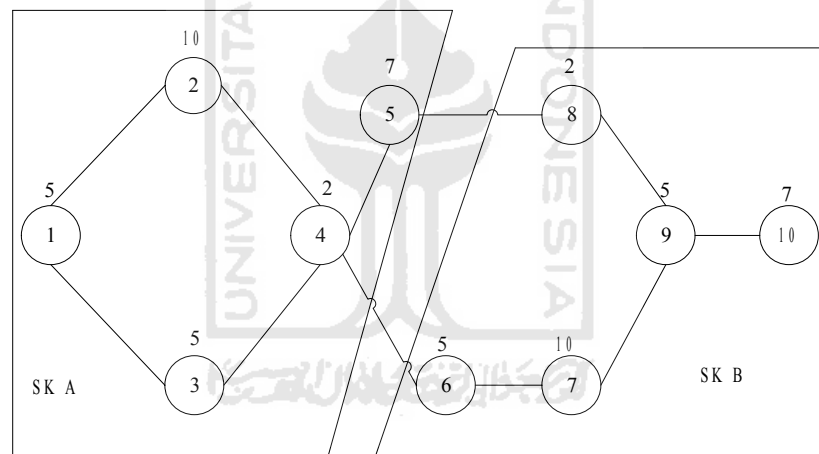
Berdasarkan *precedence* diagram keseimbangan awal diatas, maka dapat dibuat tabel pembagian elemen kerja keseimbangan awal yaitu:

Tabel 4.7 Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Awal Studi Kasus 7

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	$T_i$	Waktu stasiun kerja	Efisiensi Lintasan	<i>Balance Delay</i>	<i>Smoothness Index</i>	<i>Idle Time</i>
A	2	38	62	99.46237	0.537634	1	1

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	$T_i$	Waktu stasiun kerja	Efisiensi Lintasan	<i>Balance Delay</i>	<i>Smoothness Index</i>	<i>Idle Time</i>
	5	10					
	7	12					
	9	2					
B	1	4	61				
	3	45					
	4	12					
C	6	8	62				
	8	10					
	10	10					
	11	34					

### 8. Keseimbangan awal studi kasus 8



Gambar 4.16 *Precedence* Diagram Keseimbangan Awal Studi Kasus 8

Berdasarkan *precedence* diagram keseimbangan awal diatas, maka dapat dibuat tabel pembagian elemen kerja keseimbangan awal yaitu:

Tabel 4.8 Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Awal Studi Kasus 8

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	$T_i$	Waktu stasiun kerja	Efisiensi Lintasan	<i>Balance Delay</i>	<i>Smoothness Index</i>	<i>Idle Time</i>
A	1	5	29	100	0	0	0
	2	10					

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	$T_i$	Waktu stasiun kerja	Efisiensi Lintasan	<i>Balance Delay</i>	<i>Smoothness Index</i>	<i>Idle Time</i>
B	3	5					
	4	2					
	5	7					
	8	2	29				
	6	5					
	7	10					
	9	5					
	10	7					

## 4.2 Pengolahan Data

Pada tahap ini, akan ditunjukkan kebenaran dari parameter yang telah diidentifikasi sehingga dapat diperoleh hasil yang dibutuhkan untuk analisis pada bab V.

### 4.2.1 Keseimbangan Akhir

Dengan menggunakan batasan-batasan parameter yang telah diidentifikasi, ditunjukkan keseimbangan akhir masing-masing studi kasus yang telah mengalami *rebalancing* terhadap keseimbangan awal, yaitu:

1. Keseimbangan akhir studi kasus 1
  - a. Keseimbangan akhir jika  $CT = CT_{var}$

Tabel 4.9 Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Akhir Studi Kasus 1

Jika  $CT = CT_{var}$

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	$T_i$	Waktu stasiun kerja	Efisiensi Lintasan	<i>Balance Delay</i>	<i>Smoothness Index</i>	<i>Idle Time</i>
A	1	21.52	236.23	91.50545	8.494546	53.087	60.2
	4	83.6					
	2	38.48					
	3	85.55					

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	$T_i$	Waktu stasiun kerja	Efisiensi Lintasan	<i>Balance Delay</i>	<i>Smoothness Index</i>	<i>Idle Time</i>
	5	7.08					
B	6	176.43	183.7				
	10	7.27					
C	7	141.73	228.56				
	8	38.47					
	9	14.75					
	11	8.48					
	12	17.23					
	13	7.9					

b. Keseimbangan akhir jika  $CT = CT_{fix}$

Tabel 4.10 Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Akhir Studi Kasus 1

Jika  $CT = CT_{fix}$

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	$T_i$	Waktu stasiun kerja	Efisiensi Lintasan	<i>Balance Delay</i>	<i>Smoothness Index</i>	<i>Idle Time</i>
A	1	22.52	152.37				
	4	83.6					
	2	38.98					
	10	7.27					
B	3	85.55	92.63				
	5	7.08					
C	6	176.43	176.43	71.09621	28.90379	164.315	264.25
D	7	141.73	228.56				
	8	38.47					
	9	14.75					
	11	8.48					
	12	17.23					
	13	7.9					

## 2. Keseimbangan akhir studi kasus 2

a. Keseimbangan akhir jika  $CT = CT_{var}$ 

Tabel 4.11 Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Akhir Studi Kasus 2

Jika  $CT = CT_{var}$ 

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	$T_i$	Waktu stasiun kerja	Efisiensi Lintasan	Balance Delay	Smoothness Index	Idle Time
A	1	22.42	40.26				
	6	2.59					
	3	11.03					
	7	4.22					
B	9	3.52	47.26	90.64043	9.36	9.397494	13.27
	8	3.48					
	4	4.28					
	2	7.06					
	5	2.52					
	10	14.39					
	11	5.97					
12	6.04						
C	14	6.09	40.99				
	15	6.25					
	13	6.12					
	16	5.77					
	17	6.53					
	19	2.64					
	18	2.45					
	20	2.55					
	21	2.59					

b. Keseimbangan akhir jika  $CT = CT_{fix}$ 

Tabel 4.12 Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Akhir Studi Kasus 2

Jika  $CT = CT_{fix}$



Stasiun Kerja	Elemen Kerja	$T_i$	Waktu stasiun kerja	Efisiensi Lintasan	<i>Balance Delay</i>	<i>Smoothness Index</i>	<i>Idle Time</i>
A	1	22.42	32.07	92.47985	7.52	6.623677	10.45
	6	2.59					
	2	7.06					
B	8	3.48	29.05				
	7	4.22					
	9	3.52					
	3	11.03					
	5	2.52					
	4	4.28					
C	10	14.39	32.65				
	11	5.97					
	12	6.04					
	15	6.25					
D	14	6.09	34.74				
	13	6.12					
	16	5.77					
	17	6.53					
	19	2.64					
	18	2.45					
	20	2.55					
21	2.59						

### 3. Keseimbangan akhir studi kasus 3

#### a. Keseimbangan akhir jika $CT = CT_{var}$

Tabel 4.13 Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Akhir Studi Kasus 3

Jika  $CT = CT_{var}$

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	$T_i$	Waktu stasiun kerja	Efisiensi Lintasan	<i>Balance Delay</i>	<i>Smoothness Index</i>	<i>Idle Time</i>
A	1	20.12	69.92	95.1738	4.826205	7.47	7.47
	2	5.2					
	3	7.2					
	4	9.32					
	5	10.46					
	6	10.86					
	7	6.76					

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	$T_i$	Waktu stasiun kerja	Efisiensi Lintasan	<i>Balance Delay</i>	<i>Smoothness Index</i>	<i>Idle Time</i>
B	8	6.94	77.39				
	11	3.66					
	10	3.71					
	9	3.73					
	13	9.13					
	12	5.02					
	14	11.64					
	15	11.2					
	16	6.08					
	17	6.17					
	18	2.89					
	19	2.43					
	20	2.41					
21	2.38						

b. Keseimbangan akhir jika  $CT = CT_{fix}$

Tabel 4.14 Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Akhir Studi Kasus 3

Jika  $CT = CT_{fix}$

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	$T_i$	Waktu stasiun kerja	Efisiensi Lintasan	<i>Balance Delay</i>	<i>Smoothness Index</i>	<i>Idle Time</i>
A	1	20.12	52.3				
	2	5.2					
	3	7.2					
	4	9.32					
	5	10.46					
B	6	10.86	49.81	93.88783	6.112173	7.523968	9.59
	7	6.76					
	8	6.94					
	11	3.66					
	13	9.13					
	10	3.71					
	9	3.73					
C	12	5.02	45.2				
	14	11.64					
	15	11.2					

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	$T_i$	Waktu stasiun kerja	Efisiensi Lintasan	<i>Balance Delay</i>	<i>Smoothness Index</i>	<i>Idle Time</i>
	16	6.08					
	17	6.17					
	18	2.89					
	19	2.43					
	20	2.41					
	21	2.38					

4. Keseimbangan akhir studi kasus 4

a. Keseimbangan akhir jika  $CT = CT_{var}$

Tabel 4.15 Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Akhir Studi Kasus 4

Jika  $CT = CT_{var}$

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	$T_i$	Waktu stasiun kerja	Efisiensi Lintasan	<i>Balance Delay</i>	<i>Smoothness Index</i>	<i>Idle Time</i>
A	1	4	17	77.41935	22.58065	14	14
	3	6					
	4	7					
B	2	5	31	77.41935	22.58065	14	14
	5	5					
	6	10					
	7	6					
	9	4					
	8	1					

b. Keseimbangan akhir jika  $CT = CT_{fix}$

Tabel 4.16 Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Akhir Studi Kasus 4

Jika  $CT = CT_{fix}$

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	$T_i$	Waktu stasiun kerja	Efisiensi Lintasan	<i>Balance Delay</i>	<i>Smoothness Index</i>	<i>Idle Time</i>
A	1	4	9	87.27273	12.72727	4.582576	7
	2	5					
B	5	5	11	87.27273	12.72727	4.582576	7
	3	6					
C	4	7	7				

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	$T_i$	Waktu stasiun kerja	Efisiensi Lintasan	<i>Balance Delay</i>	<i>Smoothness Index</i>	<i>Idle Time</i>
D	6	10	10				
E	7	6	11				
	8	1					
	9	4					

### 5. Keseimbangan akhir studi kasus 5

Tabel 4.17 Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Akhir Studi Kasus 5

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	Ti	Waktu stasiun kerja	Efisiensi Lintasan	<i>Balance Delay</i>	<i>Smoothness Index</i>	<i>Idle Time</i>
A	1	5	18	97.222222	2.777778	1	1
	2	3					
	3	4					
	4	5					
	5	1					
B	7	5	17	97.222222	2.777778	1	1
	6	4					
	8	3					
	9	5					

### 6. Keseimbangan akhir studi kasus 6

Tabel 4.18 Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Akhir Studi Kasus 6

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	$T_i$	Waktu stasiun kerja	Efisiensi Lintasan	<i>Balance Delay</i>	<i>Smoothness Index</i>	<i>Idle Time</i>
A	1	5	20	97.5	2.5	1	1
	2	3					
	3	4					
	4	5					
	5	3					
B	7	5	19	97.5	2.5	1	1
	6	4					

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	$T_i$	Waktu stasiun kerja	Efisiensi Lintasan	<i>Balance Delay</i>	<i>Smoothness Index</i>	<i>Idle Time</i>
	8	4					
	9	6					

7. Keseimbangan akhir studi kasus 7

a. Keseimbangan akhir jika  $CT = CT_{var}$

Tabel 4.19 Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Akhir Studi Kasus 7

Jika  $CT = CT_{var}$

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	$T_i$	Waktu stasiun kerja	Efisiensi Lintasan	<i>Balance Delay</i>	<i>Smoothness Index</i>	<i>Idle Time</i>
A	2	38	72	85.64815	14.35185	22.82542	31
	5	10					
	7	12					
	9	2					
	10	10					
B	1	4	61	85.64815	14.35185	22.82542	31
	3	45					
	4	12					
C	6	8	52	85.64815	14.35185	22.82542	31
	8	10					
	11	34					

b. Keseimbangan akhir jika  $CT = CT_{fix}$

Tabel 4.20 Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Akhir Studi Kasus 7

Jika  $CT = CT_{fix}$

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	$T_i$	Waktu stasiun kerja	Efisiensi Lintasan	<i>Balance Delay</i>	<i>Smoothness Index</i>	<i>Idle Time</i>
A	1	4	49	93.5	6.5	8.544004	13
	3	45					
B	2	40	50				
	5	10					
C	4	12	44				
	7	12					
	6	8					
	9	2					
	8	10					
D	10	10	44				
	11	34					

8. Keseimbangan akhir studi kasus 8

a. Keseimbangan akhir jika  $CT = CT_{var}$

Tabel 4.21 Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Akhir Studi Kasus 8

Jika  $CT = CT_{var}$

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	$T_i$	Waktu stasiun kerja	Efisiensi Lintasan	<i>Balance Delay</i>	<i>Smoothness Index</i>	<i>Idle Time</i>
A	1	5	31	93.54839	6.451613	4	4
	2	10					
	3	5					
	4	2					
	5	7					
	8	2					
B	6	5	27				
	7	10					
	9	5					
	10	7					

b. Keseimbangan akhir jika  $CT = CT_{fix}$

Tabel 4.22 Pembagian Elemen Kerja Keseimbangan Akhir Studi Kasus 8

Jika  $CT = CT_{fix}$

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	$T_i$	Waktu stasiun kerja	Efisiensi Lintasan	<i>Balance Delay</i>	<i>Smoothness Index</i>	<i>Idle Time</i>
A	1	5	20	95.2381	4.761905	2.236068	3
	3	5					
	2	10					
B	4	4	19				
	6	5					
	7	10					
C	5	7	21				
	8	2					
	9	5					
	10	7					



## **BAB V**

### **PEMBAHASAN**

Pada bab pembahasan ini, akan dibahas mengenai hasil dari pengolahan data pada bab IV sehingga dapat menjawab rumusan masalah penelitian yang dilakukan.

#### **5.1 Identifikasi Parameter pada Lini Perakitan Satu Sisi.**

Dalam aplikasi lini perakitan, dikenal ada dua macam lini perakitan yaitu lini perakitan satu sisi dan lini perakitan dua sisi. Pengidentifikasian parameter pada penelitian ini dilakukan pada lini perakitan satu sisi. Dan hasil identifikasi parameter ini juga berdasarkan eksperimen yang dilakukan pada beberapa studi kasus lini perakitan satu sisi. Sehingga parameter yang diidentifikasi dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan *rebalancing* sebuah lini perakitan satu sisi dalam waktu proses dinamis.

Dengan mengetahui bahwa parameter yang diidentifikasi dalam penelitian ini merupakan parameter yang digunakan sebagai acuan untuk lini perakitan satu sisi, maka parameter ini tidak dapat digunakan sebagai acuan untuk lini perakitan dua sisi. Sehingga untuk mengetahui apakah parameter yang diidentifikasi ini dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan *rebalancing* sebuah lini perakitan dua sisi dalam waktu proses dinamis, maka harus dilakukan pengujian parameter tersebut pada beberapa kasus dinamika waktu proses pada lini perakitan dua sisi.



## **5.2 Identifikasi Parameter Tidak Memperhatikan Peralatan yang Digunakan**

Pengidentifikasi parameter pada penelitian ini dilakukan tanpa memperhatikan peralatan (*tools*) yang digunakan pada penugasan tiap elemen kerja. Dan hasil identifikasi parameter ini juga tidak berdasarkan peralatan yang digunakan pada penugasan tiap elemen kerja. Sehingga parameter yang diidentifikasi dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan *rebalancing* sebuah lini perakitan dalam waktu proses dinamis tanpa memperhatikan peralatan yang digunakan.

Dengan mengetahui bahwa parameter yang diidentifikasi dalam penelitian ini merupakan parameter yang digunakan sebagai acuan untuk menentukan *rebalancing* sebuah lini perakitan dalam waktu proses dinamis tanpa memperhatikan peralatan yang digunakan, maka parameter ini tidak dapat digunakan sebagai acuan untuk lini perakitan yang memperhatikan peralatan yang digunakan. Sehingga untuk mengetahui apakah parameter yang diidentifikasi ini dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan *rebalancing* sebuah lini perakitan dalam waktu proses dinamis dengan memperhatikan peralatan yang digunakan, maka harus dilakukan pengujian parameter tersebut pada beberapa kasus dinamika waktu proses pada lini perakitan yang memperhatikan peralatan yang digunakan.

## **5.3 Identifikasi Parameter Berdasarkan Dinamika Waktu Proses pada Elemen Kerja**

Pengidentifikasi parameter pada penelitian ini dilakukan berdasarkan dinamika waktu proses pada elemen kerja. Dan hasil identifikasi parameter ini juga berdasarkan eksperimen yang dilakukan pada beberapa studi kasus dinamika waktu proses disetiap elemen kerja. Sehingga parameter yang diidentifikasi dapat digunakan sebagai acuan

untuk menentukan *rebalancing* sebuah lini perakitan dalam waktu proses dinamis berdasarkan adanya dinamika waktu proses pada elemen kerja.

Dengan mengetahui bahwa parameter yang diidentifikasi dalam penelitian ini merupakan parameter yang digunakan sebagai acuan untuk menentukan *rebalancing* sebuah lini perakitan dalam waktu proses dinamis berdasarkan adanya dinamika waktu proses pada elemen kerja, maka parameter ini tidak dapat digunakan sebagai acuan untuk lini perakitan dengan dinamika waktu proses diluar elemen kerja, misalnya kerusakan mesin, kurangnya operator dan faktor lain diluar dinamika waktu proses pada elemen kerja. Sehingga untuk mengetahui apakah parameter yang diidentifikasi ini dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan *rebalancing* sebuah lini perakitan dalam waktu proses dinamis berdasarkan adanya dinamika waktu proses diluar dinamika waktu proses pada elemen kerja, maka harus dilakukan pengujian parameter tersebut pada beberapa kasus dinamika waktu proses diluar elemen kerja pada lini perakitan.

#### **5.4 Identifikasi Parameter Berdasarkan Cara Penentuan $CT_{var}$ dan $CT_{fix}$**

Pengidentifikasi parameter pada penelitian ini dilakukan berdasarkan cara penentuan besarnya  $CT_{var}$  dan  $CT_{fix}$ . Dan hasil identifikasi parameter ini juga berdasarkan cara penentuan besarnya  $CT_{var}$  dan  $CT_{fix}$  tersebut. Sehingga parameter yang diidentifikasi dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan *rebalancing* sebuah lini perakitan dalam waktu proses dinamis berdasarkan cara penentuan besarnya  $CT_{var}$  dan  $CT_{fix}$ .

Dengan mengetahui bahwa parameter yang diidentifikasi dalam penelitian ini merupakan parameter yang digunakan sebagai acuan untuk menentukan *rebalancing*

sebuah lini perakitan dalam waktu proses dinamis berdasarkan cara penentuan besarnya  $CT_{var}$  dan  $CT_{fix}$ , maka parameter ini tidak dapat digunakan sebagai acuan untuk  $CT$  diantara kedua waktu tersebut. Sehingga untuk mengetahui apakah parameter yang diidentifikasi ini dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan *rebalancing* sebuah lini perakitan dalam waktu proses dinamis dengan  $CT$  diantara kedua waktu tersebut, maka harus dilakukan pengujian parameter tersebut pada beberapa kasus dinamika waktu proses pada lini perakitan dengan menggunakan  $CT$  diantara kedua waktu tersebut.



## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Dari hasil pengolahan data dan analisis data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa parameter yang diidentifikasi dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan *rebalancing* sebuah lini perakitan dalam waktu proses dinamis.

#### 6.2 Saran

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh data-data yang dapat dijadikan bahan rekomendasi bagi peneliti berikutnya yang akan melakukan penelitian dibidang keilmuan yang sama. Adapun saran yang dapat diberikan bagi peneliti berikutnya, yaitu:

- a. Sebaiknya dilakukan identifikasi parameter mengenai dinamika waktu proses pada lini perakitan dua sisi.
- b. Perlu diteliti lebih lanjut dampak dari dinamika waktu proses selain menyebabkan *rebalancing* terhadap keseimbangan awal.
- c. Hasil penelitian ini hendaknya menjadi sumber inspirasi bagi peneliti selanjutnya untuk mencoba mengidentifikasi parameter pada kasus *assembly line balancing* yang lebih kompleks.

## DAFTAR PUSTAKA

- Baroto, T. 2002. *Perencanaan dan pengendalian produksi*. Jakarta : PT Ghalia Indonesia
- Cakir, B., Altiparmak, F., & Dengiz, B. 2011. Multi-objective optimization of a stochastic assembly-line balancing: A hybrid simulated annealing algorithm. *Computers & Industrial Engineering*. 60, 376-384
- Chiang, W., & Urban, T. L. 2006. The stochastic U-line balancing problem: A heuristic procedure. *European Journal of Operational Research*. 175, 1767-1781
- Choi, G. 2009. A goal programming mixed-model line balancing for processing time and physical workload. *Computers & Industrial Engineering*. 57, 395-400
- Elsayed, E. A., & Boucher, T. O. 1994. *Analysis and control of production system*. Prentice Hall, Inc., New Jersey.
- Gasperz, V. 1998. *Production planning and inventory control: Berdasarkan pendekatan sistem terintegrasi MRP II dan JIT menuju manufacturing 21*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Gen, M., Tsujimura, Y. & Li, Y. 1996. Fuzzy assembly line balancing using genetic algorithms. *Computers&Industrial Engineering*.31, 631-634
- Gosh, S., & Gagnon, R.J. 1989. Comprehensive Literature of Assembly System. *International Journal of Production Research*.
- Hidayat, E. K. 2005. *Aplikasi metode stokastik line balancing untuk meningkatkan efisiensi Lini. Tugas Akhir*. FTI, UII, Yogyakarta.
- Irawati, D. A. 2005. *Aplikasi metode line balancing pada kondisi stokastik untuk meningkatkan kapasitas produksi shuttle cocks. Tugas Akhir*. FTI, UII, Yogyakarta.
- Tsujimura, Y., Gen., M. & Kubota, E. 1995. "Solving Fuzzy Assembly-Line Balancing Problem with Genetic Algorithms", *Computers&Industrial Engineering*.29. 534-537
- Purnomo, H. 2004. *Pengantar teknik industri*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Rachman, A. 2004. *Perbaikan lintasan produksi dengan menggunakan metode line balancing. Tugas Akhir*. FTI, UII, Yogyakarta.
- Shin, D. 1990. An effective heuristic for solving stochastic assembly line balancing problems. *Computers&Industrial Engineering*. 18(3), 285-295.

Sutalaksana & Iftikar, A. 1979. *Teknik Tata Cara Kerja*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Wignjosoebroto, S. 2006. *Ergonomi studi gerak dan waktu*. Surabaya: Guna Widya.

