

LAPORAN PENELITIAN
INTERNAL STTA TAHUN 2012/2013



SIMULASI BENGKEL PENGECORAN LOGAM PT."X"
DENGAN PENDEKATAN LINE BALANCING

Oleh:

RIANI NURDIN, S.T., M.Sc.

Dibiayai melalui Dana Penelitian Internal STTA

Tahun Anggaran 2012/2013

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI ADISUTJIPTO
YOGYAKARTA
2013

HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Penelitian : Simulasi Bengkel Pengecoran Logam PT."X"
Dengan Pendekatan Line Balancing
2. Bidang Penelitian : Teknik Industri
3. Ketua Peneliti
 - a. Nama Lengkap : Riani Nurdin, S.T., M.Sc.
 - b. Jenis Kelamin : Perempuan
 - c. NIP/NIDN : 19751027 200501 2 001/0027107502
 - d. Pangkat/Golongan : Penata Muda / IIIa
 - e. Jabatan Fungsional : Lektor
 - f. Program Studi : Teknik Industri
4. Jumlah Anggota Peneliti : -
5. Lokasi Penelitian : Bengkel Pengecoran PT "X" Cepher Klaten
6. Bila penelitian ini merupakan kerjasama kelembagaan:
 - a. Nama Instansi : -
 - b. Alamat : -
7. Waktu Penelitian : 3 bulan
8. Jumlah Biaya yang diusulkan : Rp. 1.500.000,00
(Satu juta lima ratus ribu rupiah)



Menyetujui,
Ketua P3M
Denny Dermawan, S.T., M.Eng.
NIP.197111112005011001

Yogyakarta, 18 Juli 2013
Ketua Peneliti,



Riani Nurdin, S.T., M.Sc.
NIDN. 0027107502

ABSTRAK

Produktivitas adalah hal utama dan selalu ditingkatkan dalam setiap industri. Produktivitas adalah setara dengan efisiensi. produktivitas dapat tercapai jika diterapkan dalam sistem yang memiliki keseimbangan lintasan (*line balancing*). Pada PT “X” yang masih merupakan perusahaan tradisional dan memiliki permintaan untuk variabilitas produk yang besar dan siklus hidup lebih pendek mengharuskan metode produksi tradisional untuk diganti dengan lini perakitan yang seimbang. Tujuan sistem ini adalah untuk memproduksi produk pada tingkat produksi dalam waktu singkat, dengan cara yang paling produktif, murah dan dengan kualitas yang dibutuhkan. Keseimbangan lini (*line balancing*) sangat penting karena akan menentukan aspek-aspek lain dalam sistem produksi dalam jangka waktu yang cukup lama.

Model riil sistem dan model perbaikan yang digunakan dalam penelitian ini dibangun dengan Simulasi menggunakan *software ProModel*. Dari hasil perbaikan sistem dengan menggunakan pendekatan *line balancing* didapatkan terjadinya peningkatan produk jadi sebesar 279 % dan storage pada operasi pengecoran menurun sebesar 2475 %, jelas hal ini terbukti bahwa dengan pendekatan *line balancing* dapat mengurai adanya *bottleneck* pada rantai produksi dalam kasus ini *bottleneck* yang terurai terjadi pada operasi pengecoran

Kata Kunci: Simulasi, *Line Balancing*, *bottleneck*

PRAKATA

Assalamu'alaikum Wr.Wb

Dengan mengucapkan rasa syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, akhirnya penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul " Simulasi Bengkel Pengecoran Logam PT."X" Dengan Pendekatan Line Balancing". Penelitian ini merupakan salah satu penelitian yang tercakup dalam payung (*road map*) penelitian "Optimalisasi Sumber Daya".

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari sempurna. Disamping itu, tanpa bantuan pihak-pihak lain, penelitian ini tidak akan dapat penulis selesaikan. Karenanya, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ketua STTA yang telah memberikan ijin penelitian dan mendukung penelitian ini.
2. PUKET 1 STTA yang telah memberikan berbagai masukan dan dukungan pada penelitian ini.
3. Kepala LP3M STTA yang telah menyetujui penelitian ini.
4. Kajar dan rekan-rekan dosen Teknik Industri yang telah mendukung penelitian ini.
5. Seluruh Dosen dan Staff STTA.
6. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan bantuan dalam tersusunnya penelitian ini.

Akhir kata, semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang membutuhkannya, dan tak lupa penulis mangharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

SURAT KETERANGAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama & gelar : Yasrin Zabidi, S.T., M.T.
NIK / NIDN : 030127 / 0526017601
Pangkat/Golongan : III D
Jabatan Fungsional : Lektor (200 AK)
Bidang Ilmu : Teknik Industri
Unit Kerja / PT : Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto

Memberikan rekomendasi untuk Karya Ilmiah dengan Judul:

**Simulasi Bengkel Pengecoran Logam PT."X"
Dengan Pendekatan Line Balancing**

Atas nama Saudara di bawah ini:

Nama & gelar : Riani Nurdin, S.T., M.Sc.
NIP / NIDN : 197510272005012001 / 0027107502
Pangkat/Golongan : Penata Muda / IIIa
Jabatan Fungsional : Lektor (Lektor 200 AK)
Bidang Ilmu : Teknik Industri
Unit Kerja / PT : Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto

Isi rekomendasi Karya Ilmiah itu sebagai berikut:

- a. Mutu : ~~Amat Baik~~ / Baik / ~~Cukup~~ **)
- b. Softifikasi : ~~Amat Baik~~ / Baik / ~~Cukup~~ **)
- c. Kematakhiran : ~~Amat Baik~~ / Baik / ~~Cukup~~ **)

Demikian untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 18 Juli 2013

Yang memberikan rekomendasi



Yasrin Zabidi, S.T., M.T.
NIDN. 0526017601

SURAT KETERANGAN PERPUSTAKAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dra. Susi Herawati
NIK : 021018
Jabatan : Kepala Perpustakaan
Unit Kerja/ PTS : Perpustakaan STTA

Menerangkan bahwa telah menerima hasil penelitian Riani Nurdin, S.T., M.Sc. dengan judul

“Simulasi Bengkel Pengecoran Logam PT."X" Dengan Pendekatan Line Balancing”
dan digunakan sebagai Buku Pustaka dan Bahan Bacaan di Perpustakaan Sekolah
Tinggi Teknologi Adisutjipto Yogyakarta.

Demikian untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 18 Juli 2013

Perpustakaan STTA

Kepala



Dra. Susi Herawati

NIK : 021018

DAFTAR ISI

HALAMAN COVER	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
PRAKATA	iv
SURAT KETERANGAN KARYA ILMIAH	v
SURAT KETERANGAN PERPUSTAKAAN.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
BAB III METOE PENELITIAN	16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	38
DAFTAR PUSTAKA	40

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu	4
Tabel 4.1. Waktu baku proses produksi	24
Tabel 4.2. Matrik pendahulu	26
Tabel 4.3. Hasil perhitungan bobot posisi	26
Tabel 4.4. Hasil pengurutan operasi berdasarkan perhitungan bobot posisi	27
Tabel 4.5. Pembebanan pekerjaan pada lini produksi produk <i>hydrant</i>	28
Tabel 4.6. Hasil produksi simulasi sistem riil	29
Tabel 4.7. Entitas stasiun percetakan 1 / kecil	30
Tabel 4.8. Entitas stasiun percetakan 2 / besar	30
Tabel 4.9. Entitas stasiun perakitan	31
Tabel 4.10. Entitas stasiun pengecoran	31
Tabel 4.11. Entitas stasiun pembersihan	32
Tabel 4.12. Entitas stasiun inspeksi	32
Tabel 4.13. Hasil produksi simulasi system aplikasi	35
Tabel 4.14. perbandingan hasil produksi proses operasi berdasarkan model riil dan model aplikasi dengan pendekatan line balancing pada produk <i>hydrant</i>	36

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Tiga pendekatan dalam simulasi	15
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian	17
Gambar 4.1. Peta proses operasi	23
Gambar 4.2. Precedence diagram proses produksi produk <i>hydrant</i>	25
Gambar 4.3. Pembebanan pekerjaan pada lini produksi produk <i>hydrant</i>	28
Gambar 4.4. Model simulasi system riil lintasan produksi produk <i>hydrant</i>	29
Gambar 4.5. ACD model simulasi dengan pendekatan <i>line balancing</i>	33
Gambar 4.6. <i>Flowchart</i> penyusunan model simulasi	34
Gambar 4.7. Model simulasi aplikasi dengan pendekatan <i>line balancing</i>	35
Gambar 4.8. Grafik perbandingan simulasi riil dan simulasi aplikasi <i>line balancing</i>	37

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam era globalisasi ini, persaingan menjadi semakin intens. Perusahaan tidak hanya harus bersaing secara lokal, tetapi juga secara global. Mengurangi biaya produksi tanpa mengorbankan kualitas produk dan tanpa kehilangan waktu untuk masuk ke pasar sangat penting bagi kelangsungan hidup perusahaan manufaktur di pasar global.

PT. 'X' yang merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak dibidang produksi dengan aktivitas pengecoran logam yang menjadi kompetensi utamanya selama kurun waktu 20 tahun, adalah waktu yang cukup untuk mengembangkan komitmen terhadap kepuasan pelanggan, meliputi *quality*, *cost* dan *delivery*. Produk-produk cor yang bertonase besar khususnya berbahan dasar besi kelabu menjadi produk unggulannya selain juga membuat produk-produk yang langsung dijual ke pasar seperti *hydrant*, *counter weight forklift* dan *gate valve* untuk saluran pipa air. Meningkatkan produktivitas penting untuk memastikan kelangsungan hidup banyak pemain di sektor pengecoran logam. Terlambatnya pengiriman barang karena produktivitas rendah dapat menyebabkan perusahaan kehilangan pelanggan serta mengakibatkan ketidakpuasan pelanggan.

Salah satu cara untuk meningkatkan produktivitas adalah melalui perbaikan, desain, dan instalasi sistem terintegrasi antara manusia, material, informasi, peralatan, dan energi. Hal ini berdasarkan pengetahuan khusus dan keterampilan dalam, matematika, fisika, dan ilmu sosial bersamaan dengan prinsip dan metode analisis rekayasa dan desain untuk menentukan, memprediksi, dan mengevaluasi hasil yang akan diperoleh dari sistem tersebut. Beberapa metode yang biasa digunakan untuk memecahkan masalah produktivitas mencakup *work study* antara lain adalah, *line-balancing*, kontrol kualitas, perencanaan dan pengendalian produksi, simulasi, fasilitas perencanaan, dan lain-lain. Teknik-teknik ini ditujukan untuk mencapai keberlanjutan produksi, meningkatkan efisiensi dan efektivitas melalui pemanfaatan sumber daya yang lebih baik.

Pada PT "X" yang masih merupakan perusahaan tradisional dan memiliki permintaan untuk variabilitas produk yang besar dan siklus hidup lebih pendek mengharuskan metode produksi tradisional untuk diganti dengan lini perakitan yang seimbang. Tujuan sistem ini adalah untuk memproduksi produk pada tingkat produksi dalam waktu singkat, dengan cara

yang paling produktif, murah dan dengan kualitas yang dibutuhkan. Keseimbangan lini sangat penting karena akan menentukan aspek-aspek lain dalam sistem produksi dalam jangka waktu yang cukup lama. Beberapa aspek yang terpengaruh antara lain biaya, keuntungan, tenaga kerja, peralatan, dan sebagainya. Keseimbangan lini ini digunakan untuk mendapatkan lintasan perakitan yang memenuhi tingkat produksi tertentu. Demikian penyeimbangan lini harus dilakukan dengan metode yang tepat sehingga menghasilkan keluaran berupa keseimbangan lini yang terbaik. Tujuan akhir pada *line balancing* adalah memaksimalkan kecepatan di tiap stasiun kerja sehingga dicapai efisiensi kerja yang tinggi di tiap stasiun (Kusuma, 1999).

Disamping hal tersebut kemampuan pemrosesan komputer telah meningkat pesat selama dekade terakhir. Semakin banyak software aplikasi yang tersedia untuk memecahkan masalah industri. Penggunaan software simulasi untuk menganalisa masalah serta menghasilkan alternatif telah meningkat secara signifikan. Salah satunya adalah software ProModel yang digunakan dalam penelitian ini. Dengan software ProModel akan dibuat simulasi sistem riil dan simulasi perubahan sistem setelah diadakan pendekatan secara *line balancing*.

Perubahan sistem pada sistem riil akan sangat memakan waktu dan biaya oleh karenanya perubahan sistem setelah dilakukan pendekatan secara *line balancing* akan diaplikasikan pada model simulasi yang telah dibangun

1.2. Perumusan Masalah

Keseimbangan lini produksi sangat penting dalam memproduksi produk pada tingkat produksi yang tepat dalam waktu singkat, dengan cara yang paling produktif, murah dan dengan kualitas yang dibutuhkan.

Perubahan sistem pada sistem riil akan sangat memakan waktu dan biaya oleh karenanya perubahan sistem setelah dilakukan pendekatan secara *line balancing* akan diaplikasikan pada model simulasi.

1.3. Batasan Masalah

Permasalahan yang akan diteliti dibatasi sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada rantai produksi produk *hydrant* di bengkel pengecoran PT. "X".

2. Model yang dibangun hanya mempertimbangkan Sumber daya dengan batasan waktu kerja 8 jam.
3. Model yang dibangun hanya mempertimbangkan kapasitas produksi dengan batasan waktu kerja 8 jam.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat suatu keseimbangan lintasan yang optimal dengan mengaplikasikan pada model simulasi yang dibangun.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dalam penelitian mengenai keseimbangan lintasan ini adalah dapat meningkatkan efisiensi setiap proses operasi sehingga dapat memperoleh hasil produksi yang optimal

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Pustaka

Beberapa penelitian sebelumnya ada dalam literature yang berfokus pada masalah mengenai keseimbangan lintasan yang telah dipublikasikan dan menjadi acuan penelitian. Penelitian-penelitian tersebut memiliki sistem produksi, metodologi dan tujuan penelitian yang berbeda-beda.

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu

No	Tahun	Nama Peneliti	Masalah	Tujuan	Metodologi	Hasil
1	2011	Dwi Laksono, Nurdin, Astuti	Tidak adanya model simulasi sistem produksi di departemen produksi.	Membuat model simulasi sistem produksi di departemen produksi yang dapat mewakili keadaan yang sebenarnya sehingga dapat menganalisis utilitas sistem proses	Simulasi menggunakan Promodel	Dari hasil simulasi dengan ProModel Utilitas di departemen produksi dapat ditingkatkan
2	2010	D. Roy dan D. Khan	Ketidakseimbangan lintasan dan belum adanya material handling yang optimal pada lintasan pengelasan body mobil.	Menyeimbangkan lintasan dan mengurangi pemborosan sumber daya	Line Balancing, dan simulasi menggunakan software QUEST	Dari hasil simulasi dengan QUEST pemborosan dapat dikurangi
3	2008	S.H.Eryuruk, F. Kalaoglu, dan M. Baskak	Ketidakseimbangan lintasan	Perbandingan efisiensi dari dua metode yang berbeda	Ranked Positional Weight dan Probabilistic Line Balancing Technique	Ranked Positional Weight memberikan hasil lebih efisien dibandingkan dengan Probabilistic Line Balancing Technique
4	2006	Chin Wen Kheong dan Sha'ri M. Yusof	Ketidakseimbangan lintasan	Menyeimbangkan lintasan untuk meminimalisasi <i>loss balancing</i> dan <i>loss system</i>	<i>generic approach for designing of an assembly line</i>	Pendekatan sequential untuk meminimalisasi <i>loss balancing</i> dan <i>loss system</i>

Berdasarkan keadaan atau kondisi gap penelitian terdahulu, peneliti berusaha membuat pengembangan penelitian *line balancing*. Dengan mengaplikasikan terhadap simulasi sistem yang dikembangkan dengan Software ProModel untuk mengetahui efisiensi sistem.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. *Line Balancing*

Menurut Gaspersz (2004), *line balancing* merupakan penyeimbangan penugasan elemen-elemen tugas dari suatu *assembly line* ke *work stations* untuk meminimumkan banyaknya *work station* dan meminimumkan total harga *idle time* pada semua stasiun untuk tingkat *output* tertentu. Dalam penyeimbangan tugas ini, kebutuhan waktu per unit produk yang dispesifikasikan untuk setiap tugas dan hubungan sekuensial harus dipertimbangkan.

Menurut Purnomo (2004), *line balancing* merupakan sekelompok orang atau mesin yang melakukan tugas-tugas sekuensial dalam merakit suatu produk yang diberikan kepada masing-masing sumber daya secara seimbang dalam setiap lintasan produksi, sehingga dicapai efisiensi kerja yang tinggi di setiap stasiun kerja. *Line balancing* adalah suatu penugasan sejumlah pekerjaan ke dalam stasiun-stasiun kerja yang saling berkaitan dalam satu lintasan atau lini produksi. Stasiun kerja tersebut memiliki waktu yang tidak melebihi waktu siklus dan stasiun kerja. Fungsi dari *Line balancing* adalah membuat suatu lintasan yang seimbang. Tujuan pokok dari penyeimbangan lintasan adalah meminimumkan waktu menganggur (*idle time*) pada lintasan yang ditentukan oleh operasi yang paling lambat (Baroto, 2002).

Manajemen industri dalam menyelesaikan masalah *line balancing* harus mengetahui tentang metode kerja, peralatan-peralatan, mesin-mesin, dan personil yang digunakan dalam proses kerja. Data yang diperlukan adalah informasi tentang waktu yang dibutuhkan untuk setiap *assembly line* dan *precedence relationship*. Aktivitas-aktivitas yang merupakan susunan dan urutan dari berbagai tugas yang perlu dilakukan, manajemen industri perlu menetapkan tingkat produksi per hari yang disesuaikan dengan tingkat permintaan total, kemudian membaginya ke dalam waktu produktif yang tersedia per hari. Hasil ini adalah *cycle time* yang merupakan waktu dari produk yang tersedia pada setiap stasiun kerja (*work station*) (Baroto,2002).

Hubungan atau saling keterkaitan antara satu pekerjaan dengan pekerjaan lainnya digambarkan dalam suatu diagram yang disebut *precedence* diagram atau diagram pendahuluan. Dalam suatu perusahaan yang memiliki tipe produksi massal, yang melibatkan sejumlah besar komponen yang harus dirakit, perencanaan produksi memegang peranan yang penting dalam membuat penjadwalan produksi (*production schedule*) terutama dalam masalah pengaturan operasi-operasi atau penugasan kerja yang harus dilakukan.

Keseimbangan lini sangat penting karena akan menentukan aspek-aspek lain dalam sistem produksi dalam jangka waktu yang cukup lama. Beberapa aspek yang terpengaruh antara lain biaya, keuntungan, tenaga kerja, peralatan, dan sebagainya.

2.2.1.1. Langkah Pemecahan *Line Balancing*

Menurut Gaspersz (2004), terdapat sejumlah langkah pemecahan masalah *line balancing*. Berikut ini merupakan langkah-langkah pemecahan masalah adalah sebagai berikut.

- a. Mengidentifikasi tugas-tugas individual atau aktivitas yang akan dilakukan.
- b. Menentukan waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan setiap tugas itu.
- c. Menetapkan *precedence constraints*, jika ada yang berkaitan dengan setiap tugas itu.
- d. Menentukan *output* dari *assembly line* yang dibutuhkan.
- e. Menentukan waktu total yang tersedia untuk memproduksi *output*.
- f. Menghitung *cycle time* yang dibutuhkan, misalnya: waktu diantara penyelesaian produk yang dibutuhkan untuk menyelesaikan *output* yang diinginkan dalam batas toleransi dari waktu (batas waktu yang diijinkan).
- g. Memberikan tugas-tugas kepada pekerja atau mesin.
- h. Menetapkan minimum banyaknya stasiun kerja (*work station*) yang dibutuhkan untuk memproduksi *output* yang diinginkan.
- i. Menilai efektifitas dan efisiensi dari solusi.
- j. Mencari terobosan-terobosan untuk perbaiki proses terusmenerus (*continuous process improvement*).

Line balancing biasanya dilakukan untuk meminimumkan ketidakseimbangan diantara mesin-mesin atau personel agar memenuhi *output* yang diinginkan dari *assembly line* itu. Menyelesaikan masalah *line balancing*, manajemen industri harus dapat mengetahui tentang metode kerja, peralatan-peralatan, mesin-mesin, dan personel yang digunakan dalam

proses kerja. Selain itu, diperlukan informasi tentang waktu yang dibutuhkan untuk setiap *assembly line* dan *precedence relationship* diantara aktivitas-aktivitas yang merupakan susunan dan urutan dari berbagai tugas yang perlu dilakukan (Gaspersz, 2004).

2.2.1.2 Istilah-Istilah *Line Balancing*

Ada beberapa istilah yang lazim digunakan dalam *line balancing*. Berikut adalah istilah-istilah yang dimaksud (Baroto,2002):

1. *Precedence diagram*

Precedence diagram digunakan sebelum melangkah pada penyelesaian menggunakan metode keseimbangan lintasan. *Precedence diagram* sebenarnya merupakan gambaran secara grafis dari urutan operasi kerja, serta ketergantungan pada operasi kerja lainnya yang tujuannya untuk memudahkan pengontrolan dan perencanaan kegiatan yang terkait di dalamnya, adapun tanda yang dipakai dalam *precedence diagram* adalah sebagai berikut:

- a. Simbol lingkaran dengan huruf atau nomor di dalamnya untuk mempermudah identifikasi asli dari suatu proses operasi.
- b. Tanda panah menunjukkan ketergantungan dan urutan proses operasi. Hal ini operasi yang ada di pangkal panah berarti mendahului operasi kerja yang ada pada ujung anak panah.
- c. Angka di atas simbol lingkaran adalah waktu standar yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap proses operasi.

2. *Assemble Product*

Assemble Product adalah produk yang melewati urutan *work station* dimana, setiap *work station* memberkan proses tertentu hingga selesai menjadi produk akhir pada perakitan akhir.

3. Waktu menunggu (*Idle Time*)

Dimana operator atau pekerja menunggu untuk melakukan proses kerja ataupun kegiatan operasi yang selanjutnya akan dikerjakan. Selisih atau perbedaan antara *Cycle time* (CT) dan *Stasiun Time* (ST), atau CT dikurangi *Stasiun Time* (ST).

$$idle\ time = n \cdot W_s - \sum_{i=1}^n W_i$$

Keterangan: n = Jumlah stasiun kerja.

W_s = Waktu stasiun kerja terbesar.

W_i = Waktu sebenarnya pada stasiun kerja. $i = 1,2,3,\dots,n$.

4. Keseimbangan Waktu Senggang (*Balance Delay*)

Balance delay merupakan ukuran dari ketidakefisienan lintasan yang dihasilkan dari waktu mengganggu sebenarnya yang disebabkan karena pengalokasian yang kurang sempurna diantara stasiun-stasiun kerja. *Balance delay* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$D = \frac{n \cdot C - \sum t_i}{(n \cdot t_i)} \cdot 100\%$$

Keterangan: D = *Balance delay* (%).

C = Waktu siklus.

N = Jumlah stasiun kerja.

t_i = Waktu operasi.

$\sum t_i$ = Jumlah semua waktu operasi.

5. Efisiensi stasiun kerja merupakan rasio antara waktu operasi tiap stasiun kerja (W_i) dan waktu operasi stasiun kerja terbesar (W_s). Efisiensi stasiun kerja dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi stasiun kerja} = \frac{W_i}{W_s} \cdot 100\%$$

6. *Line efficiency* merupakan rasio dari total waktu stasiun kerja dibagi dengan siklus dikalikan jumlah stasiun kerja atau jumlah efisiensi stasiun kerja dibagi jumlah stasiun kerja. *Line efficiency* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Line Efficiency} = \sum_{i=1}^k \frac{ST_i}{(K)(CT)} \times 100$$

Keterangan: ST_i = Waktu stasiun kerja dari ke-i.

K = Jumlah stasiun kerja.

CT = Waktu siklus.

7. *Work Station* merupakan tempat pada lini perakitan dimana proses perakitan dilakukan. Setelah menentukan interval waktu siklus, maka jumlah stasiun kerja yang efisien dapat ditetapkan dengan rumus:

$$K_{min} = \frac{\sum_{i=1}^k t_i}{C}$$

Keterangan: t_i = Waktu operasi (elemen).

C = Waktu siklus stasiun kerja.

K_{min} = Jumlah stasiun kerja minimal.

8. *Smoothes index* (SI) adalah suatu indeks yang menunjukkan kelancaran relatif dari penyeimbangan lini perakitan tertentu.

$$SI = \sqrt{\sum_{i=1}^K (ST_{i \text{ maks}} - ST_i)^2}$$

Keterangan: $ST_{i \text{ maks}}$ = Maksimum waktu di stasiun
 ST_i = Waktu stasiun di stasiun kerja ke-i.

2.2.1.3. Metode Penyeimbang Lini Perakitan

Menurut Purnomo (2004), metode penyeimbangan lini perakitan lintasan diuraikan menjadi beberapa metode. Berikut ini merupakan metode-metode yang digunakan dalam keseimbangan lintasan, antara lain adalah sebagai berikut.

1. Metode *kilbridge-Wester Heuristic*.
2. Metode *Hegelson-Birnie*
3. Metode *Moodie Young*
4. Metode *Immediate Updater First-Fit Heuristic*.
5. Metode *Rank and Assign Heuristic*.

Metode-metode yang telah dikembangkan terbatas hanya pada penjelasan dari kedua metode akan menjadi bagian dalam memecahkan permasalahan untuk membuat lini keseimbangan yang baik. Kedua metode tersebut adalah metode *Kilbridge-Wester* dan *Metode Hegelson-Birnie* atau RPW (*Ranked Positional Weight*). Berikut ini merupakan penjelasan langkah-langkah dalam metode RPW (*Ranked Positional Weight*) (Baroto, 2002).

- a. Buat *precedence diagram* untuk tiap proses.
- b. Tentukan bobot posisi untuk masing-masing elemen kerja yang berkaitan dengan waktu operasi untuk waktu pengerjaan yang terpanjang dari mulai operasi permulaan hingga sisa operasi sesudahnya.
- c. Membuat *rangking* tiap elemen pekerjaan berdasarkan bobot posisi di langkah 2. Pengerjaan yang memiliki bobot terbesar diletakkan pada *rangking* pertama.
- d. Tentukan waktu siklus.
- e. Pilih elemen operasi dengan bobot tertinggi, alokasikan ke stasiun kerja. Jika masih layak (waktu stasiun < CT), alokasikan operasi dengan bobot tertinggi berikutnya, namun alokasi ini tidak boleh membuat waktu stasiun > CT.

f. Bila alokasi suatu elemen operasi membuat waktu stasiun $> CT$, maka sisa waktu ini ($CT - ST$) dipenuhi dengan alokasi elemen operasi dengan bobot paling besar dan penambahannya tidak membuat $ST > CT$.

g. Jika elemen operasi yang jika dialokasikan untuk membuat $ST > CT$ sudah tidak ada, maka kembali ke langkah ke-5.

Metode *kilbridge-wester* heuristic dikembangkan oleh sesuai dengan namanya, yaitu *kilbridge* dan *wester*. Adapun Langkah langkah dalam pengerjaan metode *kilbridge* adalah sebagai berikut (Purnomo, 2004).

a. Buat *precedence diagram* dari *precedence* data yang ada, berilah tanda daerah-daerah yang memuat elemen-elemen kerja yang tidak saling bergantung.

b. Tentukan waktu siklus dengan cara mencoba-coba (*trial*) factor dari total elemen kerja yang ada.

c. Mendistribusikan elemen kerja pada setiap stasiun kerja dengan aturan bahwa total waktu elemen kerja yang terdistribusikan pada sebuah stasiun kerja tidak boleh melebihi waktu siklus yang ditetapkan.

d. Keluarkan elemen kerja yang telah didistribusikan pada stasiun kerja dan mengulangi 3 langkah sampai semua elemen kerja yang ada terdistribusikan ke stasiun kerja.

2.2.2. Model

Model merupakan suatu representasi atau formalisasi dalam bahasa tertentu dari suatu sistem riil yang disepakati (Banks *et al.*, 1996). Sehingga model dapat dikatakan sebagai sebuah kesatuan yang menggambarkan karakteristik suatu sistem. Model dibuat dengan cara mensimplifikasi dari sistem. Untuk mempelajari sebuah sistem, dapat dilakukan dengan pengamatan pada model sistem tersebut.

Model sebagai proses penggambaran operasi sistem nyata untuk menjelaskan atau menunjukkan relasi-relasi penting yang terlibat. Sistem nyata yang akan dimodelkan selalu bersifat kompleks. Untuk itu simplifikasi dari problematika yang kompleks dapat dibenarkan, sebab hanya ada beberapa gambaran atau informasi dari sistem yang signifikan atau relevan dengan tujuan yang ingin diselidiki.

Walaupun model merupakan bentuk sederhana dari sebuah sistem, tapi dalam pembentukannya harus tetap memperhatikan kompetensi dari karakteristik sistem yang diamati. Pada satu sistem yang sama dapat dibuat beberapa model yang berbeda, tergantung

pada persepsi, kemampuan, dan sudut pandang analisis sistem yang bersangkutan. Pada dasarnya model adalah suatu representasi yang memadai dari sebuah sistem.

Menurut Arifin (2009) agar model yang sudah dibuat sesuai dengan yang diinginkan, maka model harus memiliki empat karakteristik dasar sebagai berikut:

1. Model harus mempunyai tingkat generalisasi yang tinggi
Semakin tinggi generalisasi suatu model, maka semakin baik model tersebut, sebab akan mempunyai kemampuan untuk menyelesaikan permasalahan semakin tinggi.
2. Model harus mempunyai mekanisme yang transparan
Suatu model yang baik adalah model yang mampu menjelaskan kembali mekanisme pemecahan masalah yang dilakukan tanpa ada yang disembunyikan. Misalnya jika ada suatu formulasi, maka itu harus dapat diterangkan kembali dari mana asalnya.
3. Model harus mempunyai potensi untuk dikembangkan (pengembangan model)
Model yang baik harus mampu menarik minat peneliti untuk melanjutkan penelitiannya. Model itu juga membuka kemungkinan peneliti lainnya untuk mengembangkan menjadi model yang lebih kompleks dan berdaya guna untuk menjawab permasalahan sistem nyata.
4. Model harus mempunyai kepekaan terhadap perubahan asumsi
Model yang baik selalu memberi celah bagi para peneliti lainnya untuk membangkitkan asumsi lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa proses pemodelan tak pernah berakhir.

2.2.2.1. Jenis-Jenis Model

Untuk bisa membedakan jenis-jenis model, maka terlebih dahulu perlu dipahami bahwa model terdiri atas model analog dan model simbolik. Untuk sistem analog, memodelkan sistem nyatanya melalui tingkah laku, sebagai contoh misalnya simulasi. Sedangkan model simbolik berasaskan kepada perspektif, verbal, matematik, dan logika berpikir dari si pembuat model.

Dengan demikian maka model simbolik paling banyak dipergunakan dalam menyelesaikan persoalan-persoalan dalam sistem industri. Karena pada dasarnya sistem nyata dapat dikelola menjadi model. Ada 4 jenis model yang berdasarkan model simbolik yaitu:

1. Model Stokastik

Model yang mencakup distribusi kemungkinan untuk input dan memberikan serangkaian nilai dari sekurang-kurangnya satu variabel output dengan probabilitas yang berkaitan pada tiap nilai.

Contoh: Waktu kedatangan pelanggan, waktu antrian pelanggan, dan lain sebagainya.

2. Model Deterministik

Model yang dipergunakan untuk memecahkan suatu persoalan dalam situasi yang pasti.

Contoh: Proses kimia, peta, dan lain sebagainya.

3. Model Statis

Model yang berhubungan dengan keadaan sistem pada suatu saat tidak mempertimbangkan perubahan waktu. Biasanya hanya melibatkan pembangkitan bilangan random untuk menjalankan simulasi.

Contoh: Penganggaran keuangan universitas, penentuan jumlah persediaan digudang, dan lain sebagainya.

4. Model Dinamis

Model yang berkaitan dengan keadaan sistem dalam waktu yang berkelanjutan, mengandung proses perubahan setiap saat akibat suatu aktivitas.

Contoh: Simulasi suatu layanan perbankan yang buka dari jam 08.00 sampai jam 15.00

2.2.2.2. Prosedur Model

Prosedur pengembangan model, mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:
(Buzacott dan Shanthikumar, 1993)

1. Identifikasi permasalahan

Identifikasi permasalahan yang ada dalam suatu sistem, hal ini penting dilakukan karena menyangkut strategi, *tactical*, atau *operational* dan model berpengaruh terhadap keputusan manajemen yang menyangkut tujuan, ukuran hasil, dan target.

2. Pelajari sistem

Identifikasi komponen pada sistem, seperti mesin, perpindahan material dan penyimpanan, dan pengumpulan data dan kontrol sistem. Tentukan karakteristik *jobs* dan jumlah target, kualitas, dan biaya.

3. Pilih tipe model

Beberapa tipe model dapat digunakan mulai dari model matematik hingga simulasi komputer, penggunaan in tergantung dari waktu, *cost budget*, dan kegunaan serta pengembangan model yang diinginkan oleh pengguna.

4. Buat dan uji model

Langkah ini membutuhkan data dari parameter-parameter yang terlibat. Bila data-data tidak tersedia kita dapat mengasumsikan data tersebut.

5. Verifikasi dan validasi model

Model tersebut harus diuji untuk melihat apakah model sudah mewakili dari sistem yang nyata. Cara pengujiannya melalui dua cara yaitu, verifikasi dan validasi. Verifikasi adalah proses pemeriksaan apakah logika operasional model sesuai dengan logika diagram alur. Kalimat sederhananya, apakah ada kesalahan dalam program?, atau verifikasi adalah pemeriksaan apakah program model berjalan sesuai dengan yang diinginkan. Validasi adalah proses penentuan apakah model, sebagai konseptualisasi atau abstraksi, merupakan representasi berarti dan akurat dari sistem nyata. Dengan kata lain apakah pengambil keputusan dapat mempercayai model yang digunakan sebagai bagian dari proses pengambilan keputusan. Membandingkan output ukuran kinerja model dengan ukuran kinerja yang sesuai dari sistem nyata adalah metode yang paling sesuai untuk melakukan validasi model.

6. Buat *interface* untuk pengguna model

Jika model yang dibuat dapat bernilai guna dalam pembuatan keputusan, lebih baik model tersebut dibuatkan *interface* sehingga mudah digunakan oleh pembuat keputusan (misal: manager pabrik).

7. Uji coba model

Langkah ini menguji model yang telah dibuat dengan memasukkan variasi parameter yang mempengaruhi suatu sistem, untuk melihat apakah model ini dapat berjalan baik guna membantu pengambilan keputusan.

8. Tampilkan hasil pembuatan model

Setelah model layak untuk dijalankan, model tersebut lebih baik di perkenalkan pada level manajemen yang lebih tinggi, sehingga bisa menjadi alternatif bagi manajemen sebagai alat bantu pengambilan keputusan.

2.2.3. Konsep Simulasi

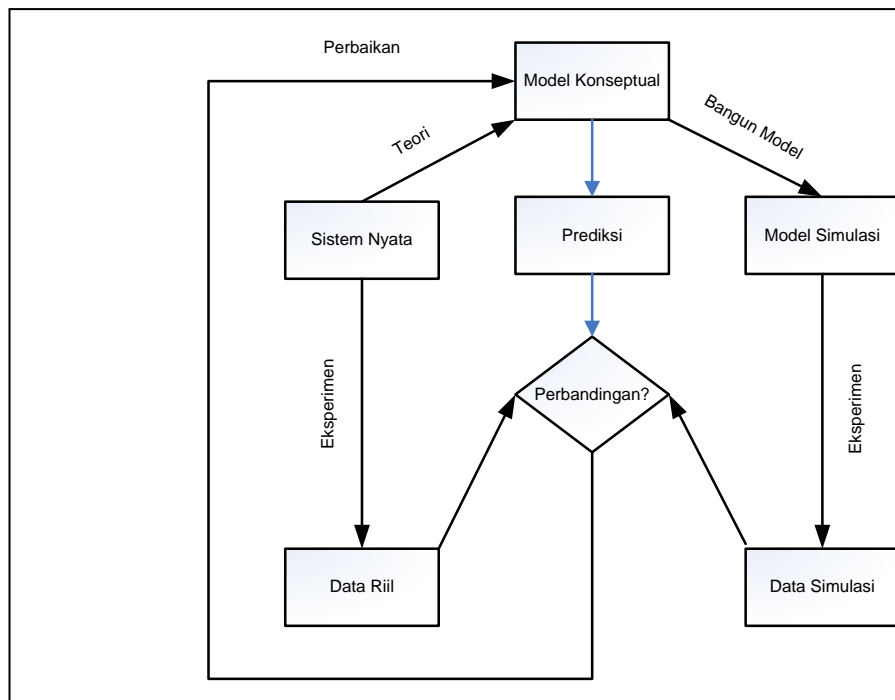
Simulasi merupakan suatu alat yang digunakan jika ada suatu pemahaman alamiah dari masalah yang akan dipecahkan. Simulasi dirancang untuk membantu pemecahan masalah yang berhubungan dengan sistem. Kegagalan dalam percobaan simulasi untuk menciptakan suatu hasil, lebih sering dikarenakan oleh kurangnya suatu pemahaman terhadap sistem.

Penggunaan simulasi saat sekarang cukup banyak didalam menyelesaikan berbagai persoalan. Di bidang *engineering dan management*, simulasi digunakan untuk perancangan dan optimasi sistem, sebab pada sistem yang sangat kompleks penggunaan simulasi akan lebih efisien dan efektif digunakan untuk menganalisa sistem tersebut.

Menurut Arifin (2009) ketika simulasi menjadi alternatif penyelesaian dari suatu persoalan, kuncinya berada pada sistem nyata. Ada 3 metode sains seperti yang disajikan dalam Gambar 2.1. yang menunjukkan bahwa *real sistem, prediction, dan simulation model* merupakan kombinasi yang saling memberikan makna sesuai persoalannya.

Gambar 2.1. menjelaskan bahwa konseptual model dibangun dengan mempelajari sistem akan menghasilkan suatu teori dan memunculkan prediksi yang jika dibandingkan dengan riil data dari eksperimentasi riil sistem dan konseptual model yang dibangun untuk menjadi simulasi ketika dieksperimentasi, akhirnya akan tetap menghasilkan suatu konseptual (skenario) bagi sistem itu sendiri.

Untuk memahami simulasi, diawali dengan pemahaman atas sistem dan pembangunan modelnya. Model yang baik akan dihasilkan dari pengamatan dan pemahaman sistem yang baik pula. *Output* simulasi akan sangat ditentukan oleh seberapa baik model yang dibangun. Sehingga pada dasarnya simulasi merupakan aplikasi atau praktek dari *building model* yang merepresentasikan sistem nyatanya atau pendugaan masa yang akan datang atau eksperimentasi atas model, yang digunakan untuk mempelajari perilaku sistem, peningkatan performansi sistem, atau merancang sistem baru dengan ukuran yang ditetapkan.



Gambar 2.1. Tiga pendekatan dalam simulasi

2.2.3.1. Tipe-Tipe Simulasi

Ada beberapa tipe-tipe simulasi yang biasa digunakan, antara lain:

1. Simulasi dinamis atau simulasi statis

Simulasi statis adalah suatu simulasi yang tidak berdasarkan perubahan waktu. Simulasi dinamis meneliti keadaan yang berubah-ubah dari waktu ke waktu. Simulasi dinamis cocok untuk penelitian pabrikasi dan pelayanan sistem karena mereka beroperasi dari waktu ke waktu.

2. Simulasi stokastik atau simulasi deterministic

Simulasi stokastik adalah simulasi dimana satu atau lebih variable masukan adalah acak. Suatu simulasi stokastik menghasilkan keluaran yang acak dan oleh karena itu memberi hanya satu titik data bagaimana sistem mungkin bertindak.

Simulasi deterministik mempunyai masukan tetap dan hasil keluaran tetap.

3. Discret event simulation atau continous event simulation

Suatu simulasi discret event adalah suatu simulasi dimana perubahan status atas terjadinya poin-poin terpisah pada waktunya yang dipicu oleh suatu kejadian.

BAB III

METODE PENELITIAN

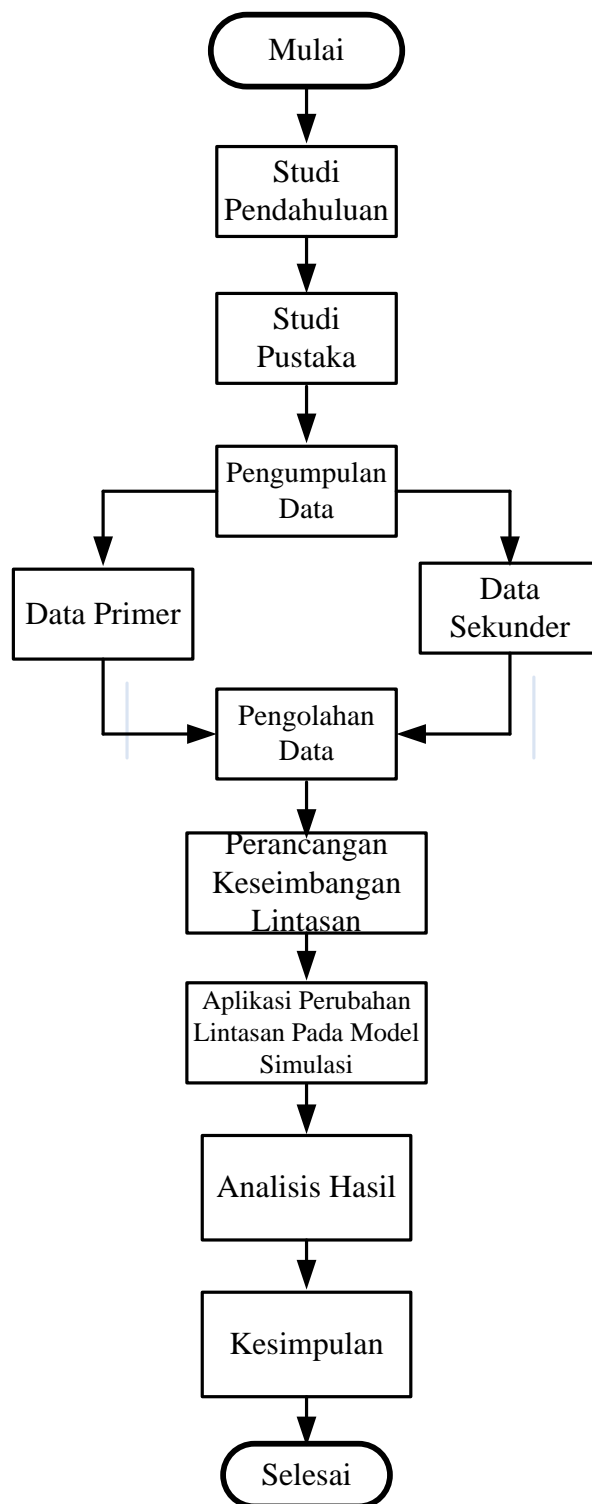
3.1. Diagram Alir Penelitian

Pada bab ini akan dibahas mengenai metodologi penelitian, yaitu tahapan-tahapan yang dilalui oleh peneliti mulai dari pengumpulan data sampai dengan penarikan kesimpulan, yang membentuk sebuah alur yang sistematis. Tahapan penelitian dipaparkan pada gambar 3.1.

Tahapan penelitian secara garis besar meliputi :

1. Identifikasi masalah
2. Penentuan tujuan
3. Pengumpulan data dan karakteristik sistem
4. Perancangan keseimbangan lintasan (*line balancing*)
5. Aplikasi perubahan sistem pada model simulasi (membangun model simulasi dengan pendekatan line balancing)
6. Analisis hasil aplikasi
7. Kesimpulan

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat suatu keseimbangan lintasan yang optimal dengan mengaplikasikan pada model simulasi yang dibangun.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di lantai pabrik departemen produksi bengkel pengecoran PT “X” yang terletak di Jalan Batur Jaya Jeblongan, Kecamatan Ceper, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah.

3.3. Objek Penelitian

Objek penelitian yang diamati adalah sistem produksi benda kerja pada departemen produksi (pengecoran) pada PT “X” untuk produk *hydrant*.

3.4. Variabel Penelitian

Variabel bebas yang dikumpulkan dalam penelitian ini antara lain waktu kedatangan, jumlah kedatangan benda kerja, waktu produksi masing-masing stasiun kerja, persentase ukuran, input dan output aktual dan kebijakan perusahaan. Sedangkan variabel terikatnya berupa model aktual dimana terdapat jumlah entity maksimum yang mampu dilayani sistem, utilitas rata-rata operator, input dan output sistem produksi.

3.5. Studi Kepustakaan

Pada studi pustaka dilakukan pencarian sumber-sumber informasi (literatur) relevan yang mendukung dalam pemecahan masalah penelitian yang dihadapi. Dimana literatur yang mendasari pemecahan masalah berupa riset operasi khususnya teori antrian dengan pendekatan pemodelan dan simulasi komputer. Literatur lainnya yang digunakan adalah studi pengukuran waktu, uji statistik beserta analisis statistik, dan literatur penggunaan perangkat lunak ProModel untuk simulasi manufaktur.

3.6. Metode Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini diperoleh dari data primer dan data sekunder yaitu sebagai berikut:

1. Data primer

Merupakan data yang dikumpulkan secara langsung. Data primer yang dikumpulkan berupa :

- a. Data umum departemen produksi bengkel pengecoran PT “X”.
- b. Data sampel waktu penanganan produk dalam satu hari.

2. Data sekunder

Merupakan data yang dikumpulkan dengan mencatat data dan informasi dari laporan-laporan perusahaan yang ada atau dengan cara mereview laporan tersebut yang mencakup :

- a. Model fisik sistem nyata.
- b. Input dan output aktual kerja departemen produksi.
- c. Kebijakan perusahaan yang berguna bagi analisis pengembangan model.
- d. Hal-hal lain yang dianggap perlu dalam pembuatan laporan penelitian ini.

3.7. Metode Pengolahan Data

Pada tahap ini adapun langkah-langkahnya adalah :

a. Melakukan perhitungan Keseimbangan Lintasan dengan pendekatan metode RPW (*Ranked Positional Weight*). Berikut ini merupakan penjelasan langkah-langkah dalam metode RPW (*Ranked Positional Weight*)

1. Buat *precedence diagram* untuk tiap proses.
2. Tentukan bobot posisi untuk masing-masing elemen kerja yang berkaitan dengan waktu operasi untuk waktu pengerjaan yang terpanjang dari mulai operasi permulaan hingga sisa operasi sesudahnya.
3. Membuat *rangking* tiap elemen pekerjaan berdasarkan bobot posisi di langkah 2. Pengerjaan yang memiliki bobot terbesar diletakkan pada *rangking* pertama.
4. Tentukan waktu siklus.
5. Pilih elemen operasi dengan bobot tertinggi, alokasikan ke stasiun kerja. Jika masih layak (waktu stasiun $<$ CT), alokasikan operasi dengan bobot tertinggi berikutnya, namun alokasi ini tidak boleh membuat waktu stasiun $>$ CT.
6. Bila alokasi suatu elemen operasi membuat waktu stasiun $>$ CT, maka sisa waktu ini (CT-ST) dipenuhi dengan alokasi elemen operasi dengan bobot paling besar dan penambahannya tidak membuat ST $>$ CT.
7. Jika elemen operasi yang jika dialokasikan untuk membuat ST $>$ CT sudah tidak ada, maka kembali ke langkah ke-5.

b. Menyusun *Activity Cycle Diagram* (ACD)

1. Mengidentifikasi elemen sistem yang diamati seperti stasiun atau interaksi-interaksinya.
2. Melakukan “*tracing*” sehingga dapat menelusuri *state* sistem yang disimulasikan secara jelas dalam tabel disertai keterangan gambar seperti warna garis, kotak maupun interaksi-interaksinya.
3. Pertama kali lebih baik dibuat suatu model ACD tunggal yang sederhana dan kemudian secara bertahap dibuat lebih kompleks digabungkan kesesuaiannya dengan data riil.
4. Membuat suatu display grafis yang mampu menampilkan output simulasi pada saat simulasi yang hendak dibuat sedang berjalan.

c. Penyusunan Program Aplikasi Simulasi

Dimana langkah-langkahnya terdiri dari :

1. Permodelan Sistem dan Operasi Sistem

Dimana digunakan software ProModel untuk menyusun:

- a. Lokasi
- b. Entitas
- c. Proses
- d. Atribut dan Variabel
- e. Kedatangan

2. Penyusunan Algoritma Operasi dan Prosedur

Penyusunan ekspresi perhitungan dan logika operasi sesuai dengan tahapan dan prosedur formulasi hitung dimana hasilnya berupa variabel yang akan diperlukan pada analisis.

3.8. Analisis Pemecahan Masalah

Data yang telah selesai diolah kemudian dianalisis dan dievaluasi untuk memberikan keputusan untuk meningkatkan output dari masing masing lini pada departemen produksi.

Analisis pemecahan masalah dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Analisis Model dan Simulasi Sistem Riil
2. Perhitungan *Line Balancing*
3. Pengembangan Model Usulan

Pengembangan alternatif model dengan pendekatan *Line Balancing*.

3.9. Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan dapat ditarik melalui hasil analisis terhadap kinerja sistem pada rantai produksi produk *hydrant* yang ada dan setelah mengetahui penyebab dari masalah sistem pada rantai produksi produk *hydrant* tersebut. Kemudian dirumuskan solusi yang dapat dipertimbangkan oleh pihak PT “X” dan berupa saran bagi perusahaan yang didasarkan pada hasil pemodelan proses produksi usulan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini terdiri dari dua bagian, bagian pertama menyelesaikan permasalahan keseimbangan lintasan dengan pendekatan metode *line balancing* dan bagian kedua menghitung mengaplikasikan hasil analisis awal pada model simulasi sistem riil, sehingga akan terlihat perubahan efisiensi Stasiun Kerja sebelum dan sesudah terjadinya perubahan. Tujuan utama dari penelitian ini adalah membuat suatu keseimbangan lintasan yang optimal yang akan meningkatkan efisiensi Stasiun Kerja dimana efisiensi merupakan ukuran dari performansi sistem produksi.

Pada penelitian ini data dan model simulasi sistem riil didapatkan dari penelitian Dwi Laksono dkk, 2011.

4.1. Data Produksi

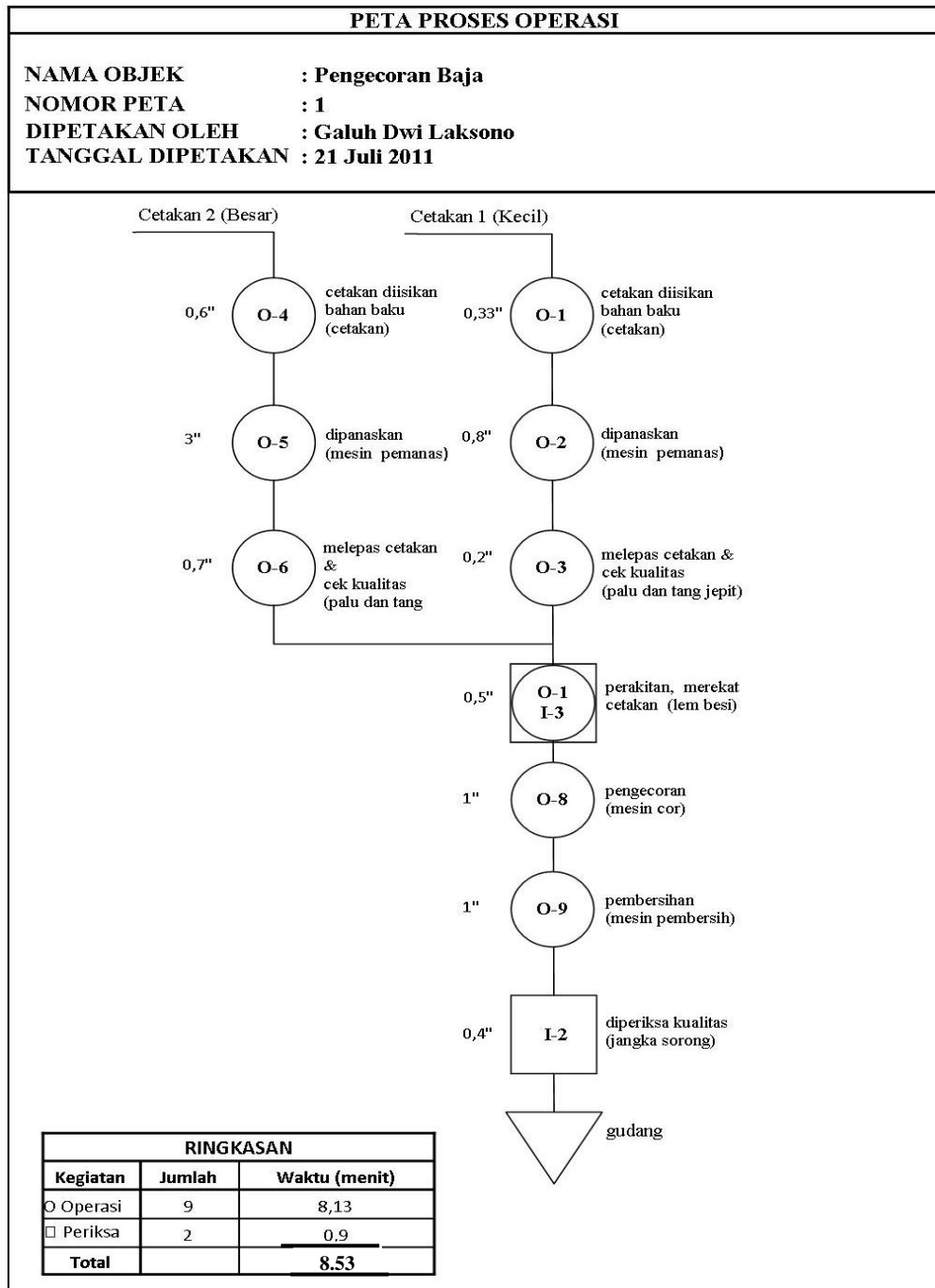
Bengkel pengecoran PT. ‘X’ yang merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak dibidang produksi dengan aktivitas pengecoran logam yang menjadi kompetensi utamanya selama kurun waktu 20 tahun, adalah waktu yang cukup untuk mengembangkan komitmen terhadap kepuasan pelanggan, meliputi *quality*, *cost* dan *delivery*. Produk-produk cor yang bertonase besar khususnya berbahan dasar besi kelabu menjadi produk unggulannya selain juga membuat produk-produk yang langsung dijual ke pasar seperti *hydrant*, *counter weight forklift* dan *gate valve* untuk saluran pipa air.

Penelitian ini memfokuskan pada divisi produk hydrant. Dari pengamatan khusus di divisi produksi produk *hydrant*, terdapat 1 gudang penyimpanan, 1 lokasi pembuangan *scrap and reject* dan 6 urutan stasiun kerja sesuai dengan urutan kerja sebagai berikut :

1. Stasiun Percetakan 1, untuk mencetak part ukuran kecil.
2. Stasiun Percetakan 2, untuk mencetak part ukuran besar.
3. Stasiun Perakitan, lokasi merakit cetakan 1 dan cetakan 2.
4. Stasiun Pengecoran, mengecor bahan setengah jadi.
5. Stasiun Pembersihan, tempat membersihkan hasil cor.
6. Stasiun Inspeksi, lokasi pemeriksaan kualitas hasil proses produksi.
7. Stasiun Pembuangan, untuk barang cacat.
8. Gudang Penyimpanan, untuk barang jadi.

4.1.1. Peta Proses Operasi

Peta proses operasi adalah peta yang berisi semua aktivitas yang terdapat dalam sebuah proses operasi. Tujuannya adalah untuk mencatat dengan mendetail semua kegiatan yang dilakukan dalam sebuah proses dan mempelajari masing-masing detail pekerjaan tersebut dengan lebih dekat.



Sumber : Dwi Laksono dkk, 2011

Gambar 4.1 Peta Proses Operasi

4.2. Pengolahan Data

Waktu baku proses produksi produk *hydrant* dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Waktu Baku Proses Produksi

Operasi	Kegiatan	Waktu Operasi (menit)
1	Mengisi bahan baku pada cetakan kecil	0.33
2	Dipanaskan	0.8
3	Melepas cetakan dan cek kualitas	0.2
4	Mengisi bahan baku pada cetakan besar	0.6
5	Dipanaskan	3
6	Melepas cetakan dan cek kualitas	0.7
7	Merakit cetakan besar dan kecil	0.5
8	Pengecoran	1
9	Pembersihan	1
10	Inspeksi	0.4

Sumber : Dwi Laksono dkk, 2011

4.2.1. Line Balancing

Guna menyeimbangkan lintasan produksi pada lantai produksi produk *hydrant* digunakan pendekatan metode RPW (*Ranked Positional Weight*). Berikut ini merupakan penjelasan langkah-langkah dalam metode RPW (*Ranked Positional Weight*) (Baroto, 2002).

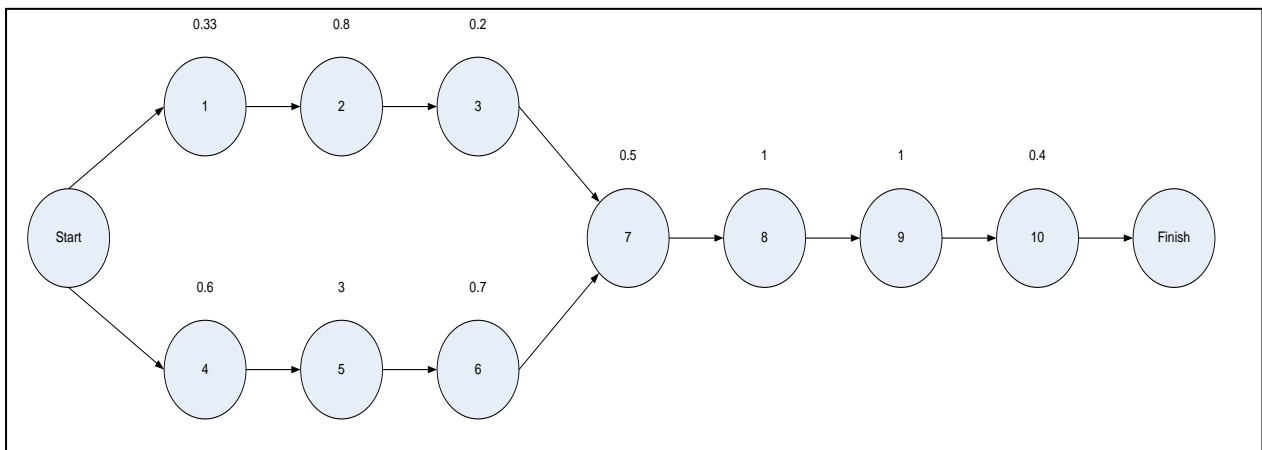
- Buat *precedence diagram* untuk tiap proses.
- Tentukan bobot posisi untuk masing-masing elemen kerja yang berkaitan dengan waktu operasi untuk waktu pengerjaan yang terpanjang dari mulai operasi permulaan hingga sisa operasi sesudahnya.
- Membuat *rangking* tiap elemen pekerjaan berdasarkan bobot posisi di langkah 2. Pengerjaan yang memiliki bobot terbesar diletakkan pada *rangking* pertama.
- Tentukan waktu siklus.
- Pilih elemen operasi dengan bobot tertinggi, alokasikan ke stasiun kerja. Jika masih layak (waktu stasiun < CT), alokasikan operasi dengan bobot tertinggi berikutnya, namun alokasi ini tidak boleh membuat waktu stasiun > CT.

f. Bila alokasi suatu elemen operasi membuat waktu stasiun $> CT$, maka sisa waktu ini ($CT - ST$) dipenuhi dengan alokasi elemen operasi dengan bobot paling besar dan penambahannya tidak membuat $ST > CT$.

g. Jika elemen operasi yang jika dialokasikan untuk membuat $ST > CT$ sudah tidak ada, maka kembali ke langkah ke-5.

4.2.1.1. Precedence Diagram

Precedence Diagram menunjukkan aturan urutan pengerjaan dari keseluruhan tugas produksi. Berdasarkan data dari daftar tugas pada bagian sebelumnya, maka kita dapat membuat *precedence diagram* sebagai berikut:



Gambar 4.2. Precedence Diagram Proses Produksi Produk Hydrant

4.2.1.2. Penentuan Bobot Posisi Elemen Operasi

Inti dari metode RPW ini sendiri adalah, setiap tugas produksi akan ditempatkan ke dalam setiap stasiun kerja secara berurutan dengan memerhatikan besarnya waktu siklus. Urutan prioritas penempatan tugas ke dalam suatu stasiun kerja akan ditentukan berdasarkan bobot posisi dari tugas produksi tersebut (bobot waktu pengerjaan tugas tersebut ditambah waktu dari tugas yang mengikutinya).

Sebelum menghitung bobot posisi masing-masing elemen kerja dibuat terlebih dahulu matrik pendahulu berdasarkan *precedence diagram*, seperti terlihat pada Tabel 4.2. Sedangkan Hasil perhitungan bobot posisi akan ditampilkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.2. Matrik pendahulu

Operasi Pendahulu	Operasi Pengikut									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	1	1	0	0	0	1	1	1	1
2	0	-	1	0	0	0	1	1	1	1
3	0	0	-	0	0	0	1	1	1	1
4	0	0	0	-	1	1	1	1	1	1
5	0	0	0	0	-	1	1	1	1	1
6	0	0	0	0	0	-	1	1	1	1
7	0	0	0	0	0	0	-	1	1	1
8	0	0	0	0	0	0	0	-	1	1
9	0	0	0	0	0	0	0	0	-	1
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-

Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Bobot Posisi

Operasi	Bobot Operasi	Operasi Pendahulu
1	4.23	-
2	3.9	1
3	3.1	2
4	7.2	-
5	6.6	4
6	3.6	5
7	2.9	3,6
8	2.4	7
9	1.4	8
10	0.4	9

Setelah melakukan perhitungan bobot posisi untuk tiap operasi, langkah selanjutnya ialah mengurutkan operasi-operasi dalam urutan bobot posisi yang semakin mengecil. Hal ini dilakukan sebagaimana terlihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Hasil Pengurutan Operasi Berdasarkan Perhitungan Bobot Posisi

Operasi	Bobot Operasi	Operasi Pendahulu
4	7.2	-
5	6.6	4
1	4.23	-
2	3.9	1
6	3.6	5
3	3.1	2
7	2.9	3,6
8	2.4	7
9	1.4	8
10	0.4	9

4.2.1.3. Waktu Siklus dan Jumlah Stasiun Kerja Minimal

Dalam melakukan perhitungan waktu siklus (*cycle time*) data yang diperlukan adalah data target output produksi, data waktu produksi yang tersedia untuk memenuhi target produksi tersebut dan total dari waktu pengerjaan tugas produksi. Waktu siklus merupakan waktu maksimal pelaksanaan tugas produksi pada suatu stasiun kerja.

Waktu siklus pada rantai produksi produk *hydrant* ditentukan oleh waktu kerja dalam sehari yaitu 7 jam (480 menit) dan target produksi per hari sebanyak 114 unit produk *hydrant*. Sehingga waktu siklusnya adalah :

$$CT = \frac{480 \text{ menit}}{114 \text{ unit}} = 4.3 \text{ menit}$$

Setelah waktu siklus didapat sebesar 4.3 menit, maka dapat ditentukan jumlah stasiun kerja yang sesuai. Jumlah stasiun kerja menunjukkan secara teori berapa jumlah minimum stasiun kerja yang seharusnya disusun pada lini produksi. Besaran jumlah minimum stasiun kerja yang harus disusun pada lini produksi produk *hydrant* adalah :

$$K_{min} = \frac{\sum_{i=1}^k t_i}{C}$$

$$K_{min} = \frac{8.53}{4.3} = 1.98 \approx 2 \text{ SK}$$

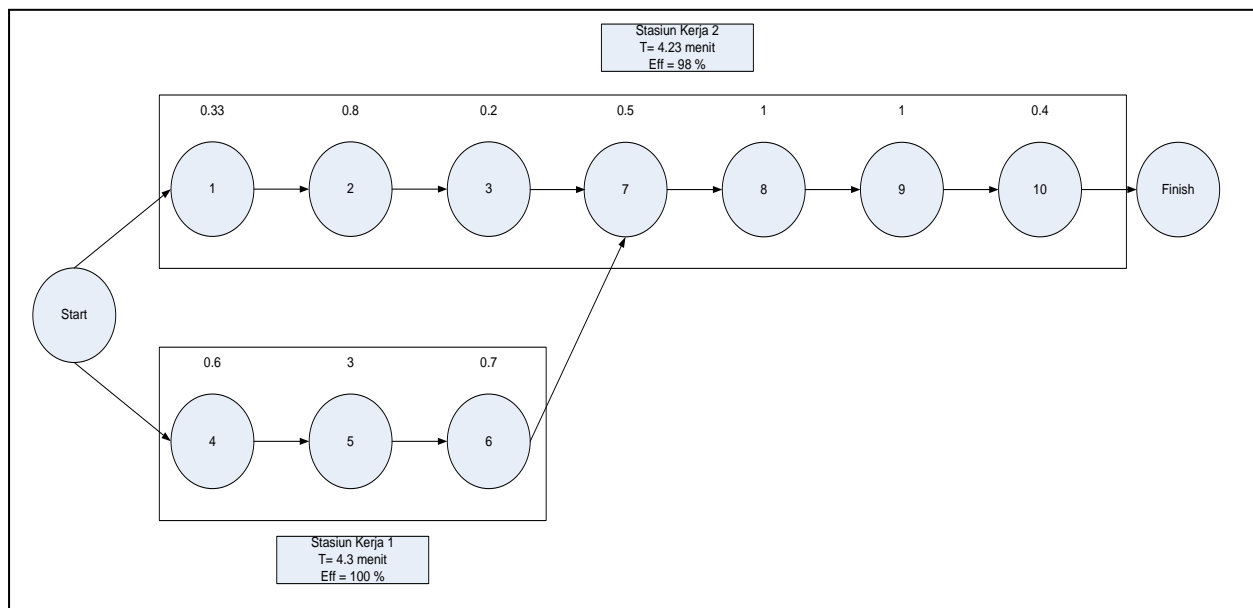
Dari perhitungan penentuan stasiun kerja kurang lebih akan terbentuk 2 stasiun kerja.

4.2.1.4. Penyusunan Elemen Produksi ke dalam Stasiun Kerja

Penyusunan elemen produksi akan didasarkan kepada waktu siklus yang tersedia dan jumlah stasiun kerja yang minimal. Penyusunan elemen produksi ke dalam Stasiun Kerja berdasarkan pembebanan pekerjaan akan disajikan pada Tabel 4.5. dan Gambar 4.3.

Tabel 4.5. Pembebanan Pekerjaan pada Lini Produksi Produk Hydrant

Stasiun Kerja	Pembebanan Operasi	Waktu Operasi Stasiun Kerja	Efisiensi Stasiun Kerja
1	4,5,6	$0.6+3+0.7 = 4.3$	$4.3/4.3 = 100\%$
2	1,2,3,7,8,9,10	$0.33+0.8+0.2+0.5+1+1+0.4 = 4.23$	$4.23/4.3 = 98\%$
Efisiensi rata-rata lintasan keseluruhan			99%

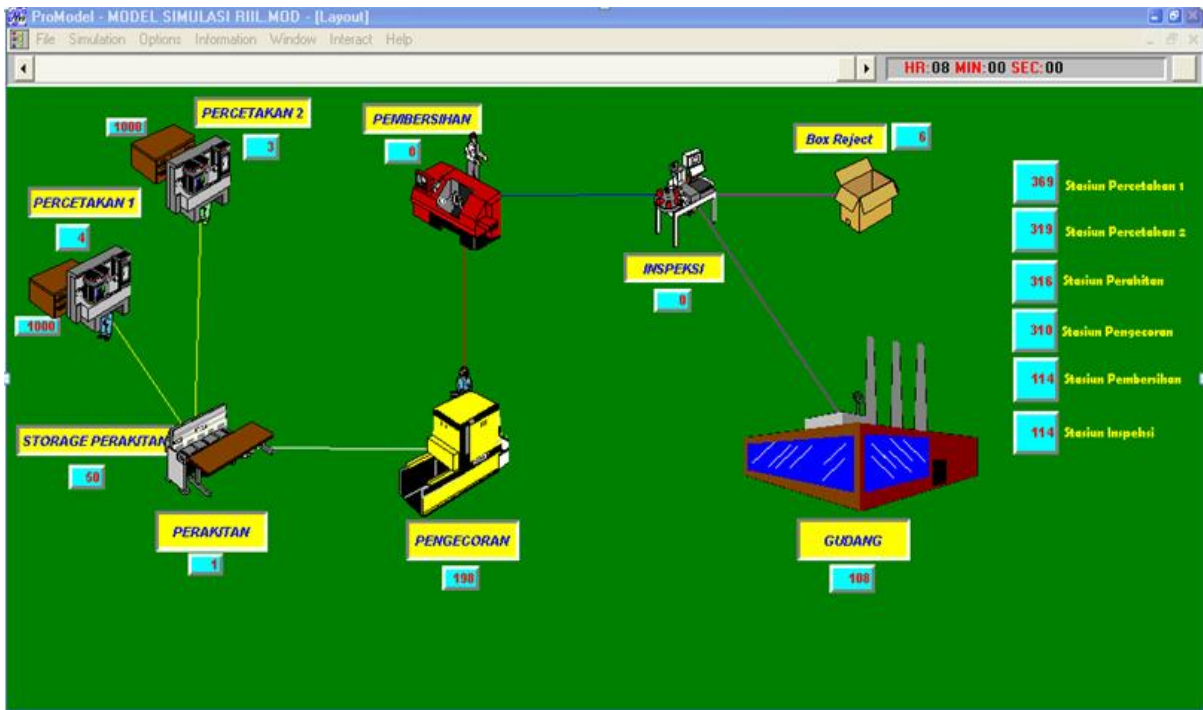


Gambar 4.3. Pembebanan Pekerjaan pada Lini Produksi Produk Hydrant

Dari perhitungan pembebanan pekerjaan pada lini produksi produk hydrant diketahui efisiensi rata-rata lintasan keseluruhan mencapai 99% hal ini membuktikan bahwa proses produksi telah dilakukan secara tepat dan benar, sehingga akan memberikan hasil yang optimal.

4.2.2. Aplikasi Perubahan Lintasan Pada Model Simulasi

Simulasi model riil yang digunakan pada penelitian ini adalah model simulasi riil yang telah dikembangkan oleh Dwi Laksono,dkk 2011, pada rantai produksi produk *hydrant* bengkel "X". Hasil model tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Model Simulasi Sistem Riil Lintasan Produksi Produk *Hydrant*

Dari model simulasi sistem riil didapatkan data sebagai berikut:

Tabel. 4.6. Hasil Produksi Simulasi Sistem Riil

Elemen Operasi	Simulasi Sistem Riil
Stasiun Percetakan 1/kecil	369
Stasiun Percetakan 2/besar	319
Stasiun Perakitan	316
Stasiun Pengecoran	310
Storage Perakitan	198
Stasiun Pembersihan	114
Stasiun Inspeksi	114
Gudang/Barang Jadi	108
Box Reject	6

4.2.3. Membangun Model Aplikasi dengan Pendekatan Line Balancing

4.2.3.1. Activity Cycle Diagram(ACD)

Model konseptual ini digunakan untuk menggambarkan sistem yang ada di lapangan ke dalam model secara konsep. Model yang akan dikaji dalam penelitian kali ini adalah model yang dibuat berdasarkan pendekatan *line balancing*.

Sebelum ditampilkan dalam bentuk diagram dan untuk memudahkan untuk mengidentifikasinya, ACD simulasi terlebih dahulu ditampilkan dalam sebuah tabel keterangan seperti sebagai berikut :

a. Stasiun Percetakan 1/Kecil

Tabel 4.7. Entitas Stasiun Percetakan 1/Kecil

Entitas	Aktivitas	Symbol	Legend
Bahan Baku Pasir Besi	~ Datang ke mesin	Arrival 1	—
	~ Dimasukkan Cetakan	Cetak1	
	~ Dipanaskan	Panasi 1	
Mesin Cetak	~ Digunakan untuk mencetak pasir besi	Cetak1	—
Operator Percetakan	Mencetak pasir besi	Cetak1	---

b. Stasiun Percetakan 2/Besar

Tabel 4.8. Entitas Stasiun Percetakan 2/Besar

Entitas	Aktivitas	Symbol	Legend
Bahan Baku Pasir Besi	~ Datang ke mesin	Arrival 2	—
	~ Dimasukkan Cetakan	Cetak2	
	~ Dipanaskan	Panasi 2	
Mesin Cetak 2	~ Digunakan untuk mencetak pasir besi	Cetak2	—
Operator Percetakan	~ Mencetak pasir besi	Cetak2	---

c. Stasiun Perakitan

Tabel 4.9. Entitas Stasiun Perakitan

Entitas	Aktivitas	Symbol	Legend
Hasil Cetakan 1 dan Hasil Cetakan 2	~ Datang ke mesin	Arrival 3	—
	~ Dirakit	Rakit	
	~ Diperiksa	Diperiksa	
Mesin Perakitan	~ Merakit hasil cetakan	Rakit	—
Operator Percetakan	~ Merakit hasil cetakan	Rakit	---

d. Stasiun Pengecoran

Tabel 4.10. Entitas Stasiun Pengecoran

Entitas	Aktivitas	Symbol	Legend
Bahan Setengah Jadi	~ Datang ke mesin	Arrival 4	—
	~ Di Cor	Cor	
Mesin Tuang	~ Menuang hasil pengecoran	Cor	—
Operator Pengecoran	~ Menuang hasil pengecoran	Cor	---

e. Stasiun Pembersihan

Tabel 4.11. Entitas Stasiun Pembersihan

Entitas	Aktivitas	Symbol	Legend
Hydrant	~ Datang ke mesin	Arrival 5	—
	~ Dibersihkan	Bersihkan	
	~ Digerinda, dihaluskan	Gerinda	
Mesin Gerinda	~ Membersihkan hasil cor	Bersihkan	—
Kuli Pembersihan	~ Mengoperasikan mesin gerinda	Bersihkan	---

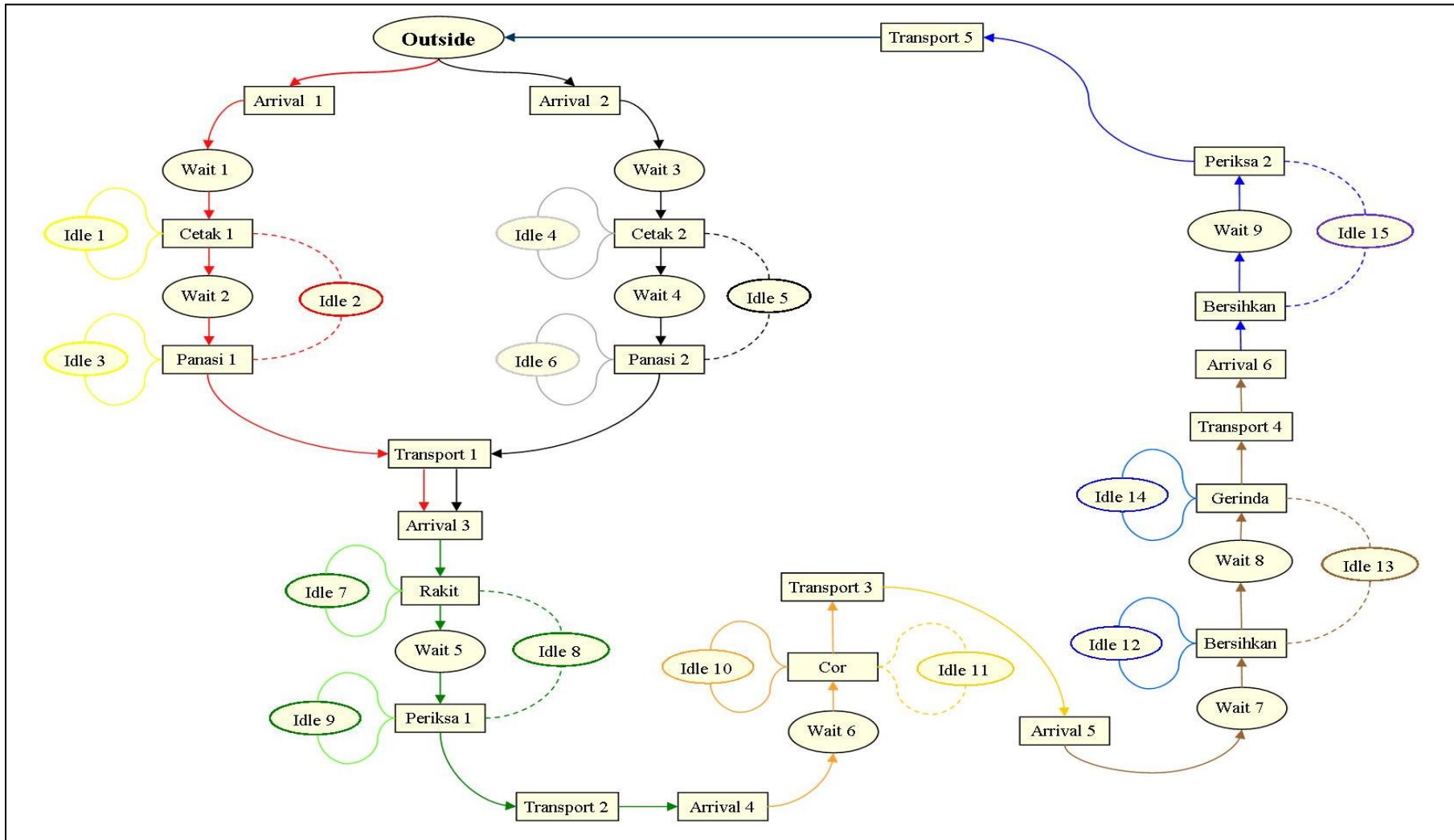
f. Stasiun Inspeksi

Tabel 4.12. Entitas Stasiun Inspeksi

Entitas	Aktivitas	Symbol	Legend
Hydrant	~ Datang ke mesin	Arrival 6	—
	~ Dibersihkan	Bersihkan	
	~ Diperiksa	Diperiksa	
Inspektor	~ Memeriksa hasil pembersihan	Bersihkan

4.2.3.2. Model Diagram ACD

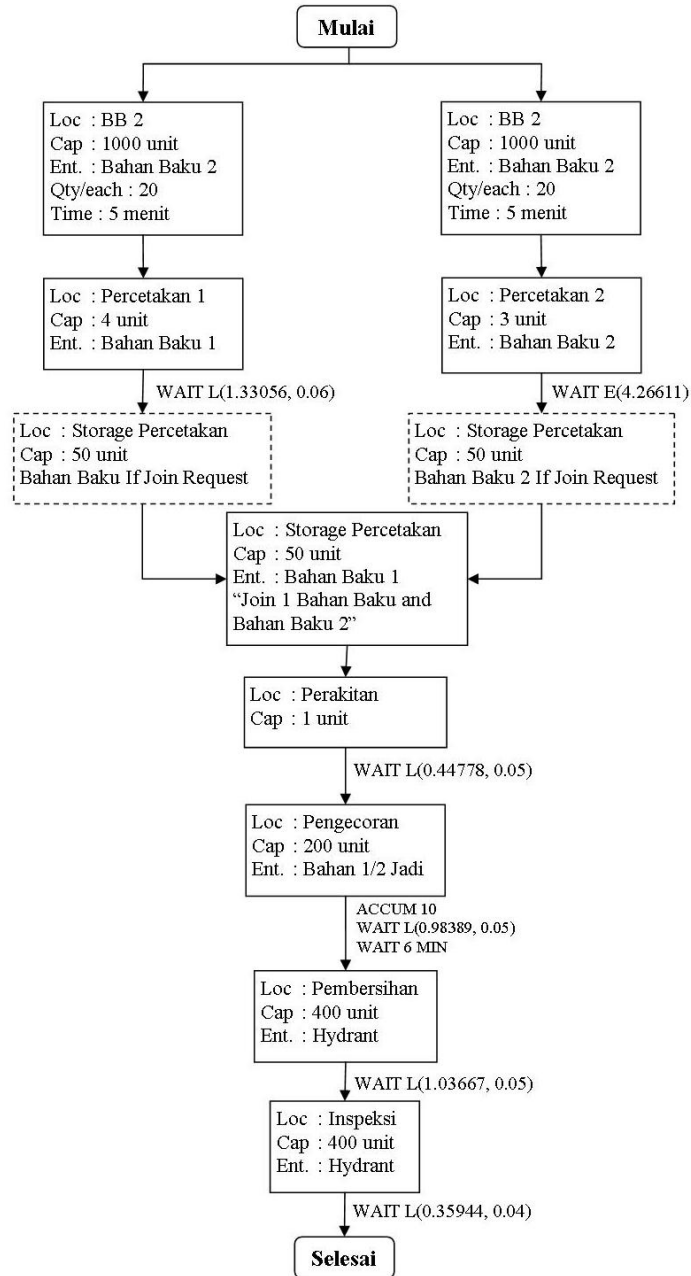
Aktifitas kegiatan di rantai produksi dari produk *hydrant* dapat dilihat pada *Activity Cycle Diagram (ACD)* berikut ini :



Gambar 4.5. ACD Model Simulasi dengan Pendekatan Line Balancing

4.2.3.3. Flowchart Model Simulasi Proses Produksi

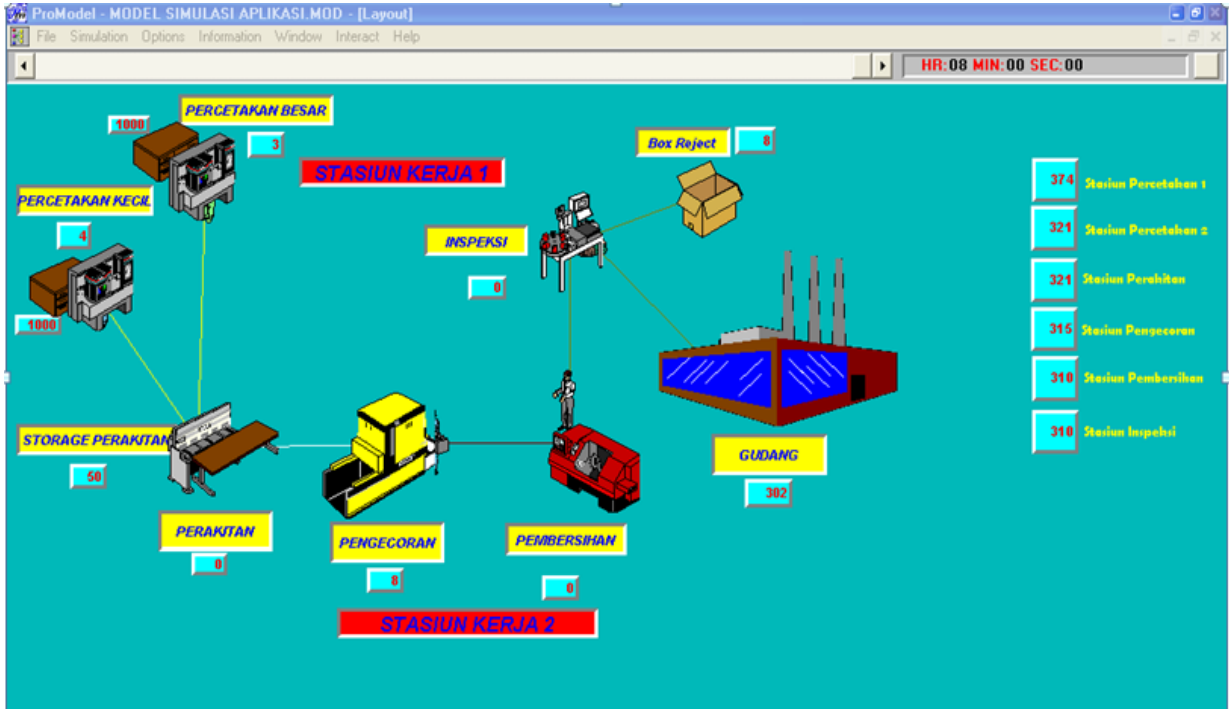
Berdasarkan data-data yang disusun pada bagian sebelumnya, terlebih dahulu disusun *flowchart* langkah penyusunan simulasi proses produksi dalam Promodel agar memudahkan memahami dalam membuat simulasinya.



Gambar 4.6. *Flowchart* Penyusunan Model Simulasi

4.2.3.4. Model Simulasi Aplikasi dengan Pendekatan *Line Balancing*

Model simulasi aplikasi dengan pendekatan *line balancing* pada departemen produksi (pengecoran) pada bengkel “X” untuk produk *hydrant* yang dibangun adalah sebagai berikut :



Gambar 4.7. Model Simulasi Aplikasi dengan Pendekatan *Line Balancing*

Dari model simulasi aplikasi dengan pendekatan *line balancing* didapatkan data sebagai berikut:

Tabel. 4.13. Hasil Produksi Simulasi Sistem Aplikasi

Elemen Operasi	Simulasi Sistem Riil
Stasiun Percetakan 1/kecil	374
Stasiun Percetakan 2/besar	321
Stasiun Perakitan	321
Stasiun Pengecoran	315
Storage Perakitan	8
Stasiun Pembersihan	310
Stasiun Inspeksi	310
Gudang/Barang Jadi	302
Box Reject	8

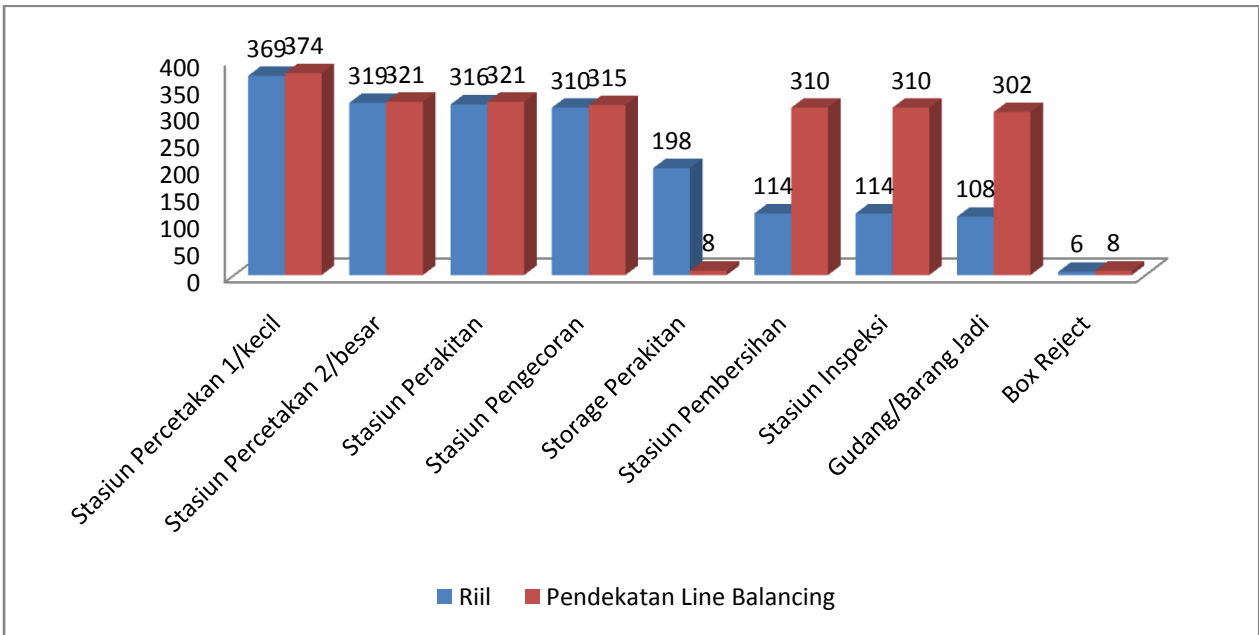
4.2.4. Perbandingan Hasil

Keseimbangan lintasan yang dibangun hipotesa awalnya adalah bahwa hasil aplikasi perhitungan tersebut berbeda dengan sistem nyata, sistem nyata pada penelitian ini dibangun dengan simulasi begitu juga dengan aplikasi dari pendekatan *line balancing* dibangun dengan simulasi. Berikut ini merupakan tabel perbandingan hasil produksi proses operasi berdasarkan model riil dan model aplikasi dengan pendekatan line balancing pada produk *hydrant*.

Tabel 4.14. Perbandingan Hasil Produksi Proses Operasi Berdasarkan Model Riil Dan Model Aplikasi Dengan Pendekatan Line Balancing Pada Produk *Hydrant*

Elemen Operasi	Simulasi Sistem Riil	Simulasi Pendekatan Line Balancing
Stasiun Percetakan 1/kecil	369	374
Stasiun Percetakan 2/besar	319	321
Stasiun Perakitan	316	321
Stasiun Pengecoran	310	315
Storage Perakitan	198	8
Stasiun Pembersihan	114	310
Stasiun Inspeksi	114	310
Gudang/Barang Jadi	108	302
Box Reject	6	8

Peningkatan hasil produksi pada produk akhir dan penurunan *storage* pada operasi pengecoran dapat dilihat secara jelas pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8. Grafik Perbandingan Simulasi Riil dan Simulasi Aplikasi Line Balancing

Pada gambar 4.8. Terlihat jelas bahwa produk jadi meningkat sebesar 279 % dan storage pada operasi pengecoran menurun sebesar 2475 %, jelas hal ini terbukti bahwa dengan pendekatan *line balancing* dapat mengurai adanya *bottleneck* pada rantai produksi dalam kasus ini *bottleneck* yang terurai terjadi pada operasi pengecoran.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dari penelitian pada PT. “X” dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dengan menggunakan software ProModel mampu menghasilkan model simulasi proses produksi *hydrant* PT. “X” yang representatif. Pada simulasi sistem riil, tidak terjadi keseimbangan lini produksi dikarenakan adanya *bottleneck* pada beberapa operasi produksi terutama pada operasi pengecoran.
2. Dalam rangka meningkatkan menyeimbangkan lintasan produksi digunakan pemecahan masalah dengan menggunakan metode *line balancing*, dari hasil perhitungan didapat jumlah stasiun kerja minimal sebanyak 2 SK, dengan rincian sbb:
 - a. Stasiun Kerja 1 terdiri dari elemen produksi/operasi 4,5, dan 6, yaitu operasi 4 adalah mengisi bahan baku pada cetakan besar, operasi 5 adalah dipanaskan, dan operasi 6 adalah melepas cetakan dan cek kualitas.
 - b. Stasiun Kerja 2 terdiri dari elemen produksi/operasi 1,2,3,7,8,9,dan 10, yaitu operasi 1 adalah Mengisi bahan baku pada cetakan kecil, operasi 2 adalah dipanaskan, operasi 3 adalah melepas cetakan dan cek kualitas, operasi 7 adalah merakit cetakan besar dan kecil, operasi 8 adalah pengecoran, operasi 9 adalah pembersihan dan operasi 10 adalah Inspeksi.
3. Hasil dari Aplikasi simulasi dengan menggunakan pendekatan *line balancing* didapatkan terjadinya peningkatan produk jadi sebesar 279 % dan storage pada operasi pengecoran menurun sebesar 2475 %, jelas hal ini terbukti bahwa dengan pendekatan *line balancing* dapat mengurai adanya *bottleneck* pada rantai produksi dalam kasus ini *bottleneck* yang terurai terjadi pada operasi pengecoran

5.2. Saran

Adapun saran-saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi perusahaan

Hasil analisis pemecahan masalah hendaknya dapat digunakan oleh perusahaan sebagai informasi tentang sistem proses produksi sehingga menjadi bahan pertimbangan perusahaan dalam melakukan perubahan yang lebih baik secara *continuous improvement*.

2. Bagi penelitian selanjutnya
 - a. Perencanaan produksi hendaknya tidak hanya pada departemen proses produksi saja tetapi dilanjutkan mulai dari awal proses produksi sebelum proses pengecoran bahkan dimulai dari pemesanan bahan baku dan proses produksi hingga sampai pada konsumen sehingga analisisnya menjadi lebih baik dibandingkan satu departemen saja.
 - b. Simulasi kedepannya hendaknya memperhitungkan nilai distribusi kegagalan proses, waktu setup, dan analisis pengambilan keputusan yang memperhitungkan biaya dan keuntungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Miftahol, 2008, *Simulasi Sistem Industri*, Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Banks, J., J. S. Carson, and B.L. Nelson, 1996, *Discrete-Event System Simulation*, New Jersey : Prentice Hall.
- Baroto, T., 2002, *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*, Ghalia, Indonesia, Jakarta
- Buffa, E.S. dan Sarin, R.K., 1998, *Manajemen Operasi*, Binarupa Aksara, Jakarta.
- Buzacott, John.A. dan Shantikumar, J. George, 1993, *Stochastic Models of Manufacturing Systems*, New Jersey : Prentice-Hall International Editions.
- Chin, W.K., dan Yusof, S.M., 2006, Line Balancing Improvement In The Welding Section Of A Car Assembling Plant, *Jurnal Teknologi*, 44(A): 81–96.
- Corporation, ProModel, 2000, *ProModel Manufacturing Simulation Software*, United States of America : ProModel Corporation.
- Dwi Laksono, G., Nurdin, R. dan Astuti, M., 2011, Simulasi Sistem Proses Produksi di PT. Baja Karunia, Batur, Ceper , Klaten, *Jurnal Angkasa*, Volume 4, Nomor 2.
- Eryuruk,S.H., Kalaoglu, F. dan Baskak, M., 2008, Assembly Line Balancing in a Clothing Company, *Journal FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, Vol. 16, No. 1 (66).
- Gaspersz, V. 2004. *Production Planning and Inventory Control*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Hillier, F.S. dan Lieberman, G.J., 2008, *Introduction to Operations Research*, Jilid 2, Ed 8, Andi Offset, Jakarta.
- Kusuma, Hendra. 1999. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. ANDI, Yogyakarta.
- Purnomo, H., 2004, *Perencanaan dan Perancangan Fasilitas*, Edisi ke-1, Graha Ilmu, Yogyakarta
- Roy, D. dan Khan, D., 2010, Assembly line balancing to minimize balancing loss and system loss, *Journal Industrial Engineering International*, 6 (11), 1-5, Spring.
- Siagian, P., 1987, *Penelitian Operasional : Teori dan Praktek*, UI Pres, Jakarta.
- Winston, W.L, 2004. *Operations Research : Applications and Algorithms*, 4th Ed, Brooks/Cole – Thomson Learning, Belmont.