

**ANALISIS JARINGAN KERJA PROSES PRODUKSI GULA  
DI PG DJOMBANG BARU, JOMBANG, JAWA TIMUR**

**SKRIPSI**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**Oleh:**

**INDRIANA DWI ASTUTI**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
JURUSAN SOSIAL EKONOMI PERTANIAN  
PROGRAM STUDI AGRIBISNIS  
MALANG  
2015**

**Analisis Jaringan Kerja Proses Produksi Gula  
di PG Djombang Baru, Jombang, Jawa Timur**

Oleh:

**INDRIANA DWI ASTUTI  
11504010111050**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh  
Gelaran Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

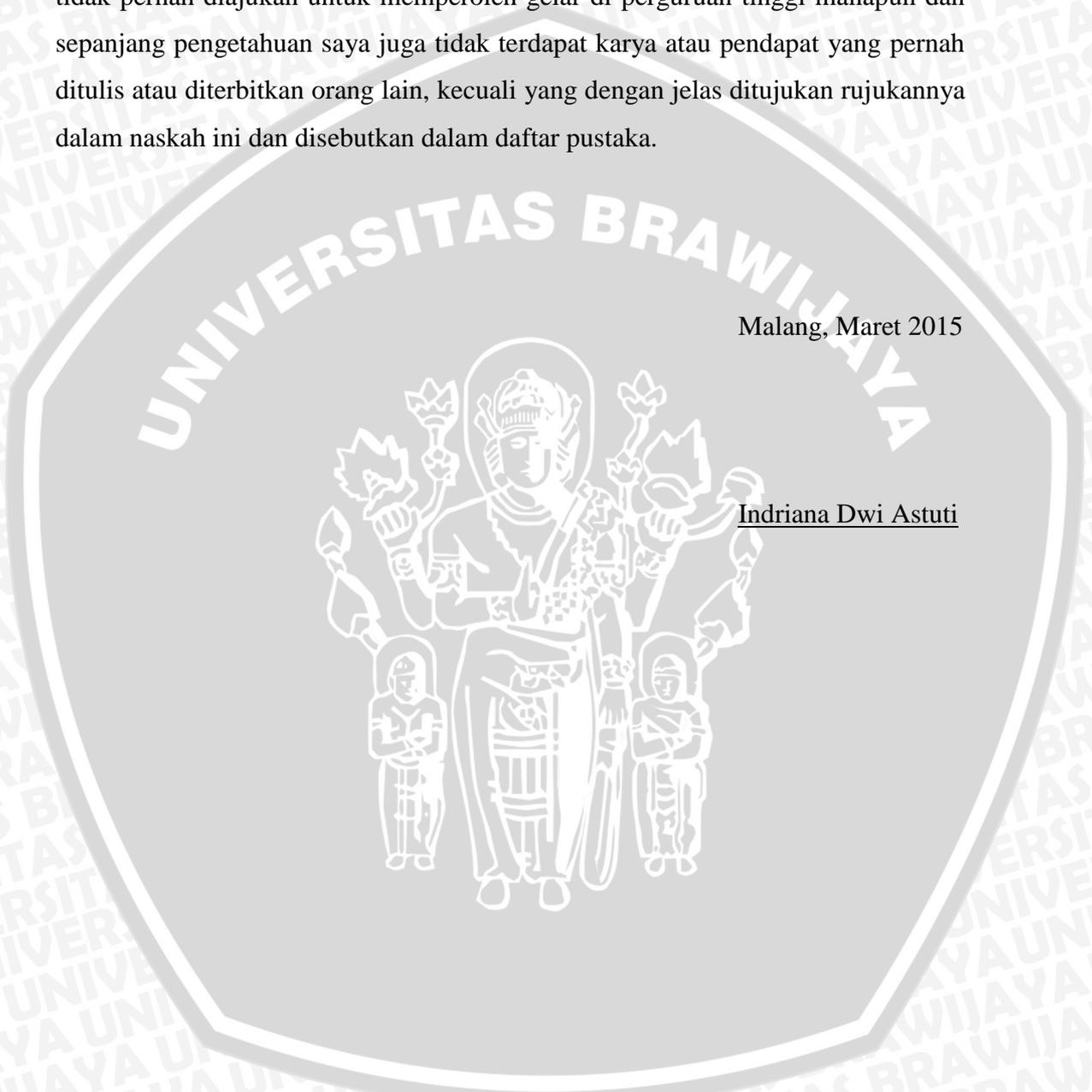
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
JURUSAN SOSIAL EKONOMI PERTANIAN  
PROGRAM STUDI AGRIBISNIS  
MALANG  
2015**

## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Maret 2015

Indriana Dwi Astuti



## LEMBAR PERSETUJUAN

Judul penelitian : **ANALISIS JARINGAN KERJA PROSES PRODUKSI GULA DI PG DJOMBANG BARU, JOMBANG, JAWA TIMUR**

Nama Mahasiswa : **INDRIANA DWI ASTUTI**

NIM : 115040101111050

Jurusan : Sosial Ekonomi Pertanian

Program Studi : Agribisnis

Menyetujui : Dosen Pembimbing

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing

Ir. Heru Santoso Hadi Subagyo, SU.  
NIP. 19540305 198103 1 005

Mengetahui,  
Ketua Jurusan

Dr.Ir. Syafrial, MS.  
NIP. 19580529 198303 1 001

Tanggal Persetujuan:

**LEMBAR PENGESAHAN**

Mengesahkan

**MAJELIS PENGUJI**

Penguji I,

Penguji II,

Dr. Ir. Abdul Wahib Muhaimin, MS.

Dina Novia Primingtyas, SP., M.Si.

NIP. 19561111 198601 1 002

NIP. 19781105 200604 2 002

Penguji III,

Ir. Heru Santoso Hadi Subagyo, SU.

NIP. 19540305 198103 1 005

Tanggal Lulus:

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**Skripsi ini kupersembahkan untuk**

**Allah SWT  
Ayahanda dan Ibonda tercinta  
Kakak dan Adikku tersayang  
Serta semua sahabat-sahabat ku**

## RINGKASAN

**INDRIANA DWI ASTUTI. 115040101111050.** Analisis Jaringan Kerja Proses Produksi Gula di PG Djombang Baru, Jombang, Jawa Timur. Di bawah bimbingan Ir. Heru Santoso Hadi Subagyo, SU.

---

Penentuan jadwal produksi dapat dilakukan dengan menyusun suatu jaringan kerja. Salah satu metode yang digunakan untuk menentukan jadwal dan menyusun jaringan kerja adalah CPM (*Critical Path Method*). CPM adalah teknik membuat diagram kerja yang digunakan untuk memperkirakan durasi proyek secara total, dan menentukan waktu tersingkat untuk penyelesaian suatu proyek. Jaringan kerja proses produksi gula terdiri dari beberapa kegiatan yang disusun berdasarkan stasiun kerjanya. PG Djombang Baru memiliki 6 stasiun kerja, diantaranya adalah stasiun gilingan, pemurnian, penguapan, masakan, putaran, dan penyelesaian. Pada musim giling tahun 2015, PG Djombang Baru akan melakukan revitalisasi pabrik dan perbaikan kinerja produksi. Revitalisasi pabrik dan perbaikan kinerja produksi dilakukan dengan 3 cara, yaitu menambahkan mesin *continuous vacuum pan* untuk masakan D, menambah putaran HGF (*High Grade Centrifugal*) *single curing* untuk proses putaran masakan A, dan menambah jam giling pabrik. Penelitian tentang analisis jaringan kerja dilakukan untuk membantu perusahaan mengetahui sejauh mana proses produksi gula dapat dipercepat dengan adanya penambahan jam giling, mesin *continuous vacuum pan* D, dan mesin putaran HGF *single curing*. Selain itu, juga dapat mengetahui perubahan total biaya langsung akibat penambahan jam giling, mesin *continuous vacuum pan* D, dan mesin putaran HGF *single curing*. Sehingga nantinya diperoleh kombinasi percepatan waktu produksi dengan total biaya produksi yang dapat mengoptimalkan produksi. Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah (1) Menganalisis dampak percepatan penyelesaian waktu produksi terhadap total biaya langsung produksi. (2) Menganalisis kombinasi percepatan waktu penyelesaian produksi dengan total biaya produksi terendah untuk mengoptimalkan produksi. Hipotesis pada penelitian ini adalah (1) Diduga percepatan waktu penyelesaian produksi berdampak pada peningkatan total biaya langsung produksi. (2) Diduga dengan kombinasi percepatan waktu penyelesaian produksi dan total biaya produksi terendah dapat mengoptimalkan produksi.

Penelitian ini dilakukan di PG Djombang Baru, Kabupaten Jombang, Jawa Timur dengan metode *purposive*. Dasar pertimbangannya adalah pada musim giling tahun 2015 PG Djombang Baru akan melakukan revitalisasi pada pabriknya. Revitalisasi ini dilakukan dengan peningkatan jam giling pabrik dan penambahan mesin di stasiun masakan dan putaran HGF. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah CPM dan metode *quantity take-off* dan harga satuan. Hipotesis pertama akan dianalisis dengan *crashing program*. Sementara hipotesis kedua dianalisis dengan menghitung total biaya produksi setelah percepatan, yang selanjutnya dipilih total biaya produksi terendah, sehingga dapat mengoptimalkan produksi.

Hasil analisis percepatan waktu produksi menunjukkan bahwa peningkatan total biaya langsung produksi akibat percepatan waktu penyelesaian produksi hanya berdampak pada percepatan waktu aktivitas 11, yaitu masakan D. Berdasarkan hasil percepatan waktu, pada kondisi percepatan aktivitas 11

(masakan D) dengan total waktu produksi 57,31 jam, total biaya langsungnya bertambah menjadi sebesar Rp 57.476.498,-. Sedangkan, pada kondisi percepatan aktivitas 1 (pemerahan batang tebu), dengan total waktu produksi 59,57 jam, total biaya langsungnya berkurang menjadi sebesar Rp 57.281.801,-. Sementara pada kondisi percepatan aktivitas 17 (putaran HGF) dengan total waktu 58,12 jam, total biaya langsungnya berkurang menjadi sebesar Rp 56.895.227,-.

Kombinasi percepatan waktu penyelesaian produksi dengan total biaya produksi terendah ditunjukkan pada percepatan aktivitas 17 (proses putaran HGF) dengan total waktu produksi 58,12 jam. Total biaya produksinya adalah Rp 64.473.520,-. Persentase pengurangan waktu penyelesaian produksi adalah 2,55 persen. Sementara persentase pengurangan biaya akibat percepatan waktu produksi gula adalah 1,02 persen. Sehingga, dapat dikatakan bahwa percepatan aktivitas 17 (proses putaran HGF) mampu mengoptimalkan produksi.

Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian adalah (1) Jika melakukan penambahan mesin *continuous vacuum pan D* sebaiknya diiringi dengan percepatan waktu masakan D pada mesin pan batch, sehingga waktu penyelesaiannya lebih pendek dan tidak berdampak pada peningkatan total biaya langsung. Cara percepatan masakan D dapat dilakukan dengan meningkatkan laju agitasi dan pendinginan. (2) Penambahan satu mesin HGF *single curing* untuk mempercepat waktu aktivitas 17 sebaiknya diiringi dengan kesiapan tenaga kerja dalam mengoperasikan mesin baru tersebut. Hal tersebut dikarenakan cara pengoperasian mesin HGF *single curing* berbeda dengan mesin HGF *double curing*. Kesiapan tenaga kerja dapat dilakukan dengan melakukan pelatihan sebelum musim giling tiba. Selain pelatihan, dapat juga dilakukan dengan studi banding ke pabrik gula lain yang sudah menggunakan mesin HGF *single curing*. Perusahaan sebaiknya menempatkan supervisor guna melakukan pengawasan pada proses putaran HGF agar produksi dapat berjalan dengan lancar dan mampu mencapai optimalisasi produksi.



## SUMMARY

**INDRIANA DWI ASTUTI. 115040101111050.** Networking Analysis Production Process of Sugar at PG Djombang Baru, Jombang, Jawa Timur. Supervised by Ir. Heru Santoso Hadi Subagyo, SU.

---

Determination of production schedule can be done by constructing a network. One of the methods used to determine schedule and arrange network is CPM (Critical Path Method). CPM is diagramming technique used to estimate total project duration, and determines the shortest time for completion of a project. Networking sugar production process consists of several activities organized by the station works. PG Djombang Baru has six work stations, including the mill station, purification, evaporation, crystallization, rotation, and completion. At the milling season 2015, PG Djombang Baru will revitalize the factory and improved production performance. Revitalization of the factory and production performance improvements done in 3 ways ie, adding machine Continuous Vacuum Pan for crystallization D, adding machine HGF (High Grade Centrifugal) single curing for rotation process, and adding hours of milling. Research of network analysis carried out to help the company know the extent of sugar production process can be accelerated by adding continuous vacuum pan machine for crystallization D, adding HGF single curing machine for rotation process, and adding hours of milling. Moreover, it can also determine the changes of total direct cost as a result of crash time of production. Thus a combination crash time of production with total cost of production to optimize production will be obtained. The purpose of this research are to (1) Analyze the impact of crash time completion production to total direct cost production. (2) Analyze combination crashing time of completion production with the lowest total cost of production to optimize production. Hypothesis of this research are (1) Crash time completion production has increased the total direct cost production. (2) Combination crashing time of completion production with the lowest total cost of production can optimize production.

This research was done purposively at PG Djombang Baru, Jombang District, East Java with considerations that the milling season 2015 PG Djombang Baru massively was conducted revitalization of the factory. This revitalization conducted by adding hours of milling and adding machine at crystallization station and HGF station. Method of this research were CPM and quantity take-off and unit price method. First hypothesis was analyzed by crashing program. While second hypothesis was analyzed by calculating total cost of production at crash time, which was selected the lowest total cost of production, so it could optimize the production.

Result of analysis crash time of production showed that increasing total direct cost of production effect crash time completion production only impacted at crash time activity 11<sup>th</sup> (crystallization D). Based on the result of crash time, at crashing time activity 11<sup>th</sup> (crystallization D) with total duration 57,31 hours, total direct cost increase was Rp 57.476.498,-. While at crashing time activity 1<sup>th</sup> (sugar cane mills), with total duration 59,57 hours, total direct cost decrease was Rp 57.281.801,-. Besides that, at crashing time activity 17<sup>th</sup> (wheels of HGF) with total duration 58,12 hours, total direct cost decrease was Rp 56.895.227,-.

Combination of completion crash time production with the lowest total cost of production showed at crashing time activity 17<sup>th</sup> (wheeling process HGF) with total duration 58,12 hours. Total cost of production was Rp 64.473.520,-. Percentage reduction of duration production was 2,55 percent. While percentage reduction of duration effect crash time was 1,02 percent. So, crashing time activity 17<sup>th</sup> (wheeling process HGF) could optimize the production.

Suggestion of this research are (1) If you added continuous vacuum pan for crystallization D, should be accompanied by acceleration time of crystallization D on Pan Batch, so duration of production more short and not impact at increasing total direct cost. Acceleration of crystallization D can be done by increasing rate of agitation and cooling. (2) Addition HGF single curing machine to crash time activity 17 had been better done by readiness of workers to operated that machines. It because operating system of HGF single curing machine different with HGF double curing. Readiness of workers can be done by training before the milling season arrives. In addition to training, can also be done with study banding to other sugar factories are already using HGF single curing machine. Company should put supervisors in order to supervise the process of HGF round so that production can be run smoothly and is able to achieve the optimization of production.



## KATA PENGANTAR

Penulis mengucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah, sehingga skripsi dengan judul “Analisis Jaringan Kerja Proses Produksi Gula di PG Djombang Baru, Jombang, Jawa Timur” dapat terselesaikan dengan baik. Adapun tujuan penulisan skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan jenjang pendidikan sarjana S1 di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak dapat diselesaikan tanpa bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Heru Santoso Hadi Subagyo, SU. selaku dosen pembimbing skripsi, yang telah memberikan arahan, masukan, nasihat, dan bimbingan dalam menyusun dan menyelesaikan karya tulis ini.
2. Ayah, ibu, kakak dan adikku, yang selalu senantiasa mendukung, mendoakan, motivasi, serta kasih sayangnya.
3. Bapak H. Noor Zainal, STP. selaku asisten manajer *quality control off farm* yang telah memberikan masukan selama pelaksanaan penelitian.
4. Novianti Adi Rohmanna selaku mahasiswa Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya yang telah memberikan masukan dalam penyusunan karya tulis ini.
5. Ela Firda Amaliyah selaku mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya yang telah memberikan masukan dalam penyusunan karya tulis ini.
6. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan penelitian selanjutnya.

Malang, Maret 2015

Penulis

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jombang pada tanggal 25 Agustus 1992. Penulis merupakan putri kedua dari tiga bersaudara dari ayah bernama Bambang Iriansyah dan ibu bernama Budi Astuti.

Jenjang pendidikan yang telah ditempuh penulis adalah TK Kartika V-49 pada tahun 1996-1999. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN Jombang 2 Jombang pada tahun 1999-2005. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan ke sekolah menengah pertama di SMPN 2 Jombang pada tahun 2005-2008. Selanjutnya, pada tahun 2008 sampai 2011 penulis menempuh pendidikan menengah atas di SMA PGRI 1 Jombang. Pada tahun 2011 penulis diterima di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya dengan Program Studi Agribisnis melalui jalur Prestasi Akademik.

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten praktikum untuk Mata Kuliah Ekonomi Makro dan Ekonomi Produksi pada tahun 2013-2014. Penulis pernah aktif dalam kepanitiaan Inaugurasi pada tahun 2011 dan Diesnatalis Fakultas Pertanian pada tahun 2012. Penulis juga pernah aktif dalam organisasi kemahasiswaan tingkat universitas RKIM (Riset dan Karya Ilmiah Mahasiswa) pada tahun 2011-2012.

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>i</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xii</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	7
1.4 Kegunaan Penelitian .....	7
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>8</b>
2.1 Tinjauan Penelitian Terdahulu .....	8
2.2 Tinjauan Proses Produksi .....	10
2.3 Tinjauan Penjadwalan .....	11
2.4 Tinjauan Jaringan Kerja .....	11
2.4.1 Diagram Jaringan Kerja .....	11
2.4.2 Simbol-Simbol dalam Jaringan Kerja .....	12
2.4.3 Pendekatan untuk Menyusun Jaringan Kerja .....	13
2.4.4 Sistematika Penyusunan Jaringan Kerja .....	14
2.5 Tinjauan Metode Lintasan Jalur Kritis (CPM) .....	15
2.5.1 Menentukan Jadwal Proyek .....	16
2.5.2 Waktu Longgar dan Jalur Kritis .....	18
2.5.3 Jadwal yang Ekonomis .....	18
2.5.4 Mempersingkat Waktu Penyelesaian .....	18
2.5.5 Biaya Langsung dan Tak Langsung .....	20
2.6 Tinjauan Produktivitas .....	21
2.6.1 Definisi Produktivitas .....	21
2.6.2 Pengukuran Produktivitas .....	21
2.7 Mesin dan Peralatan Produksi .....	22
2.7.1 Mesin <i>Continous Vacuum Pan</i> .....	22
2.7.2 Mesin Putaran HGF <i>Single Curing</i> .....	23
2.8 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Percepatan Produksi .....	23
2.8.1 Kelancaran Giling .....	23
2.8.2 Kecepatan Kristalisasi .....	24
<b>III. KERANGKA KONSEP PENELITIAN</b> .....	<b>25</b>
3.1 Kerangka Pemikiran .....	25
3.2 Hipotesis Penelitian .....	27
3.3 Batasan Masalah .....	27
3.4 Daftar Istilah .....	28
3.5 Definisi Operasional .....	29



<b>IV. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>33</b>
4.1 Metode Penentuan Lokasi Penelitian.....	33
4.2 Metode Penentuan Responden.....	33
4.3 Metode Pengumpulan Data.....	34
4.4 Metode Analisis Data.....	35
4.4.1 Analisis Deskriptif.....	36
4.4.2 Analisis Percepatan Waktu Penyelesaian Produksi dan Total Biaya Langsung.....	36
4.4.3 Analisis Kombinasi Percepatan Waktu Penyelesaian Produksi dan Perhitungan Total Biaya.....	43
<b>V. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>45</b>
5.1 Keadaan Umum Perusahaan .....	45
5.1.1 Profil Perusahaan.....	45
5.1.2 Lokasi Perusahaan.....	46
5.1.3 Struktur Organisasi Perusahaan .....	46
5.1.4 Ketenagakerjaan .....	48
5.1.5 Bahan Baku Produksi Gula .....	50
5.1.6 Proses Produksi Gula .....	51
5.1.7 Penggunaan Utilitas.....	59
5.2 Hasil .....	60
5.2.1 Analisis Percepatan Waktu Penyelesaian Produksi dan Total Biaya Langsung.....	61
5.2.2 Analisis Kombinasi Percepatan Waktu Penyelesaian Produksi dan Total Biaya Produksi .....	77
5.3 Pembahasan.....	81
5.3.1 Analisis Percepatan Waktu Penyelesaian Produksi dan Total Biaya Langsung.....	81
5.3.2 Analisis Kombinasi Percepatan Waktu Penyelesaian Produksi dan Total Biaya Produksi .....	89
5.4 Implikasi Penelitian .....	92
5.4.1 Implikasi Percepatan Waktu Penyelesaian Produksi Terhadap Total Biaya Langsung.....	92
5.4.2 Implikasi Kombinasi Percepatan Waktu Penyelesaian Produksi dan Total Biaya Produksi .....	93
5.4.3 Implikasi Percepatan Waktu Penyelesaian Produksi Terhadap Kapasitas Produksi.....	93
<b>VI. PENUTUP .....</b>	<b>95</b>
6.1 Kesimpulan .....	95
6.2 Saran .....	95
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>97</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>101</b>

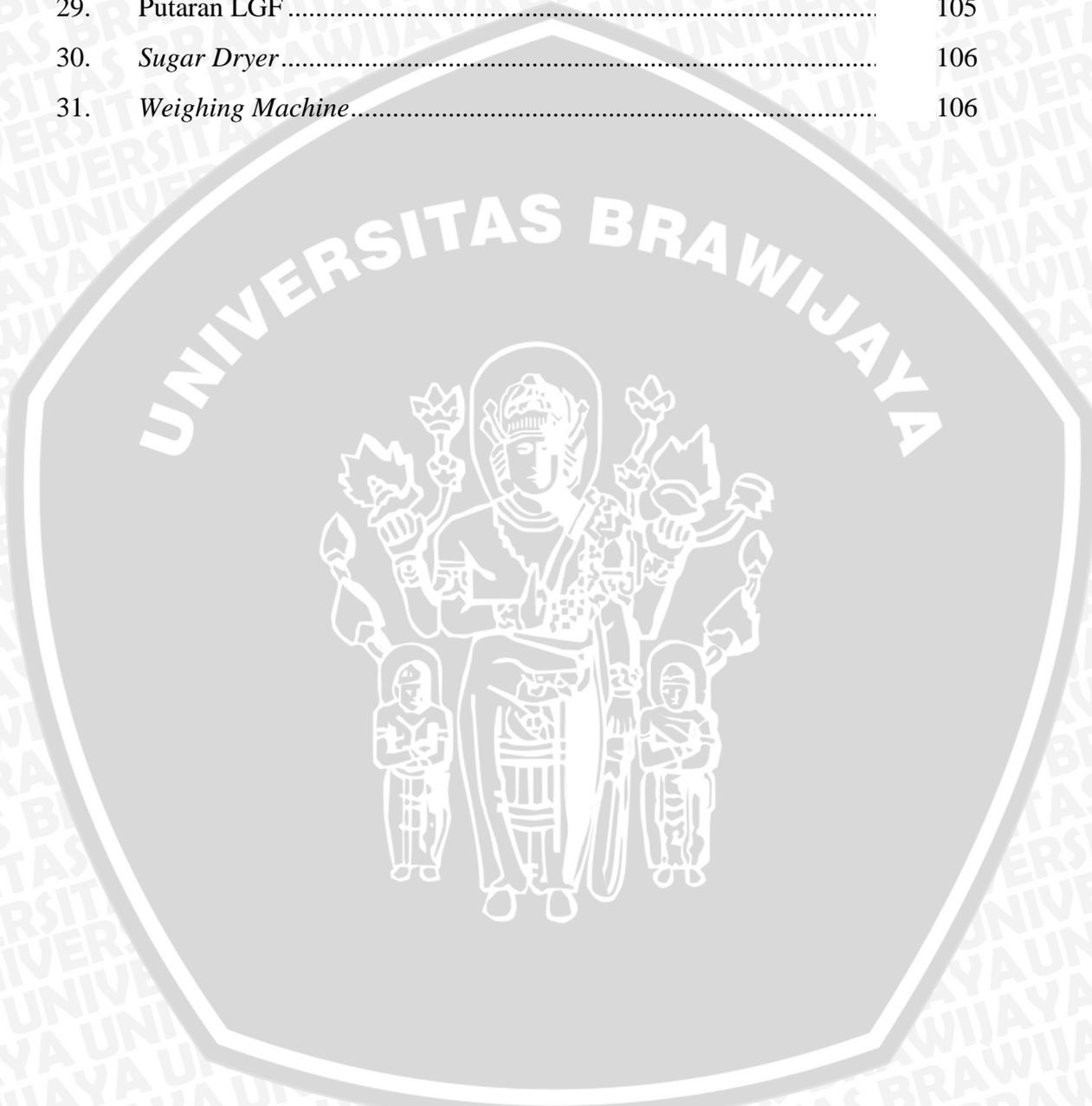
## DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Perbandingan Pemakaian Jaringan AOA dan AON.....	13
2.	Definisi Operasional dan Pengukuran Variabel Konsep Jaringan Kerja .....	29
3.	Jumlah Karyawan PG Djombang Baru .....	49
4.	Pembagian Waktu Kerja PG Djombang Baru.....	50
5.	Komponen-Komponen Aktivitas Produksi Gula .....	61
6.	Urutan Kegiatan Proses Produksi Gula.....	62
7.	Spesifikasi Mesin Produksi Gula PG Djombang Baru.....	64
8.	Spesifikasi Mesin Baru.....	65
9.	Rata-rata Volume dan Waktu Produksi Masakan A, C, D 2 Agustus-1 Oktober 2014 .....	66
10.	Neraca Massa Proses Produksi Gula di Stasiun Penguapan, Masakan, Putaran, dan Penyelesaian.....	67
11.	Neraca Massa di Stasiun Gilingan, Pemurnian dan Penguapan.....	68
12.	Aktivitas Pendahulu, Volume Produksi, dan Waktu Normal.....	69
13.	Rincian Biaya Langsung Produksi Gula dalam Satu Kali Proses ....	71
14.	Rincian Biaya Tidak langsung dalam Satu Kali Proses Produksi Gula .....	72
15.	Identifikasi Aktivitas Kritis .....	73
16.	Perbandingan Waktu dan Produktivitas pada Kondisi Normal dan Percepatan .....	75
17.	Rincian Biaya Langsung dengan Waktu Percepatan.....	76
18.	Daftar Kegiatan dengan Waktu Percepatan, Biaya Percepatan, dan <i>Slope</i> Biaya.....	76
19.	Analisis Jalur Kritis Setelah Percepatan Aktivitas 1 .....	78
20.	Analisis Jalur Kritis Setelah Percepatan Aktivitas 17 .....	79
21.	Analisis Jalur Kritis Setelah Percepatan Aktivitas 11 .....	80
22.	Kombinasi Percepatan Waktu Produksi dengan Total Biaya Produksi.....	80

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Notasi dalam Jaringan Kerja .....	16
2.	Grafik Parameter Model CPM .....	20
3.	Mesin <i>Continous Vacuum Pan</i> .....	23
4.	Mesin Putaran HGF <i>Single Curing</i> .....	23
5.	Diagram Alir Analisis Jaringan Kerja Proses Produksi Gula di PG Jombang Baru.....	26
6.	Notasi dalam Jaringan Kerja .....	41
7.	Pengontrolan Kejenuhan Larutan pada Proses Masakan .....	57
8.	Pan Batch Masakan D .....	66
9.	<i>Continous Vacuum Pan</i> Masakan D.....	66
10.	Mesin Putaran HGF <i>Double Curing</i> .....	66
11.	Mesin Putaran HGF <i>Single Curing</i> .....	66
12.	Grafik Hubungan Total Biaya Langsung terhadap Total Waktu Penyelesaian Produksi.....	86
13.	Grafik Hubungan Total Biaya Tidak Langsung terhadap Total Waktu Penyelesaian Produksi .....	89
14.	Grafik Hubungan Total Biaya terhadap Total Waktu Penyelesaian Produksi.....	90
15.	Struktur Organisasi PG Djombang Baru.....	101
16.	Struktur Organisasi PG Djombang Baru Bagian SDM.....	101
17.	Struktur Organisasi PG Djombang Baru Bagian A K & U.....	101
18.	Struktur Organisasi PG Djombang Baru Bagian <i>Quality Control</i> .....	102
19.	Struktur Organisasi PG Djombang Baru Bagian Pengolahan .....	102
20.	Struktur Organisasi PG Djombang Baru Bagian Instalasi .....	103
21.	Struktur Organisasi PG Djombang Baru Bagian Tanaman.....	103
22.	Gilingan.....	105
23.	<i>Tubular Juice Heater</i> .....	105
24.	Defekator.....	105

25.	Sulf Reaktor.....	105
26.	Clarifier .....	105
27.	Badan Penguap.....	105
28.	Palung Pendingin.....	105
29.	Putaran LGF .....	105
30.	<i>Sugar Dryer</i> .....	106
31.	<i>Weighing Machine</i> .....	106



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Struktur Organisasi PG Djombang Baru .....	101
2.	Skema Proses Produksi Gula.....	104
3.	Mesin dan Peralatan Proses Produksi.....	105
4.	Jaringan Kerja Proses Produksi Gula .....	107
5.	Jaringan Kerja Proses Produksi Gula pada Kondisi Normal.....	108
6.	Jaringan Kerja dengan Waktu Percepatan Aktivitas 1 .....	109
7.	Jaringan Kerja dengan Waktu Percepatan Aktivitas 17 .....	110
8.	Jaringan Kerja dengan Waktu Percepatan Aktivitas 11 .....	111
9.	Rincian Biaya Langsung Produksi Gula dalam Satu Kali Proses ....	112
10.	Perhitungan Biaya Berdasarkan Percepatan Waktu Produksi Gula .....	116



## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Gula merupakan salah satu kebutuhan pokok masyarakat Indonesia. Hal tersebut dikarenakan gula merupakan bahan pemanis utama yang digunakan baik oleh rumah tangga maupun industri makanan dan minuman. Selain itu, pada proses pengolahannya, gula juga mampu menciptakan kesempatan kerja sehingga meningkatkan kesejahteraan rakyat.

Konsumsi gula nasional cenderung meningkat dari tahun ke tahun. Berdasarkan data Sekretariat Dewan Gula Indonesia dalam Napitupulu (2013), pada tahun 2010-2013 total konsumsi gula masyarakat berturut-turut adalah 4.289.000 ton, 4.670.770 ton, 5.200.000 ton, dan 5.516.470 ton. Jumlah ini semakin meningkat dengan rata-rata laju pertumbuhan konsumsi gula 8,77% per tahun. Sehingga diperkirakan konsumsi gula pada tahun 2014 akan naik menjadi 6.000.264 ton.

Pada periode tahun yang sama total produksi gula Indonesia mengalami kenaikan diikuti dengan naiknya konsumsi gula masyarakat. Berdasarkan data Sekretariat Dewan Gula Indonesia dalam Napitupulu (2013), total produksi Indonesia pada tahun 2010-2013 berturut-turut adalah 2.214.489 ton, 2.228.259 ton, 2.591.687 ton, dan 2.762.477 ton. Jumlah ini semakin meningkat dengan rata-rata laju pertumbuhan produksi gula periode 2010-2013 adalah 7,83% per tahun. Sehingga diperkirakan produksi gula pada tahun 2014 adalah 2.978.779 ton.

Perbedaan produksi gula yang lebih kecil dari jumlah konsumsi mengakibatkan Indonesia harus mengimpor gula. Pada tahun 2014, impor tersebut adalah sebesar 3.021.485 ton. Apabila jumlah tersebut diimpor dengan harga US\$ CIF 776 per ton, maka akan diperlukan devisa sebesar  $\pm$  US\$ 2,35 milyar (Antique, 2010). Usaha untuk meningkatkan produksi gula menuju swasembada mempunyai arti penting, seperti perluasan kesempatan kerja dan penghematan devisa.

Salah satu usaha untuk meningkatkan produksi gula adalah dengan melakukan rehabilitasi pabrik gula (Soeparto, 1981). Rehabilitasi pabrik gula dapat dilakukan dengan penambahan mesin-mesin baru. Usaha rehabilitasi pabrik gula dalam hal penambahan mesin-mesin baru mengharuskan perusahaan untuk

memproduksi gula secara optimal. Produksi gula dapat dioptimalkan dengan melakukan kontinuitas dan koordinasi produksi.

Kontinuitas dan koordinasi produksi dapat dilakukan dengan menyusun jadwal produksinya. Menurut Susanto, *et al.* (2006), penjadwalan produksi sangat diperlukan untuk memprediksi waktu penyelesaian produksi. Dengan adanya penjadwalan, diharapkan produksi dapat dilaksanakan sesuai dengan rencana sehingga tidak terjadi kemoloran waktu. Selain itu, penjadwalan produksi juga dapat meningkatkan efisiensi kerja dan mempermudah pengontrolannya.

Penentuan jadwal produksi dapat dilakukan dengan menyusun suatu jaringan kerja. Siswojo (1981) menyatakan bahwa jaringan kerja menggambarkan hubungan antara komponen kegiatan, dan menjelaskan arus dari operasi kerja mulai awal hingga akhir selesainya produksi. Ciri pokok dari jaringan adalah kemampuannya menunjukkan hubungan dan runtutan peristiwa. Jaringan kerja tidak hanya dibuat satu kali, tetapi selalu dilakukan pembaruan berulang kali selama produksi berlangsung. Hal tersebut dilakukan dengan tujuan untuk mencapai tata kerja optimum.

Salah satu metode yang digunakan untuk menentukan jadwal dan menyusun jaringan kerja adalah CPM. CPM adalah teknik pembuatan jaringan kerja yang digunakan untuk memperkirakan durasi produksi secara total, dan menentukan waktu tersingkat untuk penyelesaian produksi. Metode ini merupakan metode yang digunakan untuk mengatur proses produksi, yang melibatkan berbagai aktivitas. Aktivitas-aktivitas tersebut harus diselesaikan dalam jangka waktu tertentu (Sulistyoningrum, *et al.*, 2013).

Penelitian-penelitian tentang analisis jaringan kerja telah banyak dilakukan. Syafirianto (2007), mencoba mengevaluasi penjadwalan pada pengerjaan proyek dermaga Nusa Penida Bali dengan metode CPM di PT PP (Persero) Surabaya. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa pengerjaan proyek yang lebih singkat dilakukan dengan memperhatikan percepatan pada masing-masing aktivitas. Sulistyoningrum, *et al.* (2013), menganalisis pengaruh percepatan waktu pada pembangunan *Hull Outfitthings Marine Disaster Prevention Ship*, dengan menggunakan metode CPM. Analisis dilakukan dengan melakukan percepatan durasi aktivitas pada lintasan kritis yang memiliki total biaya paling murah.

Khodijah, *et al.* (2013), melakukan optimalisasi pelaksanaan proyek pembangunan persinyalan elektrik di Stasiun Kertapati dengan menerapkan metode *crash program*. Hasil penjadwalan menunjukkan bahwa waktu penyelesaian proyek dapat dipercepat 84 hari dengan penurunan biaya sebesar Rp 351.191.695,-.

Pada umumnya penelitian-penelitian tersebut dilakukan pada perusahaan-perusahaan industri dan manufaktur. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini mengambil objek perusahaan agribisnis yang produksinya memiliki karakteristik khusus. Peran spesifik metode penelitian ini terhadap penelitian sebelumnya adalah penggunaan CPM dalam pembuatan jaringan kerja dan analisis percepatan waktu dengan total biaya produksinya.

PT Perkebunan Nusantara X (Persero) merupakan salah satu perusahaan milik negara yang berperan dalam produksi gula nasional. Direktur Utama PT Perkebunan Nusantara X (Persero) Subiyono (2012) menyatakan bahwa pada tahun 2012 PT Perkebunan Nusantara X (Persero) menjadi penghasil gula terbesar secara nasional. Jumlah produksinya mencapai 494.193 ton atau sekitar 19% dari total produksi gula domestik sebanyak 2,59 juta ton. Jumlah ini meningkat 10% dari tahun 2011 yakni 446.926 ton. Luas areal tebu PT Perkebunan Nusantara X (Persero) juga terus mengalami peningkatan pada tahun 2011 hingga 2013. Berdasarkan data Dinas Perkebunan Jawa Timur<sup>a</sup> (2014), luas areal tebu pada tahun 2011 seluas 70.923 ha meningkat menjadi 72.125 ha pada 2012, dan meningkat kembali hingga 77.033 ha pada tahun 2013. Dinas Perkebunan Jawa Timur<sup>b</sup> (2014) menambahkan bahwa pada tahun 2014 rata-rata rendemen awal gilingnya sudah mencapai angka di atas 7%. PT Perkebunan Nusantara X (Persero) mengelola 13 pabrik gula yang tersebar di wilayah Jawa Timur. Salah satu pabrik gula yang dikelola oleh PT Perkebunan Nusantara X (Persero) adalah PG Djombang Baru yang berada di Kabupaten Jombang.

Penelitian ini akan menggambarkan kondisi dari jaringan kerja proses produksi gula di PG Djombang Baru. Jaringan kerja proses produksi gula terdiri dari beberapa kegiatan yang disusun berdasarkan stasiun kerjanya. PG Djombang Baru memiliki 6 stasiun kerja, diantaranya adalah stasiun gilingan, pemurnian, penguapan, masakan, putaran, dan penyelesaian.

Pada musim giling 2014, proses produksi gula di PG Djombang Baru memiliki beberapa permasalahan. Sebagian besar permasalahan berada di stasiun gilingan, masakan, dan putaran. Permasalahan di stasiun giling adalah jam henti giling yang tinggi, mencapai 19,20%. Sementara permasalahan di stasiun masakan adalah waktu proses kristalisasi gula D relatif lama. Berdasarkan data Masakan D PG Djombang Baru pada bulan Agustus sampai Oktober 2014, rata-rata waktu masakan D adalah 3,52 jam. Pada proses putaran HGF (*High Grade Centrifugal*), waktu putaran masih melalui 2 tahap dan membutuhkan waktu 3 menit/siklus.

Melihat kondisi tersebut, maka pada musim giling tahun 2015 PG Djombang Baru akan melakukan revitalisasi pabrik dan perbaikan kinerja produksi. Revitalisasi pabrik dan perbaikan kinerja produksi dilakukan dengan 3 cara, yaitu menambahkan mesin *continuous vacuum pan* untuk masakan D, menambah putaran HGF *single curing* untuk proses putaran masakan A, dan menambah jam giling pabrik. Masing-masing cara tersebut mengakibatkan percepatan waktu penyelesaian produksi, perubahan total biaya langsung, dan total biaya produksi. Percepatan waktu produksi merupakan proses penyelesaian produksi lebih awal dari waktu yang ditentukan.

Penelitian tentang analisis jaringan kerja dilakukan untuk membantu perusahaan mengetahui sejauh mana proses produksi gula dapat dipercepat dengan adanya penambahan jam giling, mesin *continuous vacuum pan* D, dan mesin putaran HGF *single curing*. Selain itu, juga dapat mengetahui perubahan total biaya langsung akibat penambahan jam giling, mesin *continuous vacuum pan* D, dan mesin putaran HGF *single curing*. Sehingga nantinya diperoleh kombinasi percepatan waktu produksi dengan total biaya produksi paling rendah untuk mengoptimalkan produksi.

## 1.2 Rumusan Masalah

PG Djombang Baru merupakan satu dari 13 pabrik gula yang dikelola oleh PT Perkebunan Nusantara X (Persero) yang menghasilkan gula kristal putih dengan mutu <sup>1</sup>SHS (*Superior High Sugar*) 1A. PG Djombang Baru mulai dikelola oleh pemerintah pada tahun 1957. Semakin tingginya konsumsi masyarakat

---

<sup>1</sup> Gula SHS 1A merupakan gula pasir dengan nilai ICUMSA antara 81-200 IU.

terhadap gula, menjadikan peluang bisnis sekaligus tantangan bagi PG Djombang Baru.

Produksi PG Djombang Baru periode tahun 2009 sampai tahun 2013 mengalami kecenderungan menurun. Berdasarkan data produksi gula PG Djombang Baru, pada tahun 2009 produksi gula mencapai 32.721 ton dan mengalami penurunan hingga 30.137,56 ton pada tahun 2011. Pada tahun 2012 produksi gula mengalami peningkatan menjadi 34.499,68 ton dan menurun lagi pada tahun 2013 menjadi 26.238,92 ton.

Pada musim giling tahun 2014, jumlah jam henti giling pabrik tergolong tinggi bila dibandingkan dengan persentase minimum jam henti giling PG Djombang Baru yakni 0,05%. Rata-rata persentase jam henti giling PG Djombang Baru pada periode 2 Agustus hingga 1 Oktober 2014 yaitu 19,20%. Faktor yang menyebabkan adalah boiler Jhon Thompson Australia (JTA) *drop* karena persentase zat kering ampas kurang dari 50%. Boiler merupakan mesin yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik dan energi panas yang digunakan untuk proses produksi gula. Bahan bakar yang digunakan untuk menggerakkan boiler adalah ampas tebu. Kinerja boiler tergantung dari tingkat kekeringan ampas tebu. Semakin tinggi persentase zat kering ampas, maka proses pembakaran ampas pada boiler akan semakin baik. Tingkat zat kering ampas juga akan menentukan kinerja giling pabrik. Semakin tinggi persentase zat kering ampas, maka kinerja dari proses gilingan juga semakin baik. Permasalahan lainnya yang menyebabkan jam henti giling adalah pengumpan ampas *donnelly chute* yang tidak<sup>2</sup>ajeg mengakibatkan<sup>3</sup>ampas suwul. Marlien dan Kasmari (2012), menyatakan bahwa adanya jam henti giling pabrik akan mengakibatkan tebu yang sudah siap giling jadi tertunda (*restan*) sehingga mengakibatkan kerusakan pada tebu yang sudah ditebang yaitu terjadinya penurunan kadar gula dalam tebu (*rendemen*).

Waktu proses kristalisasi di stasiun masakan D relatif lama. Berdasarkan data Masakan D PG Djombang Baru pada bulan Agustus sampai Oktober 2014, rata-rata waktu masakan D adalah 3,52 jam. Padahal standar waktu masakan yang ditetapkan perusahaan adalah 2 jam. Menurut Pradhity (2009), faktor-faktor

---

<sup>2</sup> Ajeg artinya mantap atau kokoh.

<sup>3</sup> Ampas suwul artinya ampas tidak dapat menuju rol gilingan sehingga menumpuk pada pengumpan.

mempengaruhi lamanya proses pemasakan atau proses kristalisasi, antara lain suhu, vakum, proses penguapan sebelumnya, kerataan kristal, kandungan kotoran dalam larutan, viskositas larutan dan pencampuran atau sirkulasi larutan. Selain itu, pada stasiun putaran HGF juga masih menggunakan mesin putaran *double curing* yang proses putarannya masih melalui dua tahap dan membutuhkan waktu 3 menit/siklus.

Melihat kondisi tersebut, maka pada musim giling tahun 2015 PG Djombang Baru akan melakukan perbaikan kinerja produksinya dengan cara meningkatkan persentase zat kering ampas lebih dari 50% di stasiun gilingan dan menerapkan beberapa teknologi baru. Teknologi baru tersebut diantaranya seperti penambahan satu mesin *continous vacuum pan* untuk masakan D dan satu mesin HGF *single curing* untuk proses putaran hasil masakan A. Penerapan teknologi baru ini nantinya diharapkan dapat mempercepat waktu proses produksi gula.

Berdasarkan kondisi tersebut, maka penting bagi PG Djombang Baru untuk menganalisis jaringan kerja proses produksi gulanya. Jaringan kerja proses produksi gula di PG Djombang Baru terdiri dari rangkaian aktivitas-aktivitas yang saling terkait satu dengan lainnya. Analisis jaringan kerja merupakan suatu strategi pengendalian produksi yang menggambarkan hubungan antara komponen kegiatan, dan menjelaskan alur proses produksi mulai dari awal sampai berakhirnya produksi (Siswojo, 1981). Analisis jaringan kerja dilakukan dengan tujuan agar kegiatan produksi dapat optimal, ditinjau dari kombinasi waktu penyelesaian produksi dan total biaya produksi paling rendah.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka pertanyaan pokok dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana dampak percepatan penyelesaian waktu produksi terhadap total biaya langsung produksi?
2. Bagaimana kombinasi percepatan waktu penyelesaian produksi dengan total biaya produksi terendah untuk mengoptimalkan produksi?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis dampak percepatan penyelesaian waktu produksi terhadap total biaya langsung produksi.
2. Menganalisis kombinasi percepatan waktu penyelesaian produksi dengan total biaya produksi terendah untuk mengoptimalkan produksi.

### 1.4 Kegunaan Penelitian

Adapun kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi lembaga

Penelitian ini dapat menambah perbendaharaan perpustakaan Universitas Brawijaya pada umumnya dan Fakultas Pertanian Program Studi Agribisnis pada khususnya, terutama mengenai penerapan manajemen proyek dalam bidang agroindustri.

2. Bagi perusahaan

Penelitian ini dapat memberikan gambaran pada perusahaan sejauh mana proses produksi gula dapat dipercepat dengan adanya penambahan jam giling, mesin *continuous vacuum pan D*, dan mesin putaran *HGF single curing*. Selain itu, memberikan informasi pada percepatan manakah yang dapat mengoptimalkan produksi.

3. Bagi pihak lain

Penelitian ini bermanfaat untuk penelitian selanjutnya sebagai bahan informasi dalam kajian dengan aspek dan ruang lingkup yang lebih luas.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tinjauan Penelitian Terdahulu

Hapsari (2009), dalam penelitiannya yang berjudul Penerapan CPM (*Critical Path Method*) dalam Perencanaan dan Penjadwalan Proyek Guna Meningkatkan Efisiensi Waktu dan Biaya Proyek, bertujuan untuk mempercepat proyek dengan mempertimbangkan waktu yang optimal dan biaya proyek yang paling minimum guna mengurangi pemborosan biaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan mempercepat suatu proyek maka akan terjadi penambahan biaya langsung, tetapi mengurangi biaya tak langsung. Pada kondisi normal pelaksanaan proyek jaringan air limbah DSDP ini dikerjakan selama 208 hari dengan total biaya sebesar Rp 8.002.846.354,36, dimana biaya langsung adalah Rp 7.524.854.176,36 dan biaya tak langsung sebesar Rp 477.992.178,-. Sedangkan pada kondisi dipercepat diperoleh pengerjaan dengan waktu optimal adalah 183 hari dengan total biaya Rp 7.946.704.245,54, dimana biaya langsungnya sebesar Rp 7.528.137.875,30 dan biaya tak langsung sebesar Rp 418.540.414,57, atau telah terjadi penghematan biaya sebesar 0,70% dari biaya semula dan waktu akan berkurang selama 25 hari, serta dapat menghemat waktu proyek 12,02% dari waktu normal.

Syafirianto (2007), dalam penelitiannya yang berjudul Evaluasi Penjadwalan pada Pengerjaan Proyek Dermaga Nusa Penida Bali dengan Metode CPM (*Critical Path Method*) di PT PP (Persero) Surabaya, bertujuan untuk menghasilkan pengerjaan proyek yang lebih singkat dengan memperhatikan percepatan pada masing-masing aktivitas dalam proses pengerjaan proyek tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi normal proyek dikerjakan selama 320 hari dengan total biaya sebesar Rp 27.861.658.492,- dimana biaya langsung sebesar Rp 27.541.658.492,- dan biaya tak langsung sebesar Rp 320.000.000,-. Sedangkan pada kondisi percepatan proyek menghasilkan pengerjaan dengan waktu tercepat adalah 266 hari dengan total biaya sebesar Rp 27.897.978.492,- dimana biaya langsung sebesar Rp 27.614.428.492,- dan biaya tak langsung sebesar Rp 283.550.000,-.

Sulistyoningrum, *et al.* (2013), dalam penelitiannya yang berjudul Analisis Pengaruh Percepatan Waktu pada Pembangunan *Hull Outfitthings Marine*

*Disaster Prevention Ship*, dengan menggunakan metode CPM. Analisis dilakukan dengan melakukan percepatan durasi aktivitas pada lintasan kritis yang memiliki total biaya paling murah. Perhitungan biayanya hanya difokuskan pada biaya tenaga kerja langsung. Total biaya dengan durasi 240 hari membutuhkan dana Rp 170.634.500,-. Namun, setelah dilakukan percepatan waktu pembangunan, diperoleh 2 solusi yaitu dengan menambah pekerja atau dengan menerapkan lembur. Total biaya dengan penambahan pekerja senilai Rp 169.597.000,- dengan durasi 180 hari. Sedangkan total biaya dengan penambahan jam lembur senilai Rp 170.810.000,- dengan durasi 180 hari.

Jung, *et al.* (2013), dalam penelitiannya yang berjudul *Penyederhanaan Metode CPM/LOB untuk Manajemen Penjadwalan Konstruksi* bertujuan untuk menguji penyederhanaan metode CPM/LOB yang dikhususkan untuk perencanaan dan pengendalian penjadwalan konstruksi, serta mendapatkan penjadwalan proyek yang efektif tanpa prosedur yang kompleks. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penjadwalan dengan metode grafik akan meningkatkan kompleksitas proyek. Sedangkan penjadwalan dengan metode CPM/LOB mampu menyederhanakan proses dan menurunkan waktu penjadwalan. Selain itu, metode LOB (*Line of Balance*) memperhitungkan alokasi sumber daya dan logika aktivitas sehingga mampu menghasilkan penjadwalan yang memuaskan. Sedangkan metode penjadwalan dengan menggunakan grafik memberikan dampak pada identifikasi aktivitas dan dapat dengan mudah memunculkan kesalahan dalam perhitungan.

Huang, *et al.* (2014), dalam penelitiannya yang berjudul *Kajian Simulasi dan Implementasi Manajemen Jaringan Kritis Proyek (CCPM) untuk Mengatasi Kendala Proyek Manajemen Lingkungan*, akan menggunakan permainan manajemen multi-proyek untuk mengatasi hambatan pertama. Sedangkan hambatan kedua (tidak termasuk kebiasaan tenaga kerja yang buruk), akan menggunakan kombinasi metode CCPM dan PERT. Hasil simulasi menunjukkan bahwa cara pengaturan multi-proyek adalah penyebab utama, dan perubahan cara pengaturan multi-proyek secara signifikan dapat memperbaiki OTD dan PLT.

Penelitian berjudul *Analisis Jaringan Kerja Proses Produksi Gula di PG Djombang Baru* menggunakan metode CPM. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu adalah objek yang diteliti adalah perusahaan agribisnis yang

produksinya memiliki karakteristik khusus, dan cakupan penelitian meliputi waktu yang dibutuhkan selama proses produksi gula, menjelaskan hasil rekayasa apabila produksi dipercepat, serta dampaknya terhadap total biaya produksinya. Sementara persamaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah penggunaan metode CPM.

## 2.2 Tinjauan Proses Produksi

Menurut Heizer dan Render (2009), produksi adalah proses penciptaan barang dan jasa. Proses produksi dapat diartikan sebagai cara, metode, teknik untuk menciptakan dan menambah kegunaan suatu barang atau jasa dengan menggunakan sejumlah sumber daya (tenaga kerja, mesin, modal). Sedangkan menurut Handoko (2000), proses produksi adalah proses perubahan input (bahan mentah dan tenaga kerja) menjadi output (produk atau jasa). Handoko (2000) menggolongkan proses produksi menjadi 3 tipe aliran yaitu:

### 1. Aliran garis

Aliran garis mempunyai ciri bahwa aliran proses dari input sampai menjadi output dan urutan-urutan operasinya selalu tetap. Operasi aliran garis mempunyai karakteristik produk harus distandarisasi dengan baik dan harus mengalir dari satu operasi ke operasi berikutnya dengan urutan yang telah ditetapkan sebelumnya. Operasi aliran garis dibagi menjadi 2 tipe produksi, yaitu produksi massa dan produksi terus menerus (*continuous*).

Proses produksi massa memproduksi produk dalam jumlah besar dengan mengikuti serangkaian operasi yang sama. Produksi massa berhubungan dengan tipe operasi lini perakitan, seperti industri barang-barang elektronika, mobil, dan sebagainya. Sedangkan proses produksi terus menerus memiliki karakteristik waktu produksi yang relatif lama dan dilakukan secara terus menerus. Produksi terus menerus terdapat pada industri-industri proses, seperti industri kimia, kertas, baja, bir, dan sebagainya.

### 2. Proses produksi terputus-putus (*intermittent*)

Proses aliran intermiten mempunyai ciri produksi barang yang sejenis pada jarak waktu yang terputus-putus. Peralatan dan tenaga kerja diatur menurut tipe-

tipe keterampilan atau peralatan yang sejenis. Jadi, aliran bahan baku sampai dengan menjadi produk akhir tidak mempunyai pola yang pasti.

### 3. Proses produksi proyek

Bentuk operasi proyek digunakan untuk memproduksi produk-produk khusus atau unik, seperti kapal, pesawat terbang, peluru, jembatan, gedung, pekerjaan seni, peralatan-peralatan khusus, dan sebagainya. Produk yang dihasilkan merupakan produk tunggal. Meskipun tidak ada aliran bahan pada suatu proyek, tetapi ada urutan operasi, dimana seluruh operasi harus diurutkan untuk menunjang pencapaian sasaran proyek akhir.

## 2.3 Tinjauan Penjadwalan

Menurut Siswojo (1981), penjadwalan merupakan pengaturan pekerjaan-pekerjaan dan urutan waktu, dimana tugas-tugas tersebut harus dilaksanakan. Sementara menurut Heizer dan Render (2009), penjadwalan proyek meliputi pengurutan dan pembagian waktu untuk seluruh aktivitas proyek. Penjadwalan proyek berfungsi diantaranya berikut:

1. Menunjukkan hubungan setiap aktivitas dengan aktivitas lainnya terhadap keseluruhan proyek.
2. Mengidentifikasi aktivitas yang harus didahulukan dari beberapa aktivitas.
3. Menunjukkan perkiraan biaya dan waktu yang realistis untuk setiap aktivitas.

## 2.4 Tinjauan Jaringan Kerja

### 2.4.1 Diagram Jaringan Kerja

Menurut Siswojo (1981), jaringan kerja adalah suatu model yang menggambarkan hubungan antara komponen-komponen kegiatan, dan menjelaskan alur operasi mulai awal sampai selesainya proyek. Diagram jaringan kerja terdiri dari susunan anak panah yang saling berurutan. Susunan anak panah tersebut menjelaskan kegiatan-kegiatan yang harus dilakukan terlebih dahulu. Masing-masing kegiatan membutuhkan waktu, tenaga kerja, dan sumber-sumber lainnya. Ciri pokok jaringan adalah kemampuannya menunjukkan hubungan dan runtutan suatu peristiwa. Setiap kegiatan mulai dan berhenti pada satu titik (*node*) yang disebut peristiwa (*event*).

Penyusunan diagram jaringan kerja suatu proyek, diperlukan data-data sebagai berikut (Ahyari, 1977):

1. Pekerjaan-pekerjaan yang harus dilaksanakan untuk menyelesaikan proyek. Untuk itu, dibutuhkan inventarisasi pekerjaan apa saja yang harus dilaksanakan untuk menyelesaikan proyek tersebut.
2. Perkiraan waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan. Waktu tidak dapat ditentukan dengan mutlak, sehingga harus diperkirakan dengan sebaik-baiknya. Penentuan waktu yang sering digunakan adalah waktu rata-rata untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut.
3. Urutan pekerjaan yang akan dilaksanakan. Urutan pekerjaan harus diketahui sebelum menyusun diagram jaringan kerja. Pekerjaan-pekerjaan apa yang harus diselesaikan sebelum pekerjaan lainnya dimulai, serta pekerjaan-pekerjaan apa yang dapat dikerjakan setelah pekerjaan tersebut selesai.
4. Biaya untuk mempercepat setiap pekerjaan adalah tambahan biaya yang dikeluarkan sebagai akibat dari percepatan waktu penyelesaian pekerjaan. Tambahan biaya tersebut meliputi tambahan biaya kerja lembur, tambahan biaya untuk pekerjaan subkontrak dan lain sebagainya.

#### 2.4.2 Simbol-Simbol dalam Jaringan Kerja

Menurut Dimiyati T. dan Dimiyati A. (2006) dalam Rosmawati (2011), adapun simbol-simbol yang digunakan dalam pembuatan jaringan kerja adalah sebagai berikut.

1.  Anak panah (*arrow*)

Anak panah menyatakan sebuah aktivitas yang memerlukan jangka waktu (*duration*) dalam pemakaian sumber daya (*resource*).

2.  Lingkaran (*node*)

Lingkaran menyatakan sebuah peristiwa atau kejadian (*event*) yang merupakan pertemuan dari satu atau lebih aktivitas.

3.  Anak panah terputus-putus

Anak panah terputus-putus menyatakan aktivitas semu (*dummy*) yang didefinisikan sebagai pemberitahuan (seolah-olah) berpindah suatu kejadian

(event) ke kejadian (event) lain. *Dummy* tidak mempunyai jangka waktu (*duration*) karena tidak menghabiskan sejumlah sumber daya (*resources*).

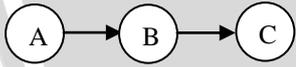
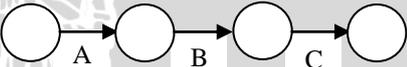
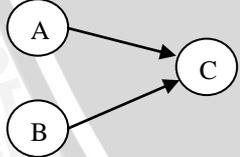
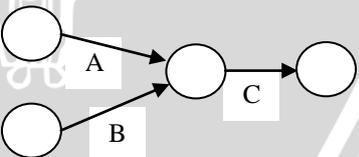
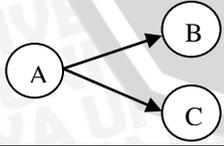
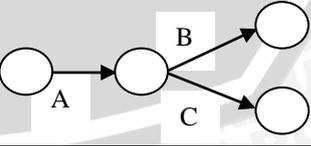
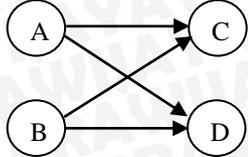
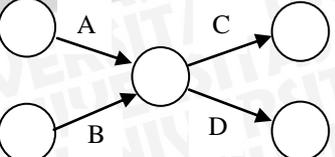
Simbol-simbol tersebut digunakan dengan mengikuti aturan-aturan sebagai berikut:

1. Diantara dua *event* yang sama, hanya boleh digambarkan satu anak panah.
2. Nama atau aktivitas dinyatakan dengan huruf atau nomor *event*.
3. Aktivitas harus mengalir dari *event* bernomor rendah ke *event* bernomor tinggi.
4. Diagram hanya memiliki sebuah initial *event* dan sebuah terminal *event*.

### 2.4.3 Pendekatan untuk Menyusun Jaringan Kerja

Terdapat dua pendekatan yang digunakan untuk menggambar jaringan kerja yaitu aktivitas pada titik (*activity on node-AON*) dan aktivitas pada panah (*activity on arrow-AOA*). Pada AON titik menunjukkan aktivitas. Sedangkan pada AOA, panah menunjukkan aktivitas. Aktivitas memerlukan waktu dan sumber daya. Perbedaan antara AON dan AOA adalah titik pada jaringan AON mewakili aktivitas. Pada jaringan AOA, titik mewakili waktu mulai dan selesainya suatu aktivitas yang disebut kejadian. Artinya, titik pada AOA tidak menghabiskan waktu maupun sumber daya (Heizer dan Render, 2009).

Tabel 1. Perbandingan Pemakaian Jaringan AOA dan AON

AON	Arti Aktivitas	AOA
	A harus selesai sebelum B, B harus selesai sebelum C.	
	A dan B harus selesai sebelum C dapat dimulai.	
	B dan C tidak dapat dimulai sebelum A selesai.	
	C dan D tidak dapat dimulai sebelum A dan B selesai.	



Tabel 1. (Lanjutan)

AON	Arti Aktivitas	AOA
	<p>C tidak dapat dimulai sampai A dan B selesai; D tidak dapat dimulai sebelum B selesai. Aktivitas <i>dummy</i> dimasukkan dalam AOA.</p>	
	<p>B dan C tidak dapat dimulai sebelum A selesai; D tidak dapat dimulai sebelum B dan C selesai. Aktivitas <i>dummy</i> sekali lagi dimasukkan dalam AOA.</p>	

Sumber: Heizer dan Render, 2009.

### 2.4.4 Sistematika Penyusunan Jaringan Kerja

Sistematika dari proses menyusun jaringan kerja adalah sebagai berikut (Soeharto, 1997):

1. Mengidentifikasi ruang lingkup proyek dan menguraikannya menjadi kegiatan-kegiatan atau kelompok kegiatan. Kelompok kegiatan ini disebut komponen proyek.
2. Menyusun komponen-komponen tersebut pada butir 1, menjadi mata rantai dengan urutan yang sesuai dengan logika ketergantungan. Urutan ini dapat berbentuk seri dan/atau paralel. Logika ketergantungan dibagi menjadi 2 golongan, yaitu:
  - a. Ketergantungan alamiah

Konsep ketergantungan alamiah adalah ketergantungan yang disebabkan oleh sifat kegiatan itu sendiri. Contohnya seperti kegiatan menaikkan atap belum dapat dilakukan sebelum pekerjaan mendirikan tiang penyangga diselesaikan. Ketergantungan tersebut termasuk dalam golongan ketergantungan alamiah, karena meskipun telah cukup tersedia tenaga kerja ataupun sumber daya yang lain, tetapi bila tiang penyangga atap selesai, maka kegiatan menaikkan atap belum dapat dimulai.

- b. Ketergantungan sumber daya

Jenis lain dari ketergantungan alamiah adalah ketergantungan sumber daya. Contohnya, pekerjaan membuat pondasi tidak dapat dilakukan bersamaan

waktunya dengan pekerjaan pabrikasi tiang atau kerangka atap, karena kurangnya tenaga kerja. Sehingga harus dilakukan secara berurutan atau seri. Ketergantungan tersebut disebabkan oleh terbatasnya dana atau sumber daya.

Penyusunan jaringan kerja pada awalnya hendaknya didasarkan pada ketergantungan alamiah. Namun pada taraf selanjutnya, bila sampai pada analisis keperluan sumber daya, perlu dilakukan penyesuaian atau revisi.

3. Memberikan perkiraan waktu pada setiap komponen aktivitas.
4. Mengidentifikasi jalur kritis (*critical path*) dan *float* pada jaringan kerja. Jalur kritis adalah jalur yang terdiri dari rangkaian kegiatan, yang bila terlambat akan menyebabkan keterlambatan penyelesaian proyek. Kegiatan yang berada pada jalur ini disebut sebagai kegiatan kritis. Sedangkan *float* adalah tenggang waktu longgar yang diberikan suatu kegiatan dari proyek.
5. Bila semua langkah di atas telah diselesaikan, dilanjutkan dengan usaha meningkatkan kegunaan dari pemakaian sumber daya, yang meliputi kegiatan:
  - a. Menentukan jadwal yang paling ekonomis.
  - b. Meminimalkan fluktuasi pemakaian sumber daya.

Poin a dimaksudkan untuk memilih berbagai alternatif jadwal dilihat dari segi biaya. Sedangkan poin b berusaha meningkatkan efisiensi pengelolaan proyek, dengan cara mencegah terjadinya fluktuasi penggunaan sumber daya yang tajam dalam waktu yang relatif singkat, misalnya keperluan tenaga kerja.

### 2.5 Tinjauan Metode Lintasan Jalur Kritis (CPM)

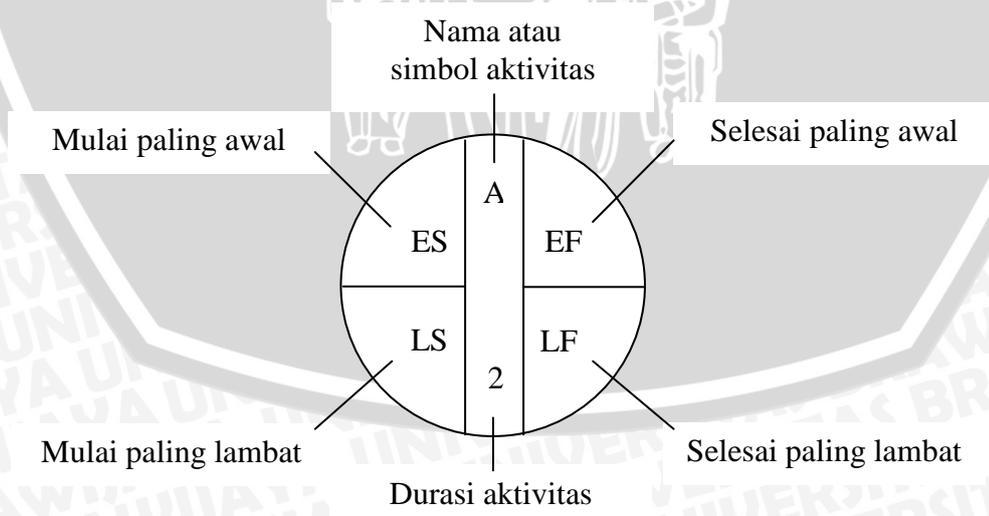
Pada dasarnya CPM menitikberatkan pada persoalan keseimbangan antara biaya dan waktu penyelesaian proyek. CPM menekankan pada hubungan antara pemakaian sejumlah tenaga kerja atau sumber-sumber daya untuk mempersingkat waktu pelaksanaan suatu proyek dan kenaikan biaya sebagai akibat dari tambahan sumber daya tersebut. Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek diketahui dengan pasti (Siswojo, 1981). Heizer dan Render (2009) menambahkan CPM hanya memerlukan satu faktor waktu untuk setiap aktivitas. Selain itu, hubungan antara sumber daya yang digunakan dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek juga diketahui (Siswojo, 1981).

### 2.5.1 Menentukan Jadwal Proyek

Menurut Heizer dan Render (2009), analisis jalur kritis (*critical path analysis*) pada jaringan digunakan untuk mengetahui seberapa lama proyek dapat diselesaikan. Hal itu dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Menentukan waktu paling awal (*earliest start-ES*), merupakan waktu paling awal suatu aktivitas yang dimulai dengan asumsi semua pendahulunya sudah selesai.
2. Menentukan waktu selesai paling awal (*earliest finish-EF*), merupakan waktu paling awal suatu aktivitas dapat selesai.
3. Menentukan waktu mulai paling lambat (*latest start-LS*), merupakan waktu terakhir suatu aktivitas dapat dimulai, sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan.
4. Menentukan waktu selesai paling lambat (*latest finish-LF*), merupakan waktu terakhir suatu aktivitas dapat selesai, sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan.

Jadwal waktu setiap aktivitas ditentukan dengan menggunakan proses *two-pass* yang terdiri dari *forward pass* dan *backward pass*. ES dan EF ditentukan dengan proses *forward pass*. LS dan LF ditentukan dengan proses *backward pass*. Adapun notasi yang digunakan untuk menunjukkan jadwal-jadwal aktivitas pada jaringan proyek adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Notasi dalam Jaringan Kerja (Heizer dan Render, 2009)

1. *Forward pass*

a. Aturan waktu mulai paling awal

- 1) Sebelum suatu aktivitas dapat dimulai, semua pendahulunya harus diselesaikan.
- 2) Jika suatu aktivitas hanya mempunyai satu pendahulu langsung, ES sama dengan EF pendahulunya.
- 3) Jika suatu aktivitas mempunyai beberapa pendahulu langsung, ES adalah nilai maksimum dari semua EF pendahulunya, yaitu:

$$ES = \text{Max} \{EF \text{ semua pendahulu langsung}\} \dots\dots\dots (2.1)$$

b. Aturan waktu selesai paling awal (EF) dari suatu aktivitas adalah jumlah dari waktu mulai paling awal (ES) dan waktu aktivitas itu sendiri, yaitu:

$$EF = ES + \text{waktu aktivitas} \dots\dots\dots (2.2)$$

Meskipun *forward pass* memungkinkan untuk menemukan waktu penyelesaian proyek paling awal, teknik ini tidak mengidentifikasi jalur kritisnya. Untuk itu diperlukan *backward pass* untuk menentukan nilai LS dan LF untuk semua aktivitas.

2. *Backward pass*

*Backward pass* dimulai dengan aktivitas terakhir dari suatu proyek. Setiap aktivitas dilakukan dengan menentukan LF-nya terlebih dahulu, dan diikuti dengan nilai LS. Pada proses ini digunakan dua aturan.

a. Aturan waktu selesai paling lambat

- 1) Sebelum suatu aktivitas dapat dimulai, seluruh pendahulu langsungnya harus diselesaikan.
- 2) Jika suatu aktivitas adalah pendahulu langsung dan hanya satu aktivitas, LF-nya sama dengan LS dari aktivitas yang secara langsung mengikutinya.
- 3) Jika suatu aktivitas adalah pendahulu langsung dari lebih dari satu aktivitas, maka LF adalah minimum dari seluruh nilai LS dari aktivitas-aktivitas yang secara langsung mengikutinya, yaitu:

$$LF = \text{Min} \{LS \text{ seluruh aktivitas langsung yang mengikutinya}\} \dots\dots\dots (2.3)$$

b. Aturan waktu mulai paling lambat (LS) dari suatu aktivitas adalah selisih dari waktu paling lambat (LF) dan waktu aktivitasnya adalah:

$$LS = LF - \text{waktu aktivitas} \dots\dots\dots (2.4)$$



### 2.5.2 Waktu Longgar dan Jalur Kritis

*Slack* adalah waktu longgar yang dimiliki sebuah aktivitas untuk dapat ditunda pelaksanaannya tanpa menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan. Sedangkan jalur kritis adalah jalur yang tidak terputus melalui jaringan proyek yang:

1. Mulai pada aktivitas pertama proyek.
2. Berhenti pada aktivitas terakhir proyek.
3. Hanya terdiri atas aktivitas-aktivitas kritis, yaitu aktivitas yang tidak memiliki waktu longgar atau nilai *slack* sama dengan nol (Heizer dan Render, 2009).

### 2.5.3 Jadwal yang Ekonomis

Soeharto (1997), menyatakan bahwa dengan diketahuinya kurun waktu penyelenggaraan proyek, seringkali muncul pertanyaan apakah kurun waktu tersebut sudah optimal, atau dapatkah kurun waktu penyelesaian proyek dipersingkat dengan menambah biaya atau sumber daya lain, dalam batas-batas yang masih dianggap ekonomis. Danyanti (2010) mengartikan optimalisasi sebagai suatu proses penguraian durasi proyek untuk mendapatkan percepatan durasi yang paling baik (optimal) dengan menggunakan berbagai alternatif ditinjau dari segi biaya. Soeharto (1997) menambahkan bahwa metode jaringan kerja CPM dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut, yaitu dengan memperkirakan:

1. Jadwal yang ekonomis bagi suatu proyek, yang didasarkan atas biaya langsung untuk mempersingkat waktu penyelesaian setiap komponen aktivitasnya.
2. Jadwal yang optimal dengan memperhatikan biaya langsung dan tak langsung.

### 2.5.4 Mempersingkat Waktu Penyelesaian

*Crashing program* merupakan proses dimana jangka waktu proyek dapat diperpendek dengan biaya serendah yang mungkin. CPM merupakan teknik dimana setiap aktivitas mempunyai satu waktu normal atau waktu standar. Hal yang berkaitan dengan waktu normal adalah biaya normal aktivitas. Namun, terdapat waktu yang lain dalam manajemen proyek, yaitu waktu percepatan yang ditetapkan sebagai jangka waktu terpendek yang dibutuhkan untuk menyelesaikan

sebuah aktivitas. Hal yang berkaitan dengan waktu percepatan ini adalah biaya percepatan dari aktivitas. Percepatan waktu sebuah aktivitas dapat dilakukan dengan menambah sumber daya, seperti peralatan dan karyawan. Biaya akibat percepatan waktu sebuah aktivitas akan lebih mahal dari biaya pada waktu normalnya.

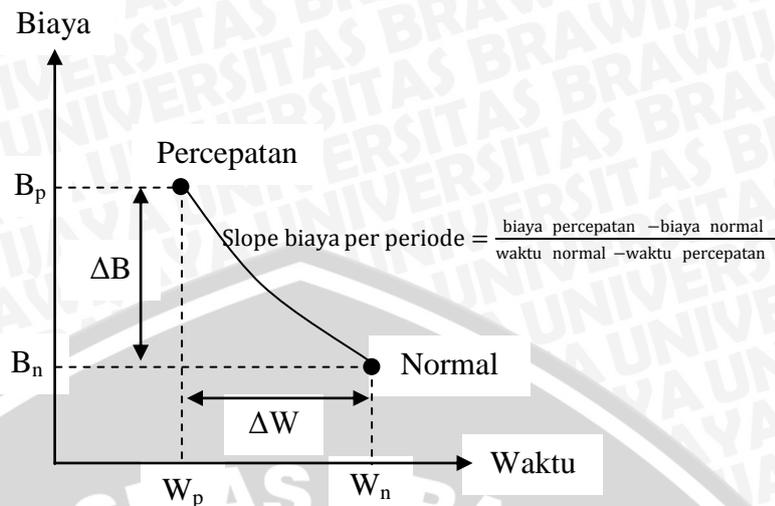
Aktivitas yang dapat dipersingkat tergantung pada jenis aktivitasnya, apakah masih memungkinkan untuk dipersingkat. Tidak semua aktivitas dapat dipersingkat. Contoh, jika sebuah bahan perlu dipanaskan dalam tungku pembakaran selama 48 jam, penambahan sumber daya lain tidak akan membantu mempersingkat waktunya. Sebaliknya, kita mungkin dapat mempersingkat beberapa aktivitas secara drastis. Misalnya, membuat kerangka rumah dalam waktu 10 hari dapat dipersingkat menjadi 3 hari, dengan menggunakan jumlah pekerja yang lebih banyak.

Biaya percepatan sebuah aktivitas juga bergantung pada sifat aktivitas tersebut. Percepatan sebuah proyek biasanya dilakukan dengan memilih biaya tambahan yang paling sedikit. Jadi, ketika memilih aktivitas yang akan dipersingkat, kita harus memastikan hal berikut:

1. Jumlah aktivitas yang boleh dipersingkat.
2. Secara bersamaan, jangka waktu aktivitas yang dipersingkat membuat kita dapat menyelesaikan proyek pada batas waktunya.
3. Biaya total percepatan sekecil mungkin (Heizer dan Render, 2009).

Menurut Siswanto (2007) dalam Dannyanti (2010), model CPM memiliki empat jenis parameter, yaitu:

1. Waktu penyelesaian normal atau waktu normal ( $W_n$ )
2. Biaya penyelesaian normal atau biaya normal ( $B_n$ )
3. Waktu penyelesaian yang dipercepat atau waktu cepat ( $W_c$ )
4. Biaya penyelesaian yang dipercepat atau biaya cepat ( $B_c$ )



Gambar 2. Grafik Parameter Model CPM (Siswanto, 2007 dalam Dannyanti, 2010)

Slope merupakan suatu nilai yang menunjukkan seberapa besar kontribusi (sumbangan) yang diberikan suatu variabel x terhadap variabel y. Nilai slope juga dapat diartikan sebagai rata-rata pertambahan (atau pengurangan) yang terjadi pada variabel y untuk setiap satu satuan variabel x (Debertin, 2012 dalam Koerniawati, 2013). Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa slope biaya per periode merupakan rata-rata pertambahan biaya untuk setiap percepatan waktu.

### 2.5.5 Biaya Langsung dan Tak Langsung

#### 1. Biaya langsung

Biaya langsung adalah biaya yang dikeluarkan untuk segala sesuatu yang berhubungan langsung dengan proyek dan akan menjadi komponen permanen hasil akhir proyek. Biaya langsung terdiri dari penyiapan lahan, pengadaan peralatan, dan fasilitas pendukung seperti pembangkit listrik, pembangkit uap.

#### 2. Biaya tak langsung

Biaya tak langsung atau *indirect cost* adalah biaya yang dikeluarkan untuk manajemen, supervisi, dan pembayaran material, serta jasa untuk pengadaan bagian proyek yang tidak permanen. Biaya tak langsung meliputi:

- a. Gaji tetap dan tunjangan bagi tim manajemen, tunjangan bagi tenaga *engineering*, dan lain-lain.

- b. Biaya pemeliharaan kendaraan, pembelian bahan bakar, minyak pelumas kendaraan.
- c. Biaya *overhead*, seperti biaya operasi perusahaan secara keseluruhan, terlepas dari ada atau tidak adanya kontrak yang ditangani.

Biaya total proyek adalah sama dengan jumlah biaya langsung ditambah biaya tak langsung. Pada umumnya makin lama proyek berjalan, maka makin tinggi kumulatif biaya tidak langsung yang diperlukan. Biaya optimal diperoleh dengan mencari total biaya proyek paling kecil (Soeharto, 1997).

## 2.6 Tinjauan Produktivitas

### 2.6.1 Definisi Produktivitas

Produktivitas adalah perbandingan antara output (barang dan jasa) dibagi input (sumber daya seperti tenaga kerja, modal, dan manajemen). Tugas manajer operasi adalah meningkatkan produktivitas. Produktivitas yang semakin meningkat akan mampu meningkatkan efisiensi. Peningkatan produktivitas dapat dicapai dengan dua cara yaitu pengurangan input sementara menjaga output konstan, atau sebaliknya, peningkatan output sementara menjaga input konstan (Heizer dan Render, 2009). Mulyadi (2007) menyatakan bahwa produktivitas dapat diukur secara kuantitatif dengan cara membandingkan antara keluaran dan masukan. Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa produktivitas merupakan rasio perbandingan antara output (keluaran) dan input (masukan).

### 2.6.2 Pengukuran Produktivitas

Menurut Heizer dan Render (2009), pengukuran produktivitas dapat dilakukan dengan dua cara yaitu pengukuran produktivitas faktor tunggal dan pengukuran produktivitas multifaktor. Pengukuran produktivitas faktor tunggal digunakan untuk menghitung output terhadap penggunaan satu sumber daya sebagai input. Contohnya ketika produktivitas dapat dihitung sebagai jam kerja per ton dari suatu jenis baja tertentu. Meskipun jam kerja merupakan ukuran input yang umum, ukuran lain seperti modal (investasi dalam dolar atau rupiah), bahan baku (jumlah ton bijih besi), atau energi (kilowatt listrik) dapat digunakan. Contohnya dapat diringkas dalam persamaan berikut.

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Satuan yang diproduksi}}{\text{Jam kerja yang dipakai}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Sedangkan pengukuran produktivitas multifaktor (*multifactor productivity*) digunakan untuk menghitung output terhadap semua input (modal, tenaga kerja, bahan baku, dan energi). Produktivitas multifaktor dihitung dengan mengkombinasikan semua inputnya (Persamaan 2.6). Untuk membantu menghitung produktivitas multifaktor, setiap input (pembagi) dapat dinyatakan dalam dolar (atau rupiah).

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Output}}{\text{Tenaga kerja + Bahan baku + Energi + Modal + Lain - lain}} \dots\dots\dots (2.6)$$

## 2.7 Mesin dan Peralatan Produksi

Hal terpenting dalam proses desain suatu komponen mesin adalah pengetahuan tentang beban kerja pada suatu komponen mesin tersebut. Sehingga dapat ditentukan dimensi dan jenis bahan untuk komponen mesin tersebut (Hutahaean, 2006). Mesin adalah segala bentuk alat besar dimana, arah, atau metode penerapan suatu gaya diubah untuk mendapatkan sejumlah keuntungan (Bueche, 1989).

### 2.7.1 Mesin *Continous Vacuum Pan*

Industri gula sedang memfokuskan pada efisiensi penggunaan energi. Stasiun kristalisasi mengkonsumsi sebagian besar dari energi panas. Mesin *continous vacuum pan* merupakan mesin produksi masakan yang operasinya membutuhkan uap bertekanan rendah (Indiana Sucro-Tech, 2014). Mesin ini dapat menghasilkan sirkulasi masakan dengan baik. Mesin ini dapat menyediakan kondisi yang seragam untuk pembetukan kristal pada semua bagian pan masakan. Selain itu, mesin ini mampu menghasilkan ukuran kristal yang kecil, minimum jumlah alat kontrol, dan pemeliharaannya mudah (Sugar Research Institute, 2014). Sementara menurut Shrijee Cotton Mills Limited (2014), mesin *continous vacuum pan* dapat beroperasi secara simultan dan hanya membutuhkan satu kondensor. Uap pemanas akan dapat dipakai pada kedua ujung pan masakan dan mudah untuk dikontrol.



Gambar 3. Mesin *Continuous Vacuum Pan* (Shrijee Cotton Mills Limited, 2014)

### 2.7.2 Mesin Putaran HGF *Single Curing*

Mesin putaran HGF *single curing* adalah mesin putaran untuk masakan gula produk yang mampu beroperasi secara terus menerus. Mesin ini memiliki faktor gravitasi tinggi yang mampu memisahkan kristal dengan larutan secara efektif. Pada sistem pencucian gula terdapat pipa pencuci yang dilengkapi dengan nozel dan dirancang khusus untuk mendistribusikan sirup atau air secara merata ke seluruh permukaan dinding gula. Sehingga hal tersebut dapat mengoptimalkan konsumsi air pencuci pada proses putaran. Selain itu, mesin ini juga mampu menghasilkan gula dengan ukuran seragam dan kualitas yang lebih baik. Penghilangan uap kering akan dapat meningkatkan hasil kristal, dan mengurangi suhu gula (Thyssenkrupp Industries India Private Limited, 2014).



Gambar 4. Mesin Putaran HGF *Single Curing* (Thyssenkrupp Industries India Private Limited, 2014)

## 2.8 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Percepatan Produksi

### 2.8.1 Kelancaran Giling

Kinerja giling dapat tingkat efektivitas mesin giling. Efektivitas merupakan perbandingan jumlah produk yang diproduksi pada periode tertentu terhadap kapasitas produksi. Efektivitas mesin giling dapat menunjukkan produktivitas mesin. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi efektivitas mesin penggiling yaitu kerusakan peralatan dan penyetelan peralatan. Semakin tinggi tingkat

kerusakan peralatan, maka akan mengakibatkan kinerja mesin turun, tingkat menganggur mesin tinggi, serta produktivitas rendah. Penurunan produktivitas mesin, akan mengakibatkan peningkatan biaya produksi. Semakin kecil derajat otomatisasi pabrik, semakin besar biaya yang dikeluarkan (Jiwantoro, *et al.* 2013).

### 2.8.2 Kecepatan Kristalisasi

Rosalia (2012) berpendapat bahwa kristalisasi yaitu proses pembentukan kristal padat dari suatu larutan induk yang homogen. Proses ini merupakan salah satu teknik pemisahan zat padat dan zat cair yang sangat penting dalam industri, karena dapat menghasilkan kemurnian produk hingga 100%. Rosalia (2012) menambahkan adapun faktor yang mempengaruhi kecepatan kristalisasi adalah sebagai berikut.

1. Viskositas, ketika viskositas meningkat akibat menurunnya suhu dan meningkatnya konsentrasi larutan, maka proses pembentukan inti kristal akan terbatas. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya pergerakan molekul pembentuk inti kristal dan terhambatnya perpindahan panas sebagai energi pembentuk inti kristal.
2. Kecepatan pendinginan, pendinginan yang cepat akan menghasilkan inti kristal yang lebih banyak dibandingkan pendinginan lambat.
3. Kecepatan agitasi, proses agitasi mampu meningkatkan laju pembentukan inti kristal. Agitasi menyebabkan perpindahan massa dan perpindahan panas berjalan lebih efisien.
4. Bahan tambahan dapat berperan untuk membantu atau menghambat pembentukan inti kristal
5. Densitas massa kristal merupakan jumlah kristal yang terdapat dalam satu unit volume yang terdapat dalam larutan, akan berpengaruh pada tingkat pertumbuhan setiap kristal.

### III. KERANGKA KONSEP PENELITIAN

#### 3.1 Kerangka Pemikiran

Proses produksi gula di PG Djombang Baru memiliki beberapa kendala dan potensi. Kendala yang sering dihadapi adalah rata-rata jumlah jam henti giling cukup tinggi, yakni 19,20%. Hal tersebut dikarenakan boiler Jhon Thompson Australia (JTA) sering *drop* dan <sup>4</sup>ampas suwul. Kendala selanjutnya adalah waktu masakan D relatif lama yaitu 3,52 jam. Sedangkan standar waktu yang ditetapkan perusahaan adalah 2 jam. Selain itu, proses putaran HGF masih menggunakan mesin HGF *double curing* yang proses putarannya masih melalui 2 tahap dan membutuhkan waktu 3 menit/siklus. Sedangkan potensi yang dimiliki PG Djombang Baru adalah dengan penambahan jam giling pabrik dengan peningkatan zat kering ampas lebih dari 50% dan pelebaran pengumpan ampas *donnelly chute*, menerapkan mesin *continuous vacuum pan* pada masakan D yang dapat mempercepat proses masakan, dan penerapan mesin putaran HGF *single curing* yang mampu mempercepat proses putaran.

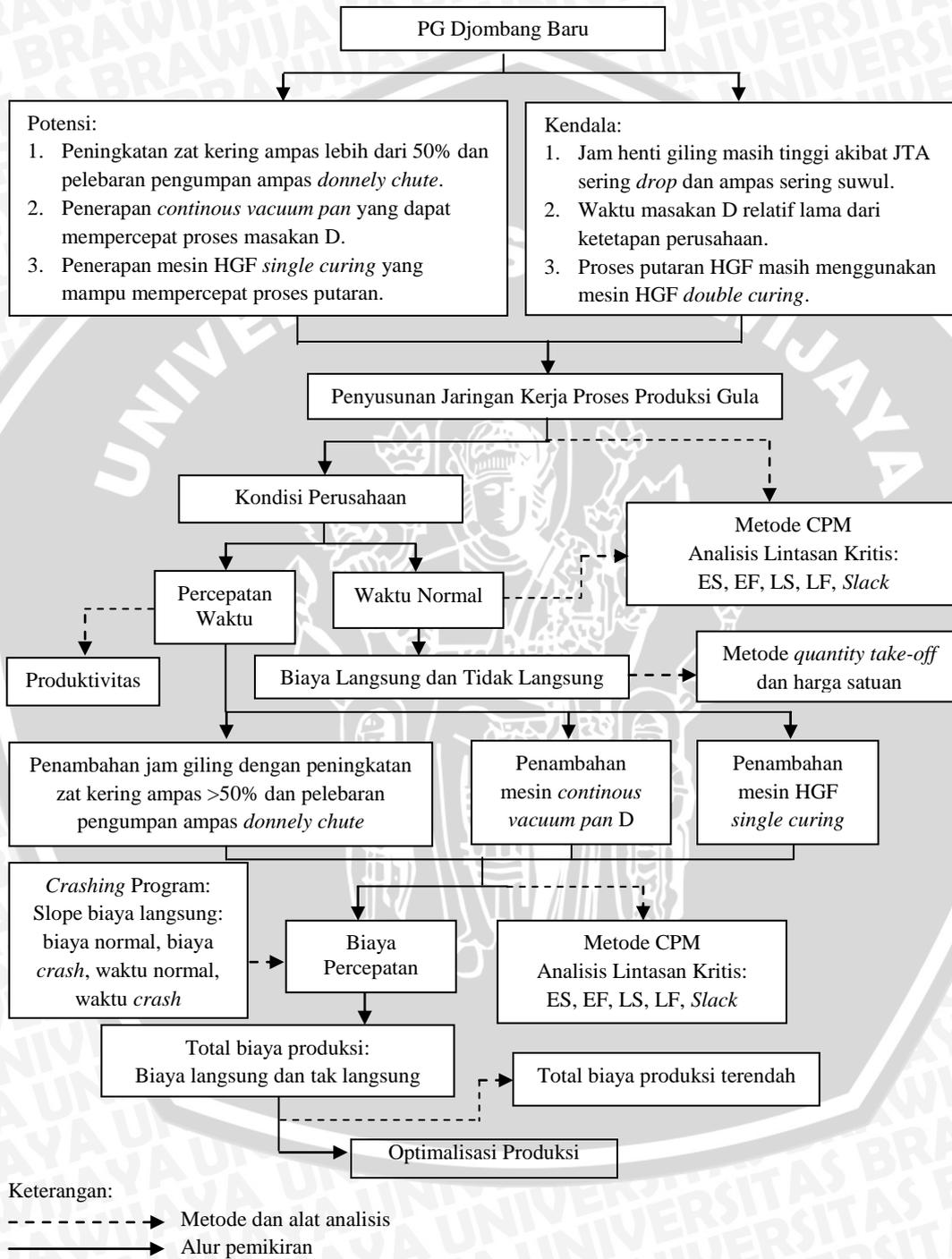
Berdasarkan kondisi tersebut, maka dibutuhkan penyusunan jaringan kerja proses produksi gula. Jaringan kerja proses produksi gula di PG Djombang Baru terdiri dari rangkaian aktivitas-aktivitas yang saling terkait satu dengan lainnya. Penyusunan jaringan kerja dilakukan dengan menyusun seluruh rangkaian kegiatan selama produksi gula secara runtut mulai dari penggilingan, pemurnian, penguapan, masakan, putaran, dan penyelesaian.

Pada penyusunan jaringan kerja dilakukan penentuan waktu normal pada masing-masing kegiatan. Selanjutnya dilakukan analisis lintasan kritis dengan metode CPM. Selain itu, juga dilakukan penentuan total biaya produksi pada waktu normal dengan metode *quantity take-off* dan harga satuan. Selanjutnya dilakukan percepatan waktu dengan cara menambah jam giling dengan meningkatkan zat kering ampas lebih dari 50% dan melebarkan pengumpan ampas *donnelly chute*, menambah satu mesin *continous vacuum pan* D dan HGF *single curing*. Penentuan waktu percepatan didasarkan produktivitas dari masing-masing aktivitas. Selanjutnya dilakukan perhitungan slope biaya langsung dengan

---

<sup>4</sup> Ampas suwul artinya ampas tidak dapat menuju rol gilingan sehingga menumpuk pada pengumpan.

menggunakan *crashing program*. Kemudian dilakukan perhitungan total biaya produksi setelah percepatan. Berdasarkan perhitungan total biaya tersebut, dipilih total biaya terendah untuk mencapai optimalisasi produksi. Adapun diagram alir penelitian dapat dilihat pada Skema 1.



Skema 1. Diagram Alir Analisis Jaringan Kerja Proses Produksi Gula di PG Djombang Baru

### 3.2 Hipotesis Penelitian

Dugaan sementara pada penelitian ini adalah:

1. Diduga percepatan waktu penyelesaian produksi berdampak pada peningkatan total biaya langsung produksi.
2. Diduga dengan kombinasi percepatan waktu penyelesaian produksi dan total biaya produksi terendah dapat mengoptimalkan produksi.

### 3.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, pembahasan yang akan dianalisis hanya terbatas pada masalah berikut.

1. Jaringan kerja terdiri dari rangkaian aktivitas-aktivitas yang saling terkait satu dengan lainnya. Jaringan kerja disusun hanya terbatas pada proses pabrikasi yaitu penggilingan, pemurnian, penguapan, masakan, putaran, dan penyelesaian.
2. Stasiun giling bertujuan untuk mengambil nira mentah dari batang tebu. Stasiun pemurnian berfungsi untuk mendapatkan nira encer dengan cara menghilangkan zat pengotor yang terkandung dalam nira mentah. Stasiun penguapan digunakan untuk meningkatkan kadar gula dalam nira. Pada stasiun masakan terjadi proses kristalisasi yaitu mengubah gula dalam larutan menjadi kristal. Pada stasiun putaran terjadi proses pemisahan kristal gula dengan larutannya. Percepatan produksi hanya dilakukan pada proses giling, masakan D, dan putaran HGF.
3. Waktu produksi diasumsikan tetap dan diketahui dengan pasti.
4. Total biaya produksi waktu normal dan waktu percepatan hanya digunakan untuk membandingkan total biaya pada kondisi waktu normal dengan kondisi saat percepatan.
5. Jumlah bahan baku tetap.
6. Kapasitas produksi dalam keadaan tetap.
7. Semua mesin dan peralatan dalam kondisi tidak rusak.
8. Waktu transportasi bahan dari satu mesin ke mesin lainnya diabaikan atau tidak diperhitungkan.
9. Kemampuan setiap operator dianggap sama.

10. Utilitas adalah sarana penunjang yang digunakan selama proses produksi gula, diantaranya seperti air, listrik, dan uap. Pembahasan utilitas hanya digunakan untuk mengetahui kebutuhan dan biayanya.
11. Perubahan biaya langsung pada stasiun gilingan pada kondisi waktu normal dan waktu percepatan diasumsikan tetap.
12. Neraca massa adalah jumlah aliran bahan yang masuk dengan bahan yang keluar. Perhitungan neraca massa hanya digunakan untuk mengetahui volume produksi dalam satu kali proses, tanpa dilakukan analisis mendalam.

### 3.4 Daftar Istilah

Adapun istilah-istilah asing yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Ajeg artinya mantap atau kokoh.
2. Ampas suwul artinya ampas tidak dapat menuju rol gilingan sehingga menumpuk pada pengumpan.
3. *Double curing* artinya proses putaran yang dilakukan melalui dua tahap.
4. Klare artinya larutan nira hasil proses putaran tahap kedua yang belum terkristalkan.
5. Magma artinya gula kristal yang telah terbentuk dari campuran air untuk menjalani proses selanjutnya pada pan masakan selanjutnya.
6. Masecuite artinya larutan kristal gula.
7. Mesin drop artinya kinerja mesin menurun.
8. *Single curing* artinya proses putaran yang dilakukan melalui satu tahap.
9. *Stroop* artinya larutan nira hasil proses putaran tahap pertama yang belum terkristalkan.
10. *Trip* adalah kondisi dimana mesin berhenti bekerja atau macet.

### 3.5 Definisi Operasional

Tabel 2. Definisi Operasional dan Pengukuran Variabel Konsep Jaringan Kerja

Konsep	Variabel	Definisi Operasional	Pengukuran Variabel
Jaringan kerja adalah suatu model yang digunakan dalam penyelenggaraan produksi yang produknya adalah informasi mengenai kegiatan-kegiatan yang ada dalam diagram jaringan kerja. Pendekatan jaringan kerja yang digunakan adalah AON ( <i>activity on node</i> ).	Kegiatan-kegiatan dalam proses produksi gula	Aktivitas-aktivitas yang harus dilaksanakan untuk menyelesaikan satu kali proses produksi gula secara keseluruhan.	<ol style="list-style-type: none"> <li>Inventarisasi aktivitas-aktivitas yang harus dilaksanakan untuk menyelesaikan produksi gula. Inventarisasi aktivitas meliputi aktivitas di stasiun giling, pemurnian, penguapan, masakan, putaran, dan penyelesaian.</li> <li>Aktivitas disimbolkan dengan lingkaran kecil. </li> <li>Satu kali proses produksi adalah satu kali masakan turun ke palung pendingin.</li> </ol>
	Peristiwa atau kejadian ( <i>event</i> )	Pertemuan dari satu atau lebih aktivitas.	Peristiwa disimbolkan dengan anak panah. 
	Durasi	Jangka waktu dalam pemakaian sejumlah sumber daya ( <i>resource</i> ).	Jam/satu kali proses produksi.
	Volume kegiatan	Jumlah bahan yang dibutuhkan setiap tahapan produksi.	Ton.
	CPM menitikberatkan pada persoalan keseimbangan antara biaya dan waktu penyelesaian proyek-proyek besar.	<i>Earliest Start</i> (ES)	Waktu paling awal suatu aktivitas yang dimulai dengan asumsi semua pendahulunya sudah selesai.
<i>Earliest Finish</i> (EF)		Waktu paling awal suatu aktivitas dapat selesai.	Jam/satu kali proses produksi.
<i>Latest Start</i> (LS)		Waktu terakhir suatu aktivitas dapat dimulai, sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan.	Jam/satu kali proses produksi.
<i>Latest Finish</i> (LF)		Waktu terkahir suatu aktivitas dapat selesai, sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan.	Jam/satu kali proses produksi.
<i>Slack</i>		Waktu luang aktivitas untuk dapat diundur pelaksanaannya.	0 = waktu kritis. 1, 2, ..., n = waktu longgar.

Tabel 2. (Lanjutan)

Konsep	Variabel	Definisi Operasional	Pengukuran Variabel
<i>Crashing program</i> adalah proses dimana perpendekan jangka waktu produksi dengan biaya serendah yang mungkin.	Biaya percepatan ( $B_c$ )	Biaya langsung proses produksi pada saat waktu dipercepat.	Rp/satu kali proses produksi.
	Biaya normal ( $B_n$ )	Biaya langsung proses produksi dengan waktu normal.	Rp/satu kali proses produksi.
	Waktu percepatan ( $W_c$ ):	Waktu penyelesaian pada saat kondisi dipercepat.	Jam/satu kali proses produksi.
	Produktivitas mesin:	Perbandingan antara output dan input.	
	1. Output (volume bahan)	Jumlah volume bahan yang dikerjakan mesin.	Ton/satu kali proses produksi.
	2. Input (durasi pekerjaan)	Jangka waktu dalam pemakaian sejumlah sumber daya.	Jam/satu kali proses produksi.
	Waktu normal ( $W_n$ )	Waktu penyelesaian pada kondisi normal.	Jam/satu kali proses produksi.
Slope biaya per periode	Rata-rata perubahan biaya untuk setiap percepatan waktu.	Rp/jam.	
Biaya total produksi sama dengan jumlah biaya langsung ditambah biaya tak langsung.	Biaya langsung:	Total biaya yang terlibat langsung dalam setiap aktivitas produksi gula.	Rp/satu kali proses produksi.
	1. Biaya bahan baku:	Besarnya biaya bahan baku yang dikeluarkan selama proses produksi gula.	Rp/satu kali proses produksi.
	a. Kuantitas tebu giling ( $Q_x$ )	Jumlah kebutuhan tebu giling.	Ton/satu kali proses produksi.
	b. Harga tebu giling ( $P_x$ )	Harga jual di tingkat petani.	Rp/ton.
	2. Biaya uap:	Besarnya biaya uap yang digunakan dalam satu kali proses pada kegiatan produksi gula.	Rp/satu kali proses produksi.
	a. Kuantitas uap ( $Q_s$ )	Jumlah kebutuhan uap dalam satu kali produksi.	$m^3$ /satu kali proses produksi.
b. Harga uap ( $P_s$ )	Harga uap per $m^3$ .	Rp/ $m^3$ .	

Tabel 2. (Lanjutan)

Konsep	Variabel	Definisi Operasional	Pengukuran Variabel
	3. Biaya air:	Besarnya biaya air yang digunakan dalam satu kali proses pada kegiatan produksi gula.	Rp/satu kali proses produksi.
	a. Kuantitas air ( $Q_w$ )	Jumlah kebutuhan air dalam satu kali proses produksi.	$m^3$ /satu kali proses produksi.
	b. Harga air ( $P_w$ )	Harga air per $m^3$ .	Rp/ $m^3$ .
	4. Biaya listrik:	Besarnya biaya listrik yang digunakan dalam satu kali proses pada kegiatan produksi gula.	Rp/satu kali proses produksi.
	a. Kuanitas listrik ( $Q_e$ )	Jumlah kebutuhan listrik dalam satu kali proses produksi.	kW/satu kali proses produksi.
	b. Harga listrik ( $P_e$ )	Harga listrik per $m^3$ .	Rp/kW.
	Biaya tidak langsung:	Biaya-biaya yang dikeluarkan tanpa bergantung pada volume produksi yang dilaksanakan, tetapi bergantung pada lamanya waktu giling.	Rp/satu kali proses produksi.
	1. Biaya tenaga kerja musim giling:	Besarnya biaya tenaga kerja yang dikeluarkan pada saat musim giling.	Rp/satu kali proses produksi.
	a. Jumlah tenaga kerja musim giling ( $Q_m$ )	Jumlah tenaga kerja musim giling.	HOK.
	b. Upah tenaga kerja musim giling ( $P_m$ )	Harga tenaga kerja musim giling.	Rp/HOK.

Tabel 2. (Lanjutan)

Konsep	Variabel	Definisi Operasional	Pengukuran Variabel
	2. Biaya tenaga manajerial:	Besarnya biaya tenaga kerja yang dikeluarkan untuk pengawasan saat musim giling.	Rp/satu kali proses produksi.
	a. Jumlah karyawan manajerial ( $Q_m$ )	Jumlah karyawan manajerial pada bagian pengolahan, instalasi, dan <i>quality control</i> .	HOK.
	b. Upah manajer dan asisten manajer ( $P_m$ )	Harga karyawan manajerial pada bagian pengolahan, instalasi, dan <i>quality control</i> .	Rp/HOK.
Optimalisasi sebagai suatu proses penguraian durasi untuk mendapatkan percepatan durasi yang paling baik (optimal) dengan menggunakan berbagai alternatif ditinjau dari segi total biaya.	diartikan sebagai proses penguraian durasi produksi minimum	Biaya total produksi minimum	Total biaya minimal dari hasil percepatan dengan penambahan jam giling dan mesin produksi.

## IV. METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan menggambarkan jaringan kerja proses produksi gula di PG Djombang Baru. Penelitian difokuskan pada kegiatan produksi gula di dalam pabrik, meliputi proses gilingan, pemurnian, penguapan, masakan, putaran, dan penyelesaian. Penelitian tentang analisis jaringan kerja dilakukan untuk mengetahui sejauh mana proses produksi gula dapat dipercepat dengan adanya penambahan jam giling, mesin *continuous vacuum pan D*, dan mesin putaran HGF *single curing*. Selain itu, juga untuk mengetahui perubahan total biaya langsung akibat penambahan jam giling, mesin *continuous vacuum pan D*, dan mesin putaran HGF *single curing*. Sehingga nantinya diperoleh kombinasi percepatan waktu produksi dengan total biaya paling rendah untuk mengoptimalkan produksi.

### 4.1 Metode Penentuan Lokasi Penelitian

Penentuan tempat penelitian dilakukan dengan metode *purposive*, yaitu bertempat di PG Djombang Baru yang berlokasi di Jalan PB Jendral Sudirman No. 1 Desa Pulo, Kecamatan Jombang, Kabupaten Jombang, Jawa Timur. Tempat tersebut dipilih dengan pertimbangan bahwa pada musim giling tahun 2015 PG Djombang Baru akan melakukan revitalisasi dan perbaikan kinerja produksi. Revitalisasi dilakukan dengan penambahan satu mesin di stasiun masakan dan putaran HGF. Sedangkan perbaikan kinerja produksi dilakukan dengan meningkatkan jam giling pabrik.

### 4.2 Metode Penentuan Responden

Metode penentuan responden yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah *purposive* yaitu dengan mewawancarai *key informan*. *Key informan* dalam penelitian ini adalah asisten manajer stasiun gilingan, masakan, putaran, mandor stasiun gilingan, pemurnian, penguapan, masakan, putaran, dan penyelesaian. Dasar pertimbangan pemilihan asisten manajer stasiun gilingan, masakan, dan putaran sebagai *key informan* adalah responden mengetahui permasalahan produksi di stasiun gilingan, masakan, dan putaran beserta solusinya yang berhubungan dengan penelitian ini. Sementara pemilihan mandor stasiun gilingan,

pemurnian, penguapan, masakan, putaran, dan penyelesaian sebagai *key informan* adalah responden mampu menjelaskan tahapan proses produksi di stasiun gilingan, pemurnian, penguapan, masakan, putaran, dan penyelesaian.

### 4.3 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan cara survei pendahuluan dan dilanjutkan dengan penelitian utama. Survei pendahuluan dilaksanakan bersamaan dengan kegiatan magang pada bulan Juli sampai September 2014. Survei pendahuluan ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran umum tentang perusahaan dan runtutan proses produksi gula, serta sarana-sarana produksi yang digunakan. Setelah melakukan survei pendahuluan, dilakukan penelitian utama yang dilaksanakan pada bulan November 2014 sampai Januari 2015.

Jenis data yang digunakan adalah data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dengan melakukan wawancara, observasi, dan dokumentasi. Sedangkan data sekunder diperoleh dengan mengumpulkan data dari perusahaan. Teknik pengumpulan data yang dilakukan dijelaskan sebagai berikut.

#### 1. Pengumpulan data primer

##### a. Wawancara

Pengumpulan data dilakukan melalui kegiatan tanya jawab dengan pihak-pihak yang berkaitan dengan kegiatan produksi gula, seperti asisten manajer di stasiun gilingan, masakan, dan putaran, serta mandor di stasiun gilingan, pemurnian, penguapan, masakan, putaran, dan penyelesaian. Wawancara dengan asisten manajer stasiun gilingan, masakan, dan putaran digunakan untuk menggali informasi mengenai permasalahan pada proses produksi gula dan alasan mengapa pada proses giling, masakan D, dan putaran HGF dibutuhkan percepatan waktu produksi. Sedangkan wawancara dengan mandor di setiap stasiun produksi gula digunakan untuk menggali informasi mengenai tahapan dari proses produksi gula.

##### b. Observasi dan dokumentasi

Pengumpulan data secara observasi dilakukan pada saat musim giling dengan cara mengamati secara langsung proses putaran HGF. Pengamatan dilakukan untuk mengetahui waktu putaran mesin HGF per siklus. Alat

pengukuran waktu yang digunakan adalah jam tangan. Sementara dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan data yang bersumber dari beberapa dokumen perusahaan dan foto-foto mesin produksi gula yang digunakan. Dokumen-dokumen yang dikumpulkan diantaranya seperti data tentang profil perusahaan, lokasi, struktur organisasi, dan ketenagakerjaan.

## 2. Pengumpulan data sekunder

Pengumpulan data sekunder diperoleh dari bagian *quality control off farm* PG Djombang Baru. Data yang dikumpulkan adalah data harian mulai tanggal 2 Agustus sampai 1 Oktober 2014. Data tersebut meliputi data Berat Tebu Tergiling, data Jam Henti Giling, data HK (Harga Kemurnian) Nira Kental, data HK (Harga Kemurnian) Masakan A, C, D, data Volume Masakan A, C, D, dan data Lama Proses Masakan A, C, D, data Neraca Massa Stasiun Gilingan, Pemurnian, dan Penguapan tahun 2012, dan data Spesifikasi Mesin Produksi.

Data Berat Tebu Tergiling dan data Jam Henti Giling digunakan untuk menentukan waktu yang dibutuhkan untuk menggiling tebu dalam satu kali proses. Data HK Nira Kental, Masakan A, C, D dan data Volume Masakan A, C, D digunakan untuk menentukan volume produksi dari setiap aktivitas di stasiun penguapan, masakan, putaran, dan penyelesaian, dalam satu kali proses. Data Lama Proses Masakan A, C, D digunakan untuk mengetahui rata-rata waktu masakan. Data Neraca Massa Stasiun Gilingan, Pemurnian, dan Penguapan tahun 2012 digunakan untuk menentukan volume produksi di stasiun gilingan dan pemurnian dalam satu kali proses. Data Spesifikasi Mesin Produksi digunakan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan dari masing-masing aktivitas produksi ditinjau dari jumlah dan kapasitas mesin. Adapun dasar pertimbangan pengambilan data dilakukan pada tanggal 2 Agustus sampai 1 Oktober 2014 karena menurut perusahaan rentang waktu giling lancar adalah pada bulan Agustus sampai September 2014.

### 4.4 Metode Analisis Data

Analisis jaringan kerja digunakan untuk menggambarkan hubungan-hubungan antara komponen-komponen kegiatan produksi gula, dan menjelaskan arus dari operasi sejak awal sampai selesainya produksi. Metode yang digunakan

pada penelitian ini adalah CPM dan metode *quantity take-off* dan harga satuan. CPM merupakan analisa jaringan kerja dari proses produksi gula yang berusaha mengoptimalkan total biaya produksi melalui percepatan waktu penyelesaian produksi. CPM hanya menggunakan satu faktor waktu untuk setiap aktivitas produksi. Metode *quantity take-off* dan harga satuan adalah teknik penentuan biaya dengan mengukur kuantitas dari setiap komponen produksi.

Hipotesis pertama akan dianalisis dengan *crashing program*. *Crashing program* merupakan proses rekayasa percepatan durasi yang dilakukan berdasarkan atas biaya langsung. Dasar pertimbangan yang digunakan untuk menentukan percepatan waktu adalah dengan mengukur produktivitas penambahan jam giling dan produktivitas mesin baru *continuous vacuum pan D* dan *HGF single curing*. Sementara hipotesis kedua dianalisis dengan menghitung total biaya produksi setelah percepatan, yang selanjutnya dipilih total biaya produksi terendah, sehingga dapat mengoptimalkan produksi. Berikut ini adalah tahapan analisisnya.

#### **4.4.1 Analisis Deskriptif**

Analisis deskriptif digunakan untuk mendeskripsikan tahapan proses produksi gula. Masing-masing tahapan dari proses produksi gula akan diidentifikasi ruang lingkupnya dan diuraikan menjadi beberapa komponen kegiatan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kegiatan-kegiatan apa saja yang merupakan bagian atau komponen dari proses produksi gula, yang dapat dibedakan satu dengan lainnya.

#### **4.4.2 Analisis Percepatan Waktu Penyelesaian Produksi dan Total Biaya Langsung**

Analisis percepatan waktu penyelesaian produksi dilakukan untuk mengetahui dampaknya terhadap total biaya langsung. Percepatan waktu penyelesaian produksi akan dianalisis dengan *crashing program*. Adapun tahapan analisisnya adalah sebagai berikut.

### 1. Penyusunan jaringan kerja

Jaringan kerja disusun secara runtut menurut alur produksi gula. Pada jaringan kerja diberikan waktu produksi gula secara normal. Penentuan waktu produksi didasarkan pada volume produksi dan kapasitas mesinnya. Volume produksi dalam satu siklus produksi dapat diketahui melalui data Volume Masakan A, C, dan D. Ketiga data tersebut selanjutnya digunakan untuk menyusun neraca massa pada proses masakan dan putaran. Sedangkan pada stasiun gilingan, pemurnian, dan penguapan, volume produksi tahun 2014 diperoleh dengan membandingkan data volume produksi tahun 2012. Adapun cara perhitungan volume produksi pada stasiun masakan dan putaran adalah sebagai berikut.

$$HK = \frac{\%pol}{\%brix} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

Dimana:

HK : Harga Kemurnian

%pol : kadar (jumlah) gula yang terlarut dalam 100 gram larutan

%brix : kadar (jumlah) zat kering terlarut yang terdapat dalam 100 gram larutan

$$\text{berat bahan} = \text{volume bahan} \times \text{berat jenis larutan} \quad \dots\dots\dots (4.2)$$

$$\frac{\text{berat gula SHS}}{\text{berat nira kental}} = \frac{HK \text{ nira kental} - HK \text{ tetes}}{HK \text{ gula SHS} - HK \text{ tetes}} \quad \dots\dots\dots (4.3)$$

$$\text{berat gula halus/kasar} = 0,3\% \times \text{berat gula SHS} \quad \dots\dots\dots (4.4)$$

$$\text{berat gula kering} = \text{berat gula SHS} + \text{berat gula halus/kasar} \quad \dots\dots\dots (4.5)$$

$$\text{berat gula basah} = \text{berat gula kering} \quad \dots\dots\dots (4.6)$$

$$\text{berat leburan SHS} = \text{berat gula halus/kasar} \quad \dots\dots\dots (4.7)$$

$$\text{berat tetes} = \text{berat nira kental} + \text{berat gula SHS} \quad \dots\dots\dots (4.8)$$

$$\frac{\text{berat masecuite D}}{\text{berat tetes}} = \frac{(HK \text{ gula D1} - HK \text{ tetes})}{(HK \text{ gula D1} - HK \text{ masecuite D})} \quad \dots\dots\dots (4.9)$$

$$\text{berat gula D1} = \text{berat masecuite D} - \text{berat tetes} \quad \dots\dots\dots (4.10)$$

$$\text{berat magma D1} = \text{berat gula D1} \quad \dots\dots\dots (4.11)$$

$$\frac{\text{berat gula D2}}{\text{berat gula D1}} = \frac{(HK \text{ gula D1} - HK \text{ klare D})}{(HK \text{ gula D2} - HK \text{ klare D})} \quad \dots\dots\dots (4.12)$$

$$\text{berat magma D2} = \text{berat gula D2} \quad \dots\dots\dots (4.13)$$

$$\text{berat klare D} = \text{berat gula D1} - \text{berat gula D2} \quad \dots\dots\dots (4.14)$$

$$\text{berat stroop C} = \text{berat masecuite D} - \text{berat klare D} - \text{berat stroop A} \quad \dots\dots\dots (4.15)$$

$$\frac{\text{berat masecuite C}}{\text{berat stroop C}} = \frac{(\text{HK gula C} - \text{HK stroop C})}{(\text{HK gula C} - \text{HK masecuite C})} \dots\dots\dots (4.16)$$

$$\text{berat gula C} = \text{berat masecuite C} - \text{berat stroop C} \dots\dots\dots (4.17)$$

$$\text{berat magma C} = \text{berat gula C} \dots\dots\dots (4.18)$$

$$\frac{\text{berat masecuite A}}{\text{berat gula A}} = \frac{(\text{HK gula A} - \text{HK stroop A})}{(\text{HK masecuite A} - \text{HK stroop A})} \dots\dots\dots (4.19)$$

$$\frac{\text{berat gula A}}{\text{berat gula SHS}} = \frac{(\text{HK gula SHS} - \text{HK klare SHS})}{(\text{HK gula A} - \text{HK klare SHS})} \dots\dots\dots (4.20)$$

$$\text{berat magma A} = \text{berat gula A} \dots\dots\dots (4.21)$$

$$\text{berat klare SHS} = \text{berat gula A} - \text{berat SHS} \dots\dots\dots (4.22)$$

Adapun cara untuk menyusun jaringan kerja adalah sebagai berikut:

- a. Setiap aktivitas untuk penyelesaian produksi secara keseluruhan ditulis di dalam bentuk simbol angka.
- b. Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan aktivitas tersebut ditulis di bawahnya.
- c. Demikian pula aktivitas yang harus diselesaikan sebelum aktivitas tersebut dapat dimulai ditulis di bawah aktivitas yang bersangkutan.
- d. Setiap aktivitas digambarkan dalam bentuk lingkaran dengan simbol aktivitas tersebut ditulis dalam lingkaran, berikut waktu yang dipergunakan untuk menyelesaikan aktivitas tersebut.
- e. Aktivitas-aktivitas tersebut disusun menurut urutan yang telah ditentukan dihubungkan dengan anak panah.
- f. Berikut ini adalah simbol-simbol yang digunakan dalam menyusun jaringan kerja:

→ : Anak panah penuh sebagai simbol daripada kejadian.

○ : Lingkaran sebagai simbol daripada kegiatan/aktivitas.

2. Penentuan total biaya produksi waktu normal

Metode penentuan biaya produksi yang digunakan adalah metode *quantity take-off* dan harga satuan (Soeharto, 1997). Teknik *quantity take-off* adalah teknik penentuan biaya dengan mengukur kuantitas dari setiap komponen produksi, yaitu jumlah tebu yang diproses, jumlah uap, air, dan listrik, serta jumlah tenaga kerja yang digunakan (HOK). Sementara metode harga satuan merupakan metode penentuan biaya produksi berdasarkan harga atau biaya per unitnya, seperti harga



tebu per ton, biaya uap dan air per meter kubik, biaya listrik per jam, dan biaya tenaga kerja per jam.

Unsur-unsur biaya yang dikeluarkan pabrik selama proses produksi gula terdiri dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya langsung terdiri dari biaya bahan baku, biaya uap, biaya air, dan biaya listrik. Sedangkan biaya tidak langsung terdiri dari biaya tenaga kerja manajerial dan biaya tenaga kerja musim giling. Biaya tenaga kerja manajerial terdiri dari biaya tenaga kerja asisten manajer di bagian pengolahan, *quality control*, dan instalasi. Sedangkan biaya tenaga kerja musim giling terdiri dari biaya tenaga kerja musim giling di bagian pengolahan, *quality control*, dan biaya tenaga kerja *outsourcing* di bagian instalasi. Sementara total biaya produksi merupakan gabungan dari total biaya langsung dan total biaya tidak langsung. Besarnya biaya yang dikeluarkan dapat diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

a. Total biaya langsung (*direct cost*)

$$DC = P_x \cdot Q_x + P_w \cdot Q_w + P_s \cdot Q_s + P_e \cdot Q_e \dots\dots\dots (4.23)$$

Dimana:

DC	= biaya langsung	$P_s$	= harga uap
$P_x$	= harga tebu giling	$Q_s$	= kebutuhan uap
$Q_x$	= jumlah tebu giling	$P_e$	= harga listrik
$P_w$	= harga air	$Q_e$	= kebutuhan listrik
$Q_w$	= jumlah air		

b. Total biaya tidak langsung (*indirect cost*)

$$IC = P_m \cdot Q_m + P_p \cdot Q_p \dots\dots\dots (4.24)$$

Dimana:

IC	= biaya tidak langsung	$P_p$	= upah manajer
$P_m$	= upah tenaga kerja musim giling	$Q_p$	= jumlah manajer
$Q_m$	= jumlah tenaga kerja musim giling		

c. Total biaya produksi (*total cost*)

$$TC = DC + IC \dots\dots\dots (4.25)$$

Dimana:

TC = total biaya produksi

DC = total biaya langsung

IC = total biaya tidak langsung

### 3. Penentuan jalur kritis

Analisis jalur kritis (*critical path analysis*) pada jaringan digunakan untuk mengetahui seberapa lama proyek dapat diselesaikan. Hal itu dilakukan dengan cara sebagai berikut:

a. Menentukan waktu paling awal (*earliest start-ES*), merupakan waktu paling awal suatu aktivitas yang dimulai dengan asumsi semua pendahulunya sudah selesai. Caranya adalah sebagai berikut:

1) Jika suatu aktivitas hanya mempunyai satu pendahulu langsung, ES-nya sama dengan EF pendahulunya.

2) Jika suatu aktivitas mempunyai beberapa pendahulu langsung, ES-nya adalah nilai maksimum dari semua EF pendahulunya, yaitu:

$$ES = \text{Max} \{EF \text{ semua pendahulu langsung}\} \dots\dots\dots (4.26)$$

b. Menentukan waktu selesai paling awal (*earliest finish-EF*), merupakan waktu paling awal suatu aktivitas dapat selesai. Aturan selesai paling awal adalah waktu selesai paling awal (EF) dari suatu aktivitas adalah jumlah dari waktu mulai paling awal (ES) dan waktu aktivitas itu sendiri, yaitu:

$$EF = ES + \text{waktu aktivitas} \dots\dots\dots (4.27)$$

c. Menentukan waktu mulai paling lambat (*latest start-LS*), merupakan waktu terakhir suatu aktivitas dapat dimulai, sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan. Aturan waktu mulai paling lambat adalah waktu mulai paling lambat (LS) dari suatu aktivitas adalah selisih dari waktu paling lambat (LF) dan waktu aktivitasnya adalah:

$$LS = LF - \text{waktu aktivitas} \dots\dots\dots (4.28)$$

d. Menentukan waktu selesai paling lambat (*latest finish-LF*), merupakan waktu terakhir suatu aktivitas dapat selesai, sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan. Caranya adalah sebagai berikut:

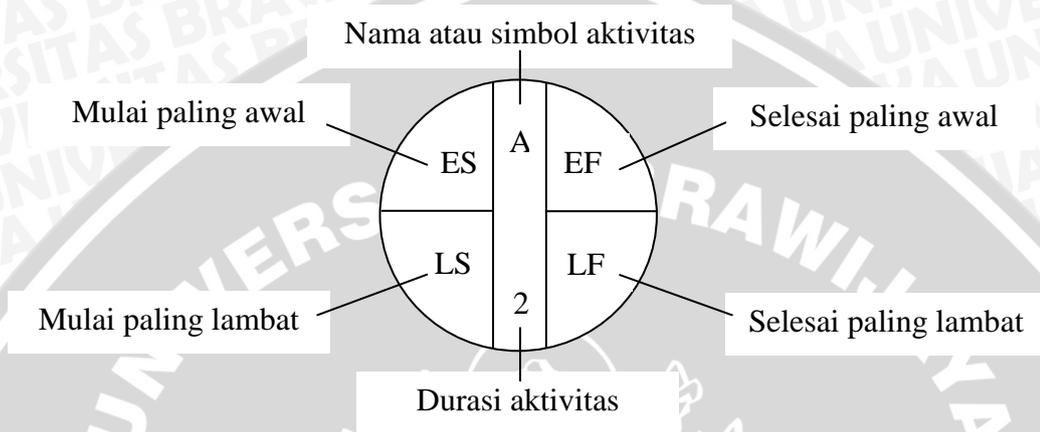
1) Sebelum suatu aktivitas dapat dimulai, seluruh pendahulu langsungnya harus diselesaikan.

2) Jika suatu aktivitas adalah pendahulu langsung dan hanya satu aktivitas, LF-nya sama dengan LS dari aktivitas yang secara langsung mengikutinya.

3) Jika suatu aktivitas adalah pendahulu langsung dari lebih dari satu aktivitas, maka LF adalah minimum dari seluruh nilai LS dari aktivitas-aktivitas yang secara langsung mengikutinya, yaitu:

$$LF = \text{Min} \{LS \text{ seluruh aktivitas yang langsung mengikutinya} \} \dots\dots\dots (4.29)$$

Notasi yang digunakan untuk menunjukkan jadwal-jadwal aktivitas pada jaringan proyek adalah sebagai berikut.



Gambar 6. Notasi dalam Jaringan Kerja

Jalur kritis adalah jalur terpanjang pada *network* dan waktunya menjadi waktu penyelesaian minimum. Sebagaimana diketahui pekerjaan-pekerjaan kritis adalah pekerjaan:

$$ES = LS \text{ atau } EF = LF \dots\dots\dots (4.30)$$

4. Penentuan percepatan waktu aktivitas dan biaya percepatan

Pada perhitungan percepatan waktu penyelesaian produksi, terlebih dahulu akan dicari percepatan waktu penyelesaian dari masing-masing kegiatan. Durasi percepatan dihitung berdasarkan produktivitas mesin masing-masing kegiatan (gilingan, masakan D, dan putaran HGF). Pada stasiun gilingan dilakukan penambahan jam giling pabrik dengan peningkatan zat kering ampas lebih dari 50% dan pelebaran pengumpan ampas *donnelly chute*. Sehingga percepatan waktu dan biayanya diperoleh dari:

$$\text{Produktivitas per jam} = \frac{\text{Volume produksi (ton)}}{\text{Durasi kegiatan (jam)}} \dots\dots\dots (4.31)$$

$$\text{Produktivitas setelah percepatan} = (\text{waktu normal} \times \text{produktivitas per jam}) + (\text{tambahan waktu giling} \times \text{produktivitas per jam}) \dots\dots\dots (4.32)$$

$$\text{Waktu percepatan} = \frac{\text{Volume produksi}}{\text{produktivitas setelah percepatan}} \dots\dots\dots (4.33)$$



Akibat dari percepatan waktu penyelesaian kegiatan tersebut akan terjadi peningkatan biaya langsung atau dikenal dengan istilah biaya percepatan. Biaya langsung tersebut terdiri dari biaya uap, air, dan listrik. Adapun cara mengetahui pertambahan biayanya adalah sebagai berikut.

$$\text{Biaya percepatan} = \frac{\text{waktu percepatan}}{\text{waktu normal}} \times \text{biaya normal} \dots\dots\dots (4.34)$$

Sementara percepatan pada masakan D dilakukan dengan menambah satu mesin *continuous vacuum pan*. Percepatan pada putaran HGF dilakukan dengan penambahan satu mesin HGF *single curing*. Sehingga waktu percepatan dan biaya setelah percepatan dapat diperoleh dari:

$$\text{Produktivitas normal per jam} = \frac{\text{Volume produksi (ton)}}{\text{Durasi kegiatan (jam)}} \dots\dots\dots (4.35)$$

$$\text{Produktivitas mesin baru per jam} = \frac{\text{Volume produksi (ton)}}{\text{Durasi kegiatan (jam)}} \dots\dots\dots (4.36)$$

$$\text{Produktivitas setelah percepatan} = \text{produktivitas waktu normal} + \text{produktivitas mesin baru} \dots\dots\dots (4.37)$$

$$\text{Waktu percepatan} = \frac{\text{Volume produksi}}{\text{produktivitas setelah percepatan}} \dots\dots\dots (4.38)$$

Akibat dari percepatan waktu penyelesaian kegiatan tersebut akan terjadi peningkatan biaya langsung atau dikenal dengan istilah biaya percepatan. Biaya langsung tersebut terdiri dari biaya uap, air, dan listrik. Adapun cara mengetahui pertambahan biayanya adalah sebagai berikut. Perhitungan biaya yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut.

$$\text{Biaya per jam normal} = \text{kebutuhan per jam} \times \text{harga per jam} \dots\dots\dots (4.39)$$

$$\text{Biaya percepatan/jam} = (\text{waktu normal} \times \text{biaya normal/jam}) + (\text{waktu mesin baru} \times \text{biaya mesin baru/jam}) \dots\dots\dots (4.40)$$

Selanjutnya adalah menghitung total biaya percepatan:

$$\text{Total biaya percepatan} = \text{biaya percepatan/jam} \times \text{waktu percepatan} \dots\dots\dots (4.41)$$

### 5. *Crashing program*

Proses mempercepat kurun waktu disebut *crash program*. Adapun prosedur yang digunakan untuk mempercepat waktu adalah sebagai berikut.

- a. Hitung biaya percepatan untuk setiap aktivitas dalam jaringan. Adapun rumus biaya percepatan adalah sebagai berikut:

$$\text{Slope biaya per periode} = \frac{\text{biaya percepatan} - \text{biaya normal}}{\text{waktu normal} - \text{waktu percepatan}} \dots\dots\dots (4.42)$$



- b. Dengan menggunakan aktivitas sekarang, tentukan jalur kritis pada jaringan produksi. Kenali aktivitas kritisnya.

#### 4.4.3 Analisis Kombinasi Percepatan Waktu Penyelesaian Produksi dan Perhitungan Total Biaya

Analisis kombinasi percepatan waktu penyelesaian produksi dan perhitungan total biaya dilakukan untuk mengetahui kombinasi antara percepatan waktu penyelesaian produksi dengan total biaya manakah yang dapat mengoptimalkan produksi. Optimalisasi produksi dilihat dari total biaya produksi yang paling rendah. Percepatan waktu penyelesaian produksi dilakukan pada aktivitas giling, masakan D, dan putaran HGF dan dimulai dari kegiatan yang mempunyai *cost slope* terendah. Selanjutnya dilakukan perhitungan tambahan biaya sebagai akibat dari percepatan. Adapun cara perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$\text{Tambahan biaya langsung (Rp)} = \text{slope biaya langsung} \times \text{total waktu percepatan} \dots\dots\dots (4.43)$$

Setelah menentukan tambahan biaya setelah adanya percepatan, kemudian dilakukan perhitungan biaya langsung setelah adanya percepatan. Adapun cara perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$\text{Total biaya langsung (Rp)} = \text{tambahan biaya akibat percepatan} + \text{total biaya langsung pada kondisi normal} \dots\dots\dots (4.44)$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan biaya tidak langsung setelah percepatan. Adapun cara perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$\text{Total biaya tidak langsung per jam} = \frac{\text{Total biaya tidak langsung waktu normal}}{\text{Total waktu penyelesaian produksi}} \dots\dots\dots (4.45)$$

$$\text{Total biaya tidak langsung setelah percepatan} = \text{total waktu penyelesaian stlh percepatan} \times \text{biaya tidak langsung/jam} \dots\dots\dots (4.46)$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan total biaya produksi setelah percepatan dengan cara menjumlahkan biaya langsung dan tidak langsung setelah percepatan. Berdasarkan tahapan percepatan waktu penyelesaian tersebut, kemudian dicari kombinasi waktu percepatan dengan total biaya produksi yang minimal. *Total cost* adalah total biaya penyelesaian produksi yang terdiri dari jumlah biaya langsung dan biaya tak langsung. Biaya langsung (*direct cost*) merupakan biaya yang

langsung berhubungan dengan produksi. Biaya langsung terdiri dari biaya bahan baku, biaya uap, air dan listrik. Sedangkan biaya *indirect cost* tidak langsung berhubungan dengan produksi, tetapi harus ada dan tidak dapat dilepaskan. Biaya tidak langsung terdiri dari biaya tenaga kerja manajerial dan tenaga kerja musiman pada bagian pengolahan, instalasi, dan *quality control*.



## V. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 5.1 Keadaan Umum Perusahaan

#### 5.1.1 Profil Perusahaan

PG Djombang Baru merupakan salah satu unit usaha dari PT Perkebunan Nusantara X (Persero) yang bergerak di bidang pengolahan tebu menjadi gula kristal putih. Produk yang dihasilkan adalah gula kristal putih SHS (*Super High Sugar*) 1A dan tetes tebu. Gula kristal putih dengan mutu SHS (*Super High Sugar*) 1A merupakan gula kristal putih yang memiliki nilai ICUMSA antara 81-200 IU. Sedangkan tetes tebu merupakan hasil sampingan yang digunakan sebagai bahan baku pada industri alkohol, spirtus, dan penyedap masakan.

Selain menghasilkan gula SHS (*Superior High Sugar*) IA dan tetes tebu, perusahaan ini juga melakukan pengolahan ampas dan blotong. Ampas digunakan sebagai bahan bakar pada boiler untuk proses produksi. Sedangkan blotong dimanfaatkan oleh pabrik gula untuk bahan pembuatan biokompos.

Unit produksi pengolahan biokompos terletak di Dusun Sumbernongko, Desa Denanyar, Kabupaten Jombang. Perusahaan ini didirikan pada tanggal 17 Juni 2009 dengan lahan seluas 14.720 m<sup>2</sup>. Pendirian perusahaan ini dilakukan berdasarkan persetujuan dari Departemen Perindustrian dan Perdagangan Republik Indonesia melalui Direktorat Jenderal Industri Logam, Mesin dan Kimia, dengan Perjanjian Perdagangan yaitu Surat Izin Usaha Perdagangan (SIUP) Kecil Nomor: 502.2.2/2530/415.21/2009. Adapun tujuan dari berdirinya unit pengolahan biokompos adalah sebagai diversifikasi usaha yang dapat menambah lapangan pekerjaan bagi penduduk di lingkungan sekitar.

Selain pengolahan biokompos, PG Djombang baru juga memproduksi <sup>5</sup>bibit tebu *bud chips*. Lokasi pembibitan *bud chips* juga di Dusun Sumbernongko, Desa Denanyar, Kabupaten Jombang. Kegiatan produksi bibit *bud chips* di PG Djombang Baru dimulai pada Januari tahun 2012. Teknologi pembibitan tebu dengan bibit *bud chips* ini berasal Kolombia.

---

<sup>5</sup> *Bud chips* merupakan teknik pembuatan bibit tebu dengan cara mengambil mata tunas dan diberikan perlakuan *hot water treatment*.

### 5.1.2 Lokasi Perusahaan

PG Djombang Baru terletak di Jalan PB Jendral Sudirman No 1 Desa Pulo, Kecamatan Jombang, Kabupaten Jombang, Jawa Timur. Pabrik tersebut mempunyai luas daerah kurang lebih sekitar 131.546 m<sup>2</sup> dengan batas-batas geografis sebagai berikut:

Utara : Desa Kauman Utara.

Barat : Jalan Kapten Tendean.

Timur : Desa Jagalan.

Selatan: Desa Pulo Lor.

### 5.1.3 Struktur Organisasi Perusahaan

Struktur organisasi pada PG Djombang Baru adalah organisasi fungsional. Struktur organisasi ini ada pimpinan yang mempunyai bawahan yang jelas. Setiap atasan berwenang memberi komando kepada setiap bawahan sepanjang ada hubungan secara fungsional. Struktur organisasi di PG Djombang Baru dapat dilihat pada Lampiran 1. Adapun deskripsi tugas dan wewenang dari masing-masing jabatan di PG Djombang Baru adalah sebagai berikut:

#### 1. *General manager*

*General manager* bertugas memimpin perusahaan secara keseluruhan, mengangkat dan memberhentikan karyawan, dan mengkoordinasikan semua bagian.

#### 2. Bagian tanaman

Bagian tanaman berperan dalam:

- a. Menyediakan tebu yang dibutuhkan selama produksi gula.
- b. Mengoptimalkan produktivitas lahan tebu rakyat dengan memperhatikan konservasi lahan dan menjaga kesuburannya.
- c. Membina hubungan baik dengan para petani dan instansi yang terkait, seperti bank dan kantor desa.
- d. Mengembangkan areal baru yang potensial.

#### 3. Bagian SDM

Bagian sumber daya manusia berperan dalam:

- a. Mengadakan pelatihan, pengembangan, dan pemeliharaan kerja.

- b. Memelihara hubungan baik dengan organisasi karyawan, misalnya organisasi pensiunan dan koperasi karyawan.
- c. Asisten manajer sumber daya manusia membawahi pelaksana sumber daya manusia, satpam, dan bagian poliklinik.

#### 4. Bagian instalasi

Bagian instalasi berperan dalam:

- a. Perbaikan, pengawasan, pemeliharaan dan penggantian mesin pabrik, lori dan peralatan listrik.
- b. Menyusun rencana kerja dan anggaran belanja tiap bagian instalasi.
- c. Melaksanakan dan mengawasi pelaksanaan rencana kerja dan rencana anggaran belanja yang telah disetujui.
- d. Menyiapkan teknis instalasi agar siap pakai saat musim giling.

#### 5. Bagian pengolahan

Bagian pengolahan berperan dalam:

- a. Merencanakan, mengawasi, dan mengendalikan proses pembuatan gula.
- b. Bertanggung jawab terhadap kelancaran peralatan produksi.
- c. Memonitor administrasi persediaan bahan di gudang bahan dan gudang gula.

#### 6. Bagian *quality control*

Bagian *quality control* bertanggung jawab atas terlaksananya analisa dan pemantauan proses produksi baik *on farm* maupun *off farm*. Divisi *quality control* terbagi menjadi 2 bagian, yaitu *quality control on farm* dan *off farm*. Adapun deskripsi tugas dari masing-masing bagian adalah sebagai berikut.

- a. *Quality control on farm* bertanggung jawab dalam melakukan kegiatan-kegiatan sebagai berikut.
  - 1) Pemantauan pembibitan.
  - 2) Pemantauan pemasukan lahan dan gambar kebun.
  - 3) Pemantauan masa tanam dan varietas.
  - 4) Pemantauan taksasi.
  - 5) Pemantauan analisis pendahuluan, lori, dan dongkel.
  - 6) Pemantauan jadwal tebang.
  - 7) Pemantauan kualitas bahan baku.

b. *Quality control off farm* bertanggung jawab dalam melakukan kegiatan-kegiatan sebagai berikut.

- 1) Kalibrasi alat ukur dan alat laboratorium.
- 2) Melaksanakan analisa laboratorium, seperti analisa NPP (Nira Perahan Pertama), analisa masakan, analisa gula reduksi, dextran, fosfat, kadar kapur, analisa kualitas gula, dan analisa air pengisi ketel.
- 3) Melaksanakan pemantauan analisa limbah.
- 4) Memantau persediaan tebu di emplasemen.
- 5) Melakukan taksasi produksi gula.
7. Bagian keuangan dan umum

Bagian keuangan dan umum berperan dalam:

- a. Menyelenggarakan administrasi perusahaan yaitu mengawasi keluar masuknya uang dan barang.
- b. Bertanggung jawab atas kegiatan operasional di bidang administrasi yang meliputi perencanaan, pengendalian, pengawasan, dan sumber dana yang sesuai dengan yang telah ditetapkan, serta pengadaan barang yang diperlukan tiap-tiap bagian.

#### 5.1.4 Ketenagakerjaan

##### 1. Tenaga kerja

PG Djombang Baru memiliki 2 jenis karyawan yaitu karyawan tetap dan tidak tetap. Total karyawan yang dimiliki PG Djombang Baru pada tahun 2014 adalah 785 orang (Tabel 3) dengan persentase 29,42% karyawan tetap dan 70,58% karyawan tidak tetap. Adapun penjelasannya adalah sebagai berikut.

a. Karyawan tetap, merupakan karyawan yang mempunyai hubungan dengan perusahaan untuk jangka waktu tidak terbatas. Gaji karyawan tetap berdasarkan UMK Surabaya dan setiap golongan mempunyai tingkatan upah tersendiri. Upah lembur dihitung per jam kemudian diakumulasikan dengan gaji pokok. Karyawan tetap dibedakan menjadi 2, yaitu:

- 1) Pimpinan merupakan karyawan tetap PG Djombang Baru yang memiliki golongan IIIA sampai IVD. Jumlah pimpinan di PG Djombang Baru sebanyak 36 orang.

- 2) Pelaksana merupakan karyawan tetap PG Djombang Baru golongan IA sampai dengan IID. Pelaksana di PG Djombang Baru sebanyak 195 orang.
- b. Karyawan tidak tetap, mempunyai hubungan kerja dengan perusahaan untuk jangka waktu tertentu dengan pekerjaan tertentu. Gaji karyawan tidak tetap berdasarkan UMK Jombang dan ketika lembur dihitung per jam kemudian diakumulasi dengan gaji pokok. Karyawan tidak tetap terdiri dari:
- 1) Karyawan *outsourcing* atau borongan adalah karyawan yang tugas, pekerjaan, dan upahnya bersifat borongan. Kebanyakan karyawan borongan ini menangani perbaikan mesin, perawatan mesin, mengangkut ampas, dan lain-lain. Jumlah karyawan *outsourcing* sebanyak 60 orang.
  - 2) Karyawan perjanjian kerja waktu tertentu (PKWT) adalah karyawan yang dipekerjakan hanya pada waktu tertentu. Jumlah karyawan PKWT adalah sebanyak 494 orang. Karyawan PKWT dibedakan menjadi 4, yaitu:
    - a) Karyawan musim tanam, yaitu karyawan yang melaksanakan pekerjaannya mulai dari pembukaan tanah, pemeliharaan tebu sampai pada tebu siap tebang.
    - b) Karyawan musim tebang, yaitu karyawan yang melaksanakan pekerjaannya mulai dari tebu ditebang sampai tebu diangkut.
    - c) Karyawan musim giling, yaitu karyawan yang terlibat langsung dalam produksi gula.
    - d) Karyawan lain-lain, yaitu karyawan yang bekerja di emplasemen yang tidak ada hubungan langsung dengan produksi gula.

Tabel 3. Jumlah Karyawan PG Djombang Baru

No.	Bagian	Jenis Karyawan				Jumlah
		Karyawan Tetap		Karyawan Tidak Tetap		
		Gol III-IV	Gol I-II	PKWT	<i>Outsourcing</i>	
1.	AK & U	8	20	21	21	70
2.	Tanaman	10	35	22	0	67
3.	Tebang & angkut	1	7	57	0	65
4.	Remise	0	8	14	0	22
5.	Instalasi	7	78	144	15	244
6.	Pengolahan	6	38	177	0	221
7.	Kendaraan	0	1	0	24	25
8.	Traktor	0	2	1	0	3
9.	<i>Quality control</i>	3	6	58	0	67
10.	Kadiskam	1	0	0	0	1
Total karyawan		36	195	494	60	785

Sumber: PG Djombang Baru, 2014.

## 2. Jam kerja karyawan

PG Djombang Baru menerapkan hari kerja mulai hari Senin sampai dengan hari Sabtu. Jam kerja karyawan yang ditetapkan terbagi menjadi 2, yaitu jam kerja bagi karyawan kantor dan jam kerja bagi karyawan produksi. Jam kerja karyawan kantor dimulai pada pukul 06.30-14.30 WIB, kecuali hari Jumat dan Sabtu yang berakhir pada pukul 11.30 WIB. Sedangkan untuk bagian produksi terdapat 3 *shift* kerja dengan waktu kerja yang sama yaitu 8 jam. Pembagian jam kerja karyawan ini dapat dilihat lebih jelas pada Tabel 4.

Tabel 4. Pembagian Waktu Kerja PG Djombang Baru

Bagian	Hari	Jam	Keterangan
Karyawan kantor	Senin-Kamis	06.30-11.30 WIB	Jam kerja awal
		11.30-12.30 WIB	Istirahat
		12.30-15.00 WIB	Jam kerja akhir
Karyawan produksi	Jumat-Sabtu	06.30-11.30 WIB	Jam kerja awal
		06.00-14.00 WIB	<i>Shift</i> 1
		14.00-22.00 WIB	<i>Shift</i> 2
		22.00-06.00 WIB	<i>Shift</i> 3

Sumber: PG Djombang Baru, 2014.

### 5.1.5 Bahan Baku Produksi Gula

Bahan baku yang dibutuhkan untuk proses produksi gula adalah tebu. Tebu yang digunakan di PG Djombang Baru berasal dari tebu rakyat yang berada di wilayah Jombang dan Lamongan. Tebu yang berasal dari wilayah Jombang meliputi Kecamatan Bandar Kedungmulyo, Jombang, Perak, Megaluh, Tembelang, Peterongan, Sumobito. Sementara tebu yang berasal dari wilayah Lamongan meliputi Kecamatan Ploso, Plandaan, Kabuh, Sambeng, Mantup, Ngimbang, Bluluk, Sukorame, Tikung, Kembang Bahu, Gresik, Kedung Pring, Modo, Babat, dan Sugiyo.

Luas lahan tebu yang termasuk dalam wilayah PG Djombang Baru berbeda-beda di setiap wilayah. Berdasarkan data pembagian rayon atau wilayah tebu rakyat PG Djombang Baru tahun 2013, total luas lahan tebu di wilayah Jombang adalah 2.664 ha, yang terdiri dari 439 ha di Kecamatan Bandar Kedungmulyo; 415 ha di Kecamatan Jombang; 462 ha di Kecamatan Perak; 500 ha di Kecamatan Megaluh dan Tembelang; dan 849 ha di Kecamatan Peterongan dan Sumobito. Sementara total luas lahan tebu di wilayah Lamongan adalah 3.094 ha, meliputi

843 ha di Kecamatan Ploso, Plandaan, dan Kabuh; 896 ha di Kecamatan Sambeng dan Mantup; 652 ha di Kecamatan Ngimbang, Bluluk, dan Sukorame; 359 ha di Kecamatan Tikung, Kembang Bahu, dan Gresik; dan 344 ha di Kecamatan Kedung Pring, Modo, Babat, dan Sugiyo. Jadi, dapat disimpulkan bahwa total luas lahan tebu yang masuk wilayah PG Djombang Baru adalah 5.258 ha.

### 5.1.6 Proses Produksi Gula

Proses produksi gula di PG Djombang Baru merupakan proses produksi secara terus-menerus dimana mesin tidak berhenti bekerja sampai musim giling selesai kecuali jika ada kerusakan mesin. Pada tahun 2014, proses produksi gula di PG Djombang Baru berlangsung selama 150 hari, yakni mulai pada tanggal 28 Juni sampai 24 November. Proses produksi gula terdiri dari beberapa tahap yang dibedakan berdasarkan stasiun-stasiun kerjanya, diantaranya adalah stasiun gilingan, pemurnian, penguapan, masakan, putaran, dan penyelesaian. Berikut ini penjelasan dari masing-masing stasiun. Adapun skema dari proses produksi gula dapat dilihat pada Lampiran 2.

#### 1. Stasiun gilingan

Stasiun gilingan adalah stasiun dimana tebu dicacah dan diperas untuk mendapatkan nira sebanyak mungkin. Proses penggilingan diawali dengan datangnya tebu yang diangkut oleh lori. Tebu dibawa oleh *cane crane* untuk dipindahkan ke meja tebu, selanjutnya tebu akan jatuh ke *cane carrier*. *Cane carrier* membawa tebu melewati *cane cutter* yang berfungsi memotong tebu, dan *hammer shredder* yang berfungsi memotong, menyayat, memipihkan, dan menghaluskan tebu sehingga berbentuk serabut. Tebu selanjutnya dibawa oleh *recarrier* ke dalam mesin giling. PG Djombang Baru menggunakan 5 mesin giling yang disusun secara seri.

Adapun permasalahan yang sering dihadapi di stasiun gilingan adalah jam henti giling yang masih tinggi. Rata-rata jam henti giling pabrik dalam kurun waktu 2 Agustus sampai 1 Oktober 2014 adalah 4,61 jam. Besarnya persentase jam henti giling adalah 19,20%. Angka ini masih tergolong besar mengingat kriteria jam henti giling yang ditetapkan perusahaan adalah 0,50 jam atau 2,08%. Selain itu, rata-rata kapasitas giling pabrik secara aktual dalam kurun waktu 2

Agustus sampai 1 Oktober 2014 juga masih kurang dari total kapasitas pabrik. Rata-rata kapasitas giling aktual pabrik adalah sebesar 2.434,9 ton per hari. Sedangkan total kapasitas giling pabrik adalah 3.000 ton per hari. Penyebab dari berhentinya jam giling pabrik adalah boiler Jhon Thompson Australia (JTA) sering *drop* karena persentase zat kering ampas kurang dari 50%, gilingan<sup>6</sup> suwul karena pengumpan ampas *donnelly chute* kurang lebar,<sup>7</sup> *hammer shredder trip* karena beban ampas terlalu tinggi, elektromotor *hammer shredder trouble* karena suplai listrik yang kurang.

## 2. Stasiun pemurnian

Proses pemurnian bertujuan untuk mendapatkan nira encer yang memiliki kualitas dan kuantitas yang baik dengan cara menghilangkan zat pengotor yang terkandung dalam nira mentah. Nira dari stasiun gilingan disaring dengan *rotary juice screen* kemudian ditampung di *mixed juice tank* yang dilengkapi dengan flowmeter untuk mengetahui jumlah nira yang masuk ke pemurnian. Kemudian nira mentah dipanaskan di Pemanas Pendahuluan I dengan mesin TJH 1 (*Tubular Juice Heater 1*) pada suhu 70-75°C.

Selanjutnya nira masuk ke defekator untuk direaksikan dengan susu kapur. Tujuan dari penambahan kapur ini adalah untuk meningkatkan pH sehingga nira tidak cepat rusak. Pada pH tersebut fosfat akan bereaksi dengan kalsium dari susu kapur untuk membentuk kalsium fosfat. Garam kalsium fosfat dapat mengikat kotoran dalam nira sehingga kotoran akan mengendap bersama garam kalsium fosfat.

Nira dari defekator masuk ke sulf reaktor. Pada tahap ini terdapat penambahan gas belerang. Penambahan gas belerang bertujuan untuk menetralkan pH nira menjadi 7,2-7,4. Selain itu gas belerang akan mengikat kotoran dan kalsium yang terdapat dalam nira sehingga menjadi endapan kalsium sulfat.

Selanjutnya nira dialirkan ke Pemanas Pendahuluan II dengan mesin TJH 2 (*Tubular Juice Heater 2*) pada suhu 75-105°C untuk mengendapkan kotoran secara sempurna. Selanjutnya nira masuk ke dalam clarifier. Pada clarifier terjadi proses pemisahan antara nira jernih dengan nira kotor. Nira jernih yang dihasilkan

<sup>6</sup> Suwul artinya ampas tidak dapat menuju rol gilingan sehingga menumpuk pada pengumpan.

<sup>7</sup> *Hammer shredder trip* adalah kondisi dimana mesin berhenti bekerja atau macet.

akan masuk ke *clear juice tank*, sedangkan nira kotor dialirkan ke *rotary vacuum filter*.

Pada stasiun penguapan minim dengan kendala produksi. Adapun kendala dalam produksi hanya pada penggantian komponen mesin seperti sekring kompresor tobong belerang, dan tangki *clear juice tank* penuh. Namun, kondisi tersebut tidak sampai mengganggu aktivitas produksi gula pada tahap berikutnya. Penggantian komponen mesin seperti sekring jarang dilakukan, dan hanya dilakukan jika terjadi kerusakan pada komponen mesin tersebut. Adapun waktu penggantian sekring hanya 5 menit. Penuhnya tangki *clear juice tank* juga tidak sampai mengganggu aktivitas selanjutnya. Namun, penuhnya tangki *clear juice tank* dapat mengganggu aktivitas sebelumnya seperti berhentinya giling pabrik. Proses giling pabrik dihentikan hingga volume tangki menurun. Waktu tunggu penurunan volume tangki adalah 15-20 menit. Berdasarkan kondisi tersebut, dapat disimpulkan bahwa kegiatan produksi selanjutnya seperti penguapan, masakan, dan putaran harus dipercepat. Agar tangki *clear juice tank* tidak sampai penuh dan menghentikan giling pabrik. Pada proses penguapan tidak dapat diperepat karena akan berakibat pada kurang maksimalnya proses penguapan. Proses penguapan yang kurang maksimal dapat berakibat pada kandungan air pada nira kental masih banyak dan akan menghambat proses masakan. Sehingga aktivitas yang membutuhkan percepatan waktu produksi adalah pada proses masakan dan putaran.

### 3. Stasiun penguapan

Tujuan dari proses penguapan adalah untuk menguapkan air yang terkandung dalam nira encer, sehingga nira akan lebih mudah dikristalkan pada proses selanjutnya. Proses penguapan di PG Djombang Baru dilakukan dengan menggunakan 4 unit badan penguap (BP) atau evaporator yang digunakan secara berurutan. Nira encer yang masuk pada setiap evaporator akan bersirkulasi dan secara otomatis akan mengalir menuju evaporator selanjutnya. Nira kental hasil penguapan akan ditampung pada peti nira kental.

Pada stasiun penguapan minim dengan kendala produksi. Adapun kendala dalam produksi hanya pada perawatan mesin, seperti pembersihan saringan kondensor badan penguap selama 20 menit. Pembersihan saringan kondensor

memang dilakukan secara berkala yaitu 2-4 hari sekali. Hal tersebut bertujuan untuk membersihkan saringan kondensor dari kotoran yang menyumbat dan mengganggu proses aliran uap nira dan air injeksi. Selain itu, selama pembersihan saringan kondensor badan penguap, tidak mengganggu dari proses penguapan karena PG Djombang Baru menyediakan 1 buah badan penguap *stand by* yang digunakan untuk cadangan apabila salah satu badan penguap dibersihkan.

#### 4. Stasiun masakan

Pada stasiun masakan terjadi proses kristalisasi yaitu mengubah gula dalam larutan menjadi kristal. Proses ini diawali dengan pembuatan nira kental hingga mencapai keadaan jenuh di atas pan masakan sehingga menjadi sakarosa yang mengkristal. Proses pengkristalan gula menggunakan bahan baku nira kental dari proses penguapan serta bibitan yang membantu proses pengkristalan.

PG Djombang Baru menggunakan 3 sistem masakan, yaitu masakan ACD. Hal tersebut dikarenakan rata-rata nilai kemurnian nira kental di PG Djombang Baru selama periode 2 Agustus sampai 1 Oktober 2014 adalah 75,64. Menurut Saputra (2013), sistem masakan ACD merupakan sistem masakan yang dilakukan dengan tiga tingkat masakan. Sistem masakan ini digunakan apabila HK atau nilai kemurnian nira kental  $< 85$ .

Pada masakan A menghasilkan gula A dan *stroop* A. *Stroop* A digunakan untuk bahan tambahan masakan C. Pada masakan C menghasilkan gula C dan *stroop* C. *Stroop* C digunakan untuk bahan tambahan masakan D, sedangkan gula C digunakan untuk bibitan masakan A. Pada masakan D menghasilkan gula D1 dan tetes yang tidak dapat diambil gulanya. Gula D1 akan diproses lebih lanjut pada stasiun putaran sehingga menghasilkan gula D2. Gula D2 digunakan untuk bibitan masakan A, sedangkan klare D digunakan untuk tambahan bahan masakan D. Setiap masakan yang turun dari pan, ditampung pada palung pendingin. Keadaan palung pendingin harus selalu bergerak untuk menghindari penggumpalan. Berikut ini adalah tahapan dalam pembuatan jenis masakan A, C, dan D.

a. Masakan A

Masakan A merupakan jenis masakan yang nantinya akan diproses lebih lanjut menjadi gula produk. Terdapat 3 jenis masakan A yaitu masakan A4, A2, dan A1. Berikut ini adalah tahapan pemasakannya.

1) Masakan A4

Proses pembuatan masakan A adalah dengan memasukkan nira kental ke dalam pan masakan A4 hingga diperoleh kekentalan dengan benangan 3 cm. Kemudian dilanjutkan dengan menambahkan bibitan gula D2. Setelah mencapai<sup>8</sup> kondisi metamantab tambahkan bibitan gula C. Tujuannya adalah untuk membesarkan kristal gula yang ada dalam larutan. Kemudian campuran ditambahkan nira kental. Penambahan nira kental bertujuan untuk menghilangkan kristal palsu. Kristal palsu merupakan kristal lembut yang dapat larut kembali ketika konsentrasi masakan turun. Selanjutnya larutan dibagi menjadi 2 bagian sama besar ke dalam pan masakan A2.

2) Masakan A2

Pada masing-masing pan A2 ditambahkan nira kental. Pada masing-masing pan dilakukan proses pemasakan hingga mendapatkan ukuran kristal yang diinginkan. Selanjutnya masakan A2 dibagi menjadi 2 bagian dan dimasukkan ke dalam pan masakan A1.

3) Masakan A1

Pada pan masakan A1, larutan ditambahkan nira kental. Pada masing-masing pan dilakukan proses pemasakan hingga mendapatkan ukuran kristal standar yaitu 0,9-1 mm dengan nilai HK 80-81. Selanjutnya masakan A1 siap diturunkan ke palung A untuk didinginkan selama 1 jam dan dilakukan proses kristalisasi lebih lanjut.

b. Masakan C

Masakan C merupakan jenis masakan yang akan digunakan sebagai bibitan untuk masakan A. Proses pembuatan masakan C adalah dengan memasukkan nira kental dan *stroop* A ke dalam pan masakan C. Kemudian dikentalkan sampai mencapai benangan 4 cm. Selanjutnya ditambahkan lagi nira kental untuk menghilangkan kristal palsu. Selanjutnya masakan C siap diturunkan ke palung C

<sup>8</sup> Kondisi metamantab dimana larutan tidak membentuk kristal sendiri tetapi molekul sakarosa dapat menempel pada gula yang telah ada.

untuk didinginkan selama 2 jam. Larutan yang dihasilkan akan dialirkan ke stasiun putaran. Gula C mempunyai ukuran kristal 0,5 mm dengan nilai HK 70-74.

#### c. Masakan D

Masakan D merupakan jenis masakan yang akan digunakan sebagai bibitan untuk masakan A. Terdapat 2 jenis masakan D yaitu masakan D2 dan D1. Berikut ini adalah tahapan pemasakannya.

##### 1) Masakan D2

Proses pembuatan masakan D2 adalah dengan memasukkan nira kental dan *stroop* A ke dalam pan masakan D. Kemudian dikentalkan sampai mencapai benangan 4 cm. Kemudian ditambahkan fondan atau bibit gula. Tujuan penambahan fondan adalah agar sakarosa yang terdapat dalam larutan dapat menempel pada bibit gula. Kemudian ditambahkan lagi nira kental untuk menghilangkan kristal palsu dan dipekatkan. Selanjutnya larutan dibagi menjadi 2 bagian dan dimasukkan dalam pan D1.

##### 2) Masakan D1

Pada pan D1 ditambahkan *stroop* C dan klare D. Kemudian larutan dipekatkan hingga mencapai ukuran kristal 0,5 mm dengan nilai HK 55-60. Selanjutnya larutan diturunkan ke palung D untuk mengalami proses pendinginan selama 12 jam dan kristalisasi lebih lanjut. Pendinginan ini bertujuan untuk memperbesar kristal gula, larutan yang melapisi berkurang, dan diperoleh HK tetes yang kecil.

Kendala di stasiun masakan adalah mengenai waktu produksi dari masakan D. Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk masakan D adalah 3,52 jam. Sedangkan waktu produksi ditetapkan oleh perusahaan adalah 2 jam. Waktu aktual proses masakan D lebih lama 1,52 jam. Adapun faktor yang menyebabkan adalah adanya kotoran yang terdapat dalam bahan sehingga mengakibatkan turunnya nilai kemurnian, sehingga kecepatan proses kristalisasi menurun. Selain itu, tingkat kejenuhan larutan lebih rendah. Kejenuhan larutan dapat dilihat dari penempelan larutan pada inti kristal. Semakin cepat proses penempelan larutan pada inti kristal, maka proses masakan akan lebih cepat. Berikut ini adalah gambar pengontrolan tingkat kejenuhan larutan pada proses masakan.



Gambar 7. Pengontrolan Kejenuhan Larutan pada Proses Masakan

Sedangkan rata-rata lama waktu masakan A adalah 4,64 jam. Waktu produksi masakan A masih dalam taraf normal, karena waktu yang ditetapkan perusahaan untuk masakan A adalah 4 jam. Rata-rata waktu masakan C adalah 1,72 jam. Waktu produksi masakan C juga masih dalam taraf normal, karena waktu yang ditetapkan perusahaan untuk masakan C adalah 2 jam.

#### 5. Stasiun putaran

Pada stasiun putaran terjadi proses pemisahan kristal gula dari larutannya. PG Djombang Baru menggunakan 2 jenis putaran yaitu putaran LGF (*Low Grade Centrifugal*) dan HGF (*High Grade Centrifugal*). Putaran LGF digunakan untuk khusus untuk masakan C dan D. Sedangkan putaran HGF digunakan untuk hasil masakan A. Adapun proses putarannya sebagai berikut.

##### a. Putaran LGF

###### 1) Putaran C

Masakan C dari palung pendingin dipompa ke *mixer* bagian atas putaran LGF, lalu diputar dengan kecepatan putar 2.100 rpm. Pada proses putaran akan menghasilkan gula C dan *stroop* C. Gula C turun ke *mixer* C bagian bawah untuk ditambahkan air. Gula C menjadi magma C yang digunakan untuk bibitan masakan gula A4. Sedangkan *stroop* C dipompa menuju peti *stroop* C untuk digunakan untuk bahan masakan gula D1.

###### 2) Putaran D

Masakan D dari palung pendingin dipompa ke *mixer* D1 bagian atas, lalu turun ke putaran D1 dan akan menghasilkan gula D1 dan tetes. Gula D1 turun ke *mixer* D1 bagian bawah. Sedangkan tetesnya ditampung di peti penampungan tetes. Pada *mixer* D1 bagian bawah, gula ditambahkan air untuk dijadikan magma D1.

Kemudian magma dipompa menuju *mixer* D2 bagian atas dan diputar pada putaran D2. Tujuannya adalah untuk memisahkan gula D2 dengan klare D. Gula D2 turun ke *mixer* D2 bagian bawah, sedangkan klare D ditampung pada peti penampung klare D untuk dijadikan bahan masakan D1. Pada *mixer* D2 bagian bawah, gula D2 ditambahkan air menjadi magma D2. Magma D2 dipompa menuju peti bibitan D2. Kendala di putaran LGF sangat minim, karena jumlah mesin sudah sesuai dengan kebutuhan. Adapun jumlah mesin putaran C adalah 2 unit. Sedangkan jumlah mesin putaran D adalah 5 unit.

#### b. Putaran HGF

Masakan A dari palung pendingin dipompa menuju *mixer* bagian atas putaran HGF, kemudian menuju putaran pertama untuk memisahkan gula A dan *stroop* A. Kecepatan putarannya adalah 970 rpm. Pada proses putaran dilakukan penyemprotan air dengan suhu 60-70°C. Tujuannya adalah untuk memudahkan proses pemisahan gula A dan *stroop* A. Gula A dimasukkan dalam *mixer* bagian bawah untuk diputar lagi pada putaran kedua. Sedangkan *stroop* A dipompa menuju peti penampungan pada stasiun masakan untuk digunakan sebagai bahan masakan gula C dan D2.

Pemutaran kedua ini bertujuan untuk memisahkan gula SHS dan klare SHS. Gula dalam putaran ini selain disemprot dengan air juga diberi uap *steam* dengan suhu 40-45°C yang berfungsi untuk pengeringan, memutihkan warna dan membantu lepasnya klare SHS. Klare SHS yang dihasilkan dipompa menuju tangki sulfiter nira kental untuk digunakan sebagai bahan masakan A. Sedangkan gula SHS menuju talang getar (*grass hopper*).

Kendala yang dihadapi di stasiun putaran HGF adalah kualitas gula fluktuatif dengan kadar air 0,09%. Selain itu, waktu per siklusnya tinggi yaitu 3 menit/siklus. Hal tersebut dikarenakan proses putaran melalui 2 tahap.

#### 6. Stasiun penyelesaian

Stasiun penyelesaian merupakan tahap akhir dari seluruh proses rangkaian proses pengolahan gula. Tujuannya adalah untuk menghasilkan gula kering, kristalisasi gula rata, serta warna gula yang putih sebelum dimasukkan ke dalam gudang penyimpanan. Adapun proses penyelesaiannya adalah sebagai berikut.

Gula yang berasal dari stasiun putaran masih dalam keadaan basah sehingga harus dikeringkan pada *sugar dryer*. Selanjutnya gula akan diangkut oleh *bucket elevator* menuju *sugar screen*. Pada tahap ini terjadi proses pemisahan antara gula kasar, gula halus, serta gula produk sebelum penimbangan. Gula kasar dan gula halus dibawa ke *remelt tank* untuk dilebur dan dibawa kembali ke stasiun masakan. Sementara gula produk dibawa ke *sugar conveyor* menuju penimbangan gula melalui *magnet separator*. *Magnet separator* ini berfungsi sebagai alat untuk menyeleksi logam-logam yang terikut dalam gula produk. Setelah bersih, gula ditampung pada *sugar bin* dan siap untuk ditimbang, dikemas dalam karung ukuran 50 kg.

### 5.1.7 Penggunaan Utilitas

Proses produksi gula di PG Djombang Baru menggunakan beberapa fasilitas penunjang (utilitas). Penggunaan utilitas tergantung pada jam kerja mesin dan volume kegiatan. Berikut ini adalah utilitas yang digunakan di PG Djombang Baru.

#### 1. Air

Macam-macam air yang digunakan untuk proses produksi gula adalah air permukaan, air bawah tanah, dan air kondensat. Air permukaan diperoleh dari Sungai Gude. Pada proses produksi gula air permukaan digunakan untuk keperluan injeksi kondensor mesin badan penguap, *vacuum pan*, *rotary vacuum filter*, dan air pendingin palung. Sementara air bawah tanah digunakan untuk air pengencer gula, pendingin metal gilingan, sekrapan juice heater, dan sekrapan badan penguap. Sementara air kondensat digunakan untuk air pengisi ketel, air pencuci masakan dan putaran.

#### 2. Uap

Macam-macam uap yang digunakan untuk proses produksi gula adalah uap baru dan uap bekas. Uap baru diperoleh dari ketel uap, sedangkan uap bekas diperoleh dari proses gilingan. Uap baru digunakan untuk menggerakkan mesin uap di stasiun gilingan, untuk proses di stasiun putaran dan penyelesaian, serta untuk kebutuhan lain-lain, seperti sanitasi gilingan dan <sup>9</sup>krengsengan di semua

<sup>9</sup> Krengsengan digunakan untuk membersihkan sisa-sisa bahan yang tertinggal dalam mesin.

stasiun. Sementara uap bekas digunakan untuk pemanas di *tubular juice heater* 1 dan 2, pemanas di badan penguap, dan pemanas pada proses masakan A, C, D.

### 3. Listrik

Tenaga listrik berasal dari turbin alternator. Tenaga listrik digunakan untuk proses produksi di stasiun gilingan, pemurnian, penguapan, masakan, putaran, dan penyelesaian. Pada stasiun gilingan, listrik digunakan untuk menggerakkan *cane crane*, meja tebu, *cane cutter*, *hammer shredder*, dan mesin uap. Pada stasiun pemurnian, listrik digunakan untuk menggerakkan pompa *centrifugal* dan motor penggerak. Pada stasiun penguapan, listrik digunakan untuk menggerakkan pompa *centrifugal*. Pada stasiun masakan, listrik digunakan untuk menggerakkan pompa roda. Pada stasiun putaran, listrik digunakan untuk menggerakkan pompa roda gigi dan motor penggerak. Pada stasiun penyelesaian, listrik digunakan untuk motor penggerak *sugar screen* dan *sugar conveyor*.

## 5.2 Hasil

Pada subbab ini akan dijelaskan hasil penelitian mengenai jaringan kerja proses produksi gula. Hasil penelitian terdiri dari hasil analisis percepatan waktu penyelesaian produksi dan total biaya langsung, dan hasil analisis percepatan waktu penyelesaian dan total biaya produksi. Hasil analisis percepatan waktu penyelesaian produksi dan total biaya langsung terdiri dari identifikasi aktivitas produksi gula; identifikasi mesin dan peralatan proses produksi gula; penentuan volume dan waktu produksi, penyusunan jaringan kerja; penentuan total biaya produksi pada kondisi normal; penentuan jalur kritis; dan percepatan waktu berdasarkan biaya langsung. Sementara hasil analisis percepatan waktu penyelesaian dan total biaya produksi merupakan hasil analisis kombinasi percepatan waktu produksi dengan total biaya produksi.

### 5.2.1 Analisis Percepatan Waktu Penyelesaian Produksi dan Total Biaya Langsung

Analisis percepatan waktu penyelesaian produksi dilakukan untuk mengetahui dampaknya terhadap total biaya langsung. Adapun hasil analisisnya adalah sebagai berikut.

#### 1. Identifikasi aktivitas produksi gula

Sebelum menyusun jaringan kerja, langkah awal yang dilakukan adalah mengidentifikasi ruang lingkup proses produksi gula dan menguraikannya menjadi komponen-komponen kegiatan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kegiatan-kegiatan apa saja yang merupakan bagian atau komponen dari proses produksi gula, yang dapat dibedakan satu dengan lainnya. Ruang lingkup proses produksi gula di PG Djombang Baru dibedakan berdasarkan stasiun kerjanya, diantaranya adalah stasiun gilingan, pemurnian, penguapan, masakan, putaran, dan penyelesaian. Berdasarkan ruang lingkup tersebut, proses produksi gula diuraikan menjadi beberapa komponen. Adapun komponen-komponen dari proses produksi gula dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Komponen-Komponen Aktivitas Produksi Gula

No	Stasiun	Komponen Aktivitas
1	Gilingan	Pemerahan batang tebu
2	Pemurnian	Pemanasan pendahuluan I
3		Proses defekasi
4		Proses sulfitasi
5		Pemanasan pendahuluan II
6		Proses pemisahan nira jernih dengan nira kotor
7		Penguapan
8	Masakan dan Putaran	Masakan C
9		Proses pendinginan di Palung C
10		Putaran C LGF ( <i>Low Grade Centrifugal</i> )
11		Masakan D
12		Proses pendinginan di Palung D
13		Putaran D1 LGF ( <i>Low Grade Centrifuga l</i> )
14		Putaran D2 LGF ( <i>Low Grade Centrifugal</i> )
15		Masakan A
16		Proses pendinginan di Palung A
17	Putaran HGF ( <i>High Grade Centrifugal</i> )	
18	Penyelesaian	Pengeringan di <i>Sugar Dryer</i>
19		Penimbangan di <i>Weighing Machine</i>

Sumber: PG Djombang Baru, 2014.

Berdasarkan data pada Tabel 5, proses produksi gula terdiri dari 19 komponen aktivitas. Pada stasiun gilingan terdiri dari 1 aktivitas yaitu proses pemerahan batang tebu. Selanjutnya pada stasiun pemurnian terdiri dari 5 aktivitas, diantaranya adalah proses pemanasan pendahuluan I, proses defekasi, proses sulfitasi, proses pemanasan pendahuluan II, dan proses pemisahan nira bersih dengan nira kotor. Pada stasiun penguapan terdiri dari 1 aktivitas yaitu proses penguapan di badan penguap. Pada stasiun masakan dan putaran terdiri dari 9 aktivitas yaitu proses masakan C, proses pendinginan di palung C, proses putaran LGF C, proses masakan D, proses pendinginan di palung D, proses putaran LGF D1, proses putaran LGF D2, proses masakan A, proses pendinginan di palung A, dan proses putaran HGF. Pada stasiun penyelesaian terdapat 2 aktivitas yaitu proses pengeringan di *sugar dryer* dan penimbangan di *weighing machine*.

## 2. Penyusunan urutan kegiatan dan jaringan kerja produksi gula

Penyusunan urutan kegiatan proses produksi gula dilakukan dengan dasar logika ketergantungan antar aktivitas. Jenis ketergantungan yang digunakan adalah ketergantungan alamiah. Hal tersebut dikarenakan secara teknis memang demikian urutan dari proses produksi gula. Berikut ini disajikan urutan kegiatan proses produksi gula.

Tabel 6. Urutan Kegiatan Proses Produksi Gula

Kode Aktivitas	Stasiun	Aktivitas	Aktivitas Pendahulu
1	Gilingan	Pemerahan batang tebu	-
2	Pemurnian	Pemanasan pendahuluan I	1
3		Proses defekasi	2
4		Proses sulfitasi	3
5		Pemanasan pendahuluan II	4
6		Proses pemisahan nira jernih dengan nira kotor	5
7	Penguapan	Penguapan di Badan Penguapan	6
8	Masakan dan Putaran	Masakan C	7
9		Proses pendinginan di Palung C	8
10		Putaran C LGF	9
11		Masakan D	7, 10
12		Proses pendinginan di Palung D	11
13		Putaran D1 LGF	12

Tabel 6. (Lanjutan)

Kode Aktivitas	Stasiun	Aktivitas	Aktivitas Pendahulu
14		Putaran D2 LGF	13
15		Masakan A	7, 10, 14
16		Proses pendinginan di Palung A	15
17		Putaran HGF	16
18	Penyelesaian	Pengeringan di <i>Sugar Dryer</i>	17
19		Penimbangan di <i>Weighing Machine</i>	18

Sumber: PG Djombang Baru, 2014.

Berdasarkan Tabel 6 dapat diketahui bahwa proses pemerahan batang tebu (aktivitas 1) merupakan aktivitas pendahulu langsung dari proses pemanasan pendahuluan I (aktivitas 2). Aktivitas 7 dan 10 (proses penguapan dan proses putaran LGF C) juga harus dilakukan sebelum memulai aktivitas 11 yakni masakan D. Begitu pula pada aktivitas 15 yaitu masakan A. masakan A tidak dapat dimulai jika proses penguapan (aktivitas 7), putaran C (aktivitas 10), dan putaran LGF D (aktivitas 14) belum selesai dilakukan. Bila kegiatan-kegiatan tersebut disusun menjadi jaringan kerja, maka akan terlihat seperti pada Lampiran 4. Pendekatan yang digunakan dalam menyusun jaringan kerja proses produksi gula adalah pendekatan dengan aktivitas pada titik (AON).

### 3. Identifikasi mesin dan peralatan produksi

Mesin dan peralatan merupakan salah satu faktor penting dalam proses produksi gula. Hal tersebut dikarenakan sumber daya mesin dan peralatan berperan sebagai fasilitator terselenggaranya proses produksi. Menurut Hutahaean (2006), hal terpenting dalam proses produksi adalah mengetahui beban kerja dari suatu mesin. Identifikasi mesin dan peralatan produksi digunakan sebagai dasar perhitungan waktu produksi gula. Mesin yang digunakan dalam proses produksi gula di PG Djombang Baru terbagi menjadi beberapa kelompok berdasarkan jenis prosesnya. Adapun spesifikasi mesin ditampilkan pada Tabel 7, sedangkan gambar dari mesin-mesin produksi dapat dilihat pada Lampiran 3.

Tabel 7. Spesifikasi Mesin Produksi Gula PG Djombang Baru

Stasiun	Mesin dan Peralatan	Spesifikasi	Jumlah (buah)	
Gilingan	Gilingan	Rata-rata giling : 125,35 ton/jam	5	
Pemurnian	<i>Tubular juice heater</i>	Kapasitas : 3,298 ton	4	
		<i>Rate time</i> : 5 menit		
	TJH 1	<i>Rate time</i> : 10 menit	2	
		TJH 2		
	Defekator	Kapasitas : 0,944 ton <i>Rate time</i> : 3,3 menit	2	
Sulf reaktor	Kapasitas : 2,8 ton <i>Rate time</i> : 5,4 menit	1		
Penguapan	Clarifier	Kapasitas : 30,9 ton	1	
		<i>Rate time</i> : 2 jam		
Masakan	Badan penguap	Kapasitas : 88,94 ton/jam	5	
	Pan masakan A	Kapasitas : 34,86 ton	5	
	Pan masakan C	Kapasitas : 31,84 ton	1	
	Pan masakan D	Kapasitas : 32,71 ton	2	
	Palung pendingin A	Kapasitas : 34,86 ton	4	
	Palung pendingin C	Kapasitas : 31,84 ton	2	
	Palung pendingin D	Kapasitas : 32,71 ton	7	
	Putaran	Putaran HGF <i>double curing</i>	Kapasitas : 0,4 ton/putaran	4
<i>Rate time</i> : 3 menit/putaran				
Kecepatan : 970 rpm				
Penyelesaian	Putaran LGF C	Kapasitas : 0,4 ton/jam	2	
		Putaran LGF D1	Kapasitas : 0,4 ton/jam	3
		Putaran LGF D2	Kapasitas : 0,4 ton/jam	2
		<i>Sugar dryer</i>	Kapasitas : 15 ton/jam	1
<i>Weighing machine</i>	Kapasitas : 7,5 ton/jam			

Sumber: PG Djombang Baru, 2014.

Gilingan berfungsi untuk memisahkan atau menganbil nira dalam batang tebu dengan cara penekanan dan pemerahan. Proses dari penggilingan ini diharapkan dapat memperoleh nira secara maksimal dan meminimalisir kandungan nira dalam ampas. Pada stasiun pemurnian terdapat *tubular juice heater*, defekator, sulf reaktor, dan clarifier. *Tubular juice heater* berfungsi sebagai alat pemanas pendahuluan I dan II. Defekator digunakan selama proses penambahan susu kapur. Sulf reaktor digunakan untuk mereaksikan nira hasil defekasi dengan gas belerang. Clarifier berfungsi sebagai tangki pemisah antara nira jernih dengan nira kotor. Pada stasiun penguapan terdapat 5 unit badan penguap yang berfungsi untuk proses produksi nira kental. Pada stasiun masakan terdapat pan masakan dan palung pendingin. Pan masakan berfungsi sebagai

tempat berlangsungnya proses masakan. Sementara palung pendingin berfungsi untuk menampung dan mendinginkan masakan sebelum proses lebih lanjut.

Selanjutnya peralatan yang terdapat di stasiun putaran diantaranya adalah Putaran HGF *double curing* dan putaran LGF. Putaran HGF digunakan untuk memisahkan kristal gula A dengan larutannya, sedangkan putaran LGF digunakan untuk memisahkan kristal gula C dan D dari larutannya. Sementara itu, pada stasiun penyelesaian terdapat *sugar dryer* dan *weighing machine*. *Sugar dryer* ini berfungsi untuk mengeringkan gula kristal putih sebelum dilakukan pengemasan. Sedangkan *weighing machine* merupakan alat yang digunakan untuk mengemas gula kristal putih ke dalam kemasan.

Tabel 8. Spesifikasi Mesin Baru

Stasiun	Mesin dan Peralatan	Spesifikasi	Jumlah (buah)
Masakan	<i>Continuous vacuum pan</i> masakan D	Kapasitas : 15 ton/jam	1
Putaran	Putaran HGF <i>single curing</i>	Kapasitas : 1,75 ton/putaran Rate time : 2 menit/putaran Kecepatan : 1.140 rpm	1

Sumber: PG Djombang Baru, 2015.

Berdasarkan Tabel 8, dapat dilihat bahwa terdapat 2 jenis mesin baru yang akan digunakan yaitu *continuous vacuum pan* D yang digunakan untuk proses masakan D dan mesin putaran HGF *single curing* untuk proses pemisahan kristal gula A dengan larutannya. Kedua mesin ini merupakan mesin yang berasal dari India. Adapun keunggulan dari *continuous vacuum pan* D adalah sistem operasionalnya otomatis dan waktu masakan lebih cepat yaitu 15 ton/jam. Sedangkan jika dibandingkan dengan pan masakan yang lama sistem operasional masih manual dan waktu masakan lebih lama yaitu 3,52 jam per 26,76 ton masakan D.

Sementara keunggulan mesin putaran HGF *single curing* adalah waktu per siklusnya lebih rendah yaitu 2 menit/siklus. Sedangkan mesin putaran HGF *double curing* waktu per siklusnya adalah 3 menit/siklus. Proses putaran HGF *single curing* hanya terjadi dalam satu tahap. Sedangkan proses putaran HGF *double curing* melalui dua tahap. Selain itu, kapasitas putaran mesin HGF *single curing* lebih besar, yaitu 1,75 ton/siklus. Sedangkan kapasitas putaran *double curing* hanya 0,4 ton/siklus. Kecepatan putaran mesin putaran HGF *single curing*

adalah 1.140 rpm. Sedangkan kecepatan mesin putaran HGF *double curing* adalah 970 rpm. Berikut ini adalah gambar dari pan masakan D lama, *continuous vacuum pan* D, mesin putaran HGF *double curing* dan HGF *single curing*.



Gambar 8. Pan Batch Masakan D



Gambar 9. *Continuous Vacuum Pan* Masakan D (Shrijee Cotton Mills Limited, 2014)



Gambar 10. Mesin Putaran HGF *Double Curing*



Gambar 11. Mesin Putaran HGF *Single Curing* (Thyssenkrupp Industries India Private Limited, 2014)

#### 4. Identifikasi volume dan waktu produksi

Pada penelitian ini penentuan waktu produksi didasarkan pada volume produksi dan kapasitas mesin produksi. Volume dan waktu dalam satu siklus produksi menggunakan data rata-rata volume masakan A, C, dan D pada tanggal 2 Agustus sampai 1 Oktober 2014. Berikut ini adalah volume rata-rata masakan A, C, D dalam kurun waktu 2 bulan.

Tabel 9. Rata-rata Volume dan Waktu Produksi Masakan A, C, D 2 Agustus-1 Oktober 2014

Jenis Masakan	HK	Rata-rata	
		Volume (Ton)	Waktu (Jam)
Masakan A	78.82	31.81	4.64
Masakan C	71.44	26.05	1.72
Masakan D	62.98	26.76	3.52

Sumber: PG Djombang Baru diolah, 2014.

Berdasarkan data pada Tabel 9, proses masakan paling lama adalah pada jenis masakan A dengan rata-rata waktu 4,64 jam. Hal tersebut dikarenakan proses pembuatan masakan A membutuhkan 3 tahapan yaitu masakan A4, masakan A2,

dan masakan A1. Sedangkan untuk masakan D membutuhkan 2 tahapan yaitu masakan D1 dan D2. Masakan C hanya membutuhkan 1 tahapan. Selain itu, volume pada jenis masakan A juga lebih besar sehingga waktu masakannya lebih lama. Lama waktu masakan A masih dalam taraf normal, karena waktu yang ditetapkan perusahaan untuk masakan A adalah 4 jam. Waktu masakan C juga masih dalam taraf normal, karena waktu yang ditetapkan perusahaan untuk masakan C adalah 2 jam. Namun, hal tersebut berbeda dengan masakan D, waktu yang dibutuhkan untuk proses masakan lebih lama dari ketetapan perusahaan. Waktu normal untuk proses masakan D adalah 2 jam. Sedangkan rata-rata waktu masakan D dalam kurun waktu 2 bulan tersebut adalah 3,52 jam.

Selanjutnya, data pada Tabel 9 digunakan sebagai dasar untuk menyusun neraca massa pada proses penguapan, masakan, putaran, dan penyelesaian. Berikut ini adalah hasil perhitungan neraca massa di stasiun penguapan, masakan, putaran, dan penyelesaian.

Tabel 10. Neraca Massa Proses Produksi Gula di Stasiun Penguapan, Masakan, Putaran, dan Penyelesaian

Stasiun	Scope Proses	Rata-rata	
		HK	Berat (Ton)
Penguapan	Nira Kental	75.64	25.33
Masakan dan Putaran	Masakan A	78.82	31.81
	Masakan C	71.44	26.05
	Masakan D	62.98	26.76
	Gula A	98.89	16.59
	Gula C	92.64	20.09
	Gula D1	83.68	15.19
	Gula D2	93.89	10.32
	<i>Klare</i> SHS	79.92	0.84
	<i>Stroop</i> A	56.96	17.68
	<i>Stroop</i> C	54.75	5.96
	<i>Klare</i> D	62.05	3.12
	Tetes	35.79	11.57
	Leburan SHS	99.80	0.05
	Magma A	98.89	16.59
Magma D1	83.68	15.19	
Magma D2	93.89	10.32	
Magma C	92.64	20.09	
Penyelesaian	Gula Halus/Kasar	99.00	0.05
	Gula Basah	99.90	15.80
	Gula Kering	99.90	15.80
	Gula SHS/GKP	99.90	15.75

Sumber: PG Djombang Baru diolah, 2014.

Berdasarkan Tabel 10, dapat diketahui bahwa terdapat 22 jenis bahan pada stasiun penguapan, masakan, putaran, dan penyelesaian. Pada stasiun penguapan terdiri dari satu jenis bahan, yaitu nira kental. Nira kental adalah nira dari hasil proses penguapan. Pada stasiun masakan dan putaran terdapat 17 jenis bahan, diantaranya adalah masakan A, masakan C, masakan D, gula A, gula C, gula D1, gula D2, klare SHS, *stroop* A, *stroop* C, klare D, tetes, leburan SHS, magma A, magma D1, magma D2, dan magma C. Pada stasiun penyelesaian terdapat 4 jenis bahan diantaranya gula halus/kasar, gula basah, gula kering, dan gula SHS (*Super High Sugar*) atau GKP (Gula Kristal Putih). Sedangkan untuk menghitung volume produksi pada proses gilingan dan pemurnian menggunakan perbandingan dengan neraca massa perusahaan tahun 2012. Hasil perhitungan neraca massa proses produksi gula dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Neraca Massa di Stasiun Gilingan, Pemurnian dan Penguapan

Stasiun	Scope Proses	Neraca Massa (Ton)	
		Tahun 2012	Tahun 2014
Gilingan	Tebu	119.09	112.73
	Nira Mentah	117.03	110.78
Pemurnian	Nira Mentah belum Terkapur	127.45	120.64
	Nira Mentah Defekasi	129.90	122.96
	Nira Mentah Sulfitasi	130.00	123.05
	Nira Jernih	120.71	114.26
Penguapan	Nira Kental	26.76	25.33

Sumber: PG Djombang Baru diolah, 2014.

Berdasarkan neraca massa tahun 2012, untuk memproduksi 26,76 ton nira kental, maka nira jernih yang dibutuhkan adalah sebanyak 120,71 ton. Sehingga pada tahun 2014, untuk memproduksi 25,33 ton nira kental dibutuhkan 114,26 ton nira jernih. Berdasarkan neraca massa tahun 2012, untuk memproduksi 120,71 ton nira jernih, maka dibutuhkan 130 ton nira mentah sulfitasi. Sehingga pada tahun 2014, untuk memproduksi 114,26 ton nira jernih dibutuhkan 123,05 ton nira mentah sulfitasi. Berdasarkan neraca massa tahun 2012, untuk memproduksi 130 ton nira mentah sulfitasi, maka dibutuhkan 129,90 ton nira mentah defekasi. Sehingga pada tahun 2014, untuk memproduksi 123,05 ton nira mentah sulfitasi dibutuhkan 122,96 ton nira mentah defekasi. Berdasarkan neraca massa tahun 2012, untuk memproduksi 129,90 ton nira mentah defekasi, maka dibutuhkan 127,45 ton nira mentah belum terkapur. Sehingga pada tahun 2014, untuk

memproduksi 122,96 ton nira mentah defekasi dibutuhkan 120,64 ton nira mentah belum terkapur. Berdasarkan neraca massa tahun 2012, untuk memproduksi 127,45 ton nira mentah belum terkapur, maka dibutuhkan 117,03 ton nira mentah. Sehingga pada tahun 2014, untuk memproduksi 120,64 ton nira mentah belum terkapur dibutuhkan 110,78 ton nira mentah. Berdasarkan neraca massa tahun 2012, untuk memproduksi 117,03 ton nira mentah, maka dibutuhkan 119,09 ton tebu. Sehingga pada tahun 2014, untuk memproduksi 110,78 ton nira mentah dibutuhkan 112,73 ton tebu.

Berdasarkan Tabel 11, terjadi penyusutan berat dari bahan baku tebu ke nira mentah dengan persentase 1,73%. Hal ini disebabkan karena tebu memiliki beberapa komponen penyusun bahan, diantaranya adalah ampas tebu dan nira. Pada nira mentah belum terkapur terjadi peningkatan jumlah bahan karena adanya tambahan nira tapis dari hasil penyaringan nira kotor di *clarifier*. Persentase peningkatan bahan adalah sebesar 8,18%. Pada tahap defekasi terjadi pertambahan berat dengan persentase sebesar 1,89%. Hal tersebut dikarenakan adanya penambahan susu kapur. Pada tahap sulfitasi terjadi pertambahan berat karena adanya penambahan gas belerang. Persentase pertambahan berat dari nira mentah defekasi ke nira mentah sulfitasi adalah 0,08%. Pada nira mentah hasil sulfitasi akan terjadi penyusutan berat bahan karena terjadi proses pemisahan antara nira jernih dengan nira kotor. Sehingga persentase penyusutan berat dari nira mentah sulfitasi ke nira jernih adalah 7,15%. Pada proses penguapan nira jernih menjadi nira kental juga terjadi penyusutan bahan sebesar 77,83%. Hal tersebut dikarenakan terjadi proses penguapan air, sehingga menghasilkan larutan nira kental. Berdasarkan perhitungan neraca massa dan spesifikasi mesin pada Tabel 7, 10 dan 11, maka volume dan waktu produksi dari setiap aktivitas dalam produksi gula adalah sebagai berikut.

Tabel 12. Aktivitas Pendahulu, Volume Produksi, dan Waktu Normal

Kode Aktivitas	Stasiun	Aktivitas	Aktivitas Pendahulu	Volume Produksi (Ton)	Waktu (Jam)
1	Gilingan	Pemerahan batang tebu	-	112.73	0.90
2	Pemurnian	Pemanasan pendahuluan I	1	120.64	1.52
3		Proses defekasi	2	120.64	3.51
4		Proses sulfitasi	3	122.96	3.95

Tabel 12. (Lanjutan)

Kode Aktivitas	Stasiun	Aktivitas	Aktivitas Pendahulu	Volume Produksi (Ton)	Waktu (Jam)
5		Pemanasan pendahuluan II	4	123.05	3.11
6		Proses pemisahan nira jernih dengan nira kotor	5	123.05	7.96
7	Penguapan	Penguapan di Badan Penguapan	6	114.26	1.28
8	Masakan dan	Masakan C	7	26.05	1.72
9	Putaran	Proses pendinginan di Palung C	8	26.05	2.00
10		Putaran C LGF ( <i>Low Grade Centrifugal</i> )	9	26.05	3.26
11		Masakan D	7, 10	26.76	3.52
12		Proses pendinginan di Palung D	11	26.76	12.00
13		Putaran D1 LGF ( <i>Low Grade Centrifugal</i> )	12	26.76	2.23
14		Putaran D2 LGF ( <i>Low Grade Centrifugal</i> )	13	15.19	1.90
15		Masakan A	7, 10, 14	31.81	4.64
16		Proses pendinginan di Palung A	15	31.81	1.00
17		Putaran HGF	16	31.81	1.99
18	Penyelesaian	Pengeringan di <i>Sugar Dryer</i>	17	15.80	1.05
19		Penimbangan di <i>Weighing Machine</i>	18	15.75	2.10
				Jumlah	59.65

Sumber: Data Primer, 2014.

Berdasarkan Tabel 12, proses produksi gula berlangsung selama 59,65 jam atau setara 2,49 hari. Pada stasiun gilingan total waktu yang dibutuhkan adalah 0,90 jam. Selanjutnya, pada stasiun pemurnian total waktu yang dibutuhkan 20,06 jam. Pada stasiun penguapan total waktu yang dibutuhkan adalah 1,28 jam. Pada stasiun masakan dan putaran total waktu yang dibutuhkan adalah 34,25 jam. Pada stasiun penyelesaian total waktu yang dibutuhkan adalah 3,15 jam. Berdasarkan kelima stasiun tersebut, total waktu produksi paling panjang adalah pada stasiun masakan dan putaran yang membutuhkan waktu selama 34,25 jam. Hal tersebut dikarenakan jumlah komponen aktivitasnya paling banyak.

##### 5. Total biaya produksi pada kondisi normal

Analisis total biaya produksi normal digunakan untuk mengetahui besarnya biaya produksi gula dalam satu kali proses pada waktu normal. Pada penelitian ini total biaya produksi gula terdiri dari biaya langsung dan biaya tidak langsung, yang dirinci pada setiap aktivitas produksi. Biaya langsung merupakan total biaya yang terlibat langsung dalam setiap aktivitas produksi gula. Sedangkan biaya tidak langsung meliputi biaya-biaya yang dikeluarkan tanpa bergantung pada

volume produksi yang dilaksanakan, tetapi bergantung pada lamanya waktu produksi. Waktu produksi dalam satu kali proses pada kondisi normal adalah 59,65 jam atau setara 2,49 hari. Rincian biaya langsung setiap aktivitas dan biaya tidak langsung dalam satu kali produksi di PG Djombang Baru dapat dilihat pada Tabel 13 dan Tabel 14.

Tabel 13. Rincian Biaya Langsung Produksi Gula dalam Satu Kali Proses

Kode Aktivitas	Stasiun	Aktivitas	Volume Produksi (Ton)	Waktu (Jam)	Biaya Langsung (Rp)	
1	Gilingan	Pemerahan batang tebu	112.73	0.90	51,723,667	
2	Pemurnian	Pemanasan pendahuluan I	120.64	1.52	36,607	
3		Proses defekasi	122.96	3.51	77,039	
4		Proses sulfitasi	123.05	3.95	604,073	
5		Pemanasan pendahuluan II	123.05	3.11	34,040	
6		Proses pemisahan nira jernih dengan nira kotor	114.26	7.96	272,519	
7		Penguapan	Penguapan di Badan Penguapan	25.33	1.28	1,334,987
8	Masakan dan Putaran	Masakan C	26.05	1.72	72,073	
9		Proses pendinginan di Palung C	26.05	2.00	93,671	
10		Putaran C LGF	20.09	3.26	23,513	
11		Masakan D	26.76	3.52	133,570	
12		Proses pendinginan di Palung D	26.76	12.00	435,403	
13		Putaran D1 LGF	15.19	2.23	29,514	
14		Putaran D2 LGF	10.32	1.90	19,527	
15		Masakan A	31.81	4.64	96,898	
16		Proses pendinginan di Palung A	31.81	1.00	66,158	
17		Putaran HGF	15.80	1.99	1,032,669	
18		Penyelesaian	Pengeringan di <i>Sugar Dryer</i>	15.80	1.05	5,068
19			Penimbangan di <i>Weighing Machine</i>	15.75	2.10	1,272,979
			Jumlah	59.65	57,363,975	

Sumber: Data Primer, 2014.

Berdasarkan Tabel 13 diketahui bahwa besarnya biaya langsung produksi gula dalam satu kali proses terdiri dari biaya dari masing-masing aktivitas produksi. Biaya tersebut diantaranya adalah biaya pada aktivitas di stasiun gilingan, pemurnian, penguapan, masakan dan putaran, dan penyelesaian. Besarnya total biaya langsung dari kegiatan produksi gula dalam satu kali proses adalah sebesar Rp 57.363.975,-. Biaya langsung terbesar berada pada stasiun gilingan, yaitu sebesar Rp 51.723.667,-. Sedangkan biaya terendah terdapat pada stasiun pemurnian, yaitu sebesar Rp 1.024.278,-. Rincian perhitungan biaya langsung setiap aktivitasnya dapat dilihat pada Lampiran 9.

Tabel 14. Rincian Biaya Tidak langsung dalam Satu Kali Proses Produksi Gula

No.	Jenis Karyawan	Jumlah (HOK)	Upah per Jam (Rp)	Nilai (Rp)
1	Karyawan tetap (manajerial) Pengolahan	44.74	13,889	621,330
2	Karyawan tetap (manajerial) Instalasi	52.19	13,889	724,885
3	Karyawan tetap (manajerial) <i>Quality Control</i>	22.37	13,889	310,665
4	PKWT Pengolahan	1,319.70	2,083	2,749,384
5	PKWT <i>Quality Control</i>	432.45	2,083	900,928
6	PKWT Instalasi	1073.66	2,083	2,236,787
7	<i>Outsourcing</i> Instalasi	111.84	2,083	232,999
			Total	7,776,977

Sumber: PG Djombang Baru diolah, 2014.

Biaya tidak langsung dalam proses produksi gula terdiri dari biaya tenaga kerja musim giling dan biaya tenaga manajerial pada bagian pengolahan, *quality control*, instalasi. Pada Tabel 14 biaya tidak langsung tersebut merupakan biaya yang dikeluarkan perusahaan dalam satu kali proses. Produksi gula dalam satu proses berlangsung selama 59,65 jam. Jumlah karyawan tetap bagian pengolahan, instalasi, dan *quality control* berturut-turut adalah 6, 7, dan 3 orang. Sementara jumlah karyawan perjanjian kerja waktu tertentu (PKWT) bagian pengolahan sebanyak 177 orang, bagian *quality control* sebanyak 58 orang, bagian instalasi sebanyak 144 orang, serta karyawan *outsourcing* instalasi sebanyak 15 orang. Upah dari masing-masing karyawan dibedakan berdasarkan jenisnya. Gaji pokok untuk karyawan tetap PG Djombang Baru adalah Rp 10.000.000,- per bulan dengan jam kerja 8 jam per hari. Upah karyawan PKWT adalah Rp 1.500.000,- per bulan dengan jam kerja 8 jam per hari. Sehingga jumlah karyawan tetap yang diperlukan untuk memproduksi gula dalam satu kali proses setara dengan 119,30 HOK atau Rp 1.656.879,-/proses produksi. Sementara jumlah karyawan PKWT yang diperlukan untuk memproduksi gula dalam satu kali proses setara dengan 2.825,81 HOK atau Rp 5.887.099,-/proses produksi. Jumlah karyawan *outsourcing* instalasi yang diperlukan untuk memproduksi gula dalam satu kali proses setara dengan 111,84 HOK atau Rp 232.999,-/proses produksi. Total biaya tidak langsung proses produksi gula dalam kurun waktu 59,65 jam adalah Rp

7.776.977,-. Berdasarkan total biaya langsung dan tidak langsung, maka total biaya produksi pada waktu normal adalah Rp 65.140.952,-.

#### 6. Penentuan jalur kritis

Jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis yang dimulai dari kegiatan pertama sampai terakhir proyek (Soeharto, 1997). Analisis jalur kritis digunakan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk memproduksi gula dalam satu kali produksi. Pada jalur kritis terletak kegiatan-kegiatan yang apabila pelaksanaannya terlambat atau terkendala, maka akan mengakibatkan keterlambatan produksi secara keseluruhan. Jalur kritis dihitung dengan menggunakan dua waktu awal dan dua waktu akhir yang berbeda untuk setiap aktivitasnya. Dua waktu awal tersebut adalah *early start* (ES) dan *early finish* (EF). Heizer dan Render (2009) menyatakan bahwa ES merupakan waktu paling awal suatu aktivitas dimulai, sedangkan EF merupakan waktu paling awal suatu aktivitas dapat selesai. Sementara dua waktu akhir adalah *latest start* (LS) dan *latest finish* (LF). LS merupakan waktu terakhir suatu aktivitas dapat dimulai, sehingga tidak menunda waktu penyelesaian produksi keseluruhan. Sedangkan LF merupakan waktu terakhir suatu aktivitas dapat selesai, sehingga tidak menunda waktu penyelesaian produksi keseluruhan. Berikut ini adalah hasil identifikasi jalur kritis pada proses produksi gula.

Tabel 15. Identifikasi Aktivitas Kritis

Kode Aktivitas	Stasiun	Aktivitas	Aktivitas Pendahulu	Waktu (Jam)	ES	EF	LS	LF	Slack
1	Gilingan	Pemerahan batang tebu	-	0.90	0	0.90	0	0.90	0
2	Pemurnian	Pemanasan pendahuluan I	1	1.52	0.90	2.42	0.90	2.42	0
3		Proses defekasi	2	3.51	2.42	5.94	2.42	5.94	0
4		Proses sulfitasi	3	3.95	5.94	9.89	5.94	9.89	0
5		Pemanasan pendahuluan II	4	3.11	9.89	13.00	9.89	13.00	0
6		Proses pemisahan nira jernih dengan nira kotor	5	7.96	13.00	20.96	13.00	20.96	0
7		Penguapan	Penguapan di Badan Penguapan	6	1.28	20.96	22.25	20.96	22.25
8	Masakan dan Putaran	Masakan C	7	1.72	22.25	23.97	22.25	23.97	0
9		Proses pendinginan di Palung C	8	2.00	23.97	25.97	23.97	25.97	0
10		Putaran C LGF	9	3.26	25.97	29.22	25.97	29.22	0
11		Masakan D	7, 10	3.52	29.22	32.74	29.22	32.74	0
12		Proses pendinginan di Palung D	11	12.00	32.74	44.74	32.74	44.74	0

Tabel 15. (Lanjutan)

Kode Aktivitas	Stasiun	Aktivitas	Aktivitas Pendahulu	Waktu (Jam)	ES	EF	LS	LF	Slack
13		Putaran D1 LGF	12	2.23	44.74	46.97	44.74	46.97	0
14		Putaran D2 LGF	13	1.90	46.97	48.87	46.97	48.87	0
15		Masakan A	7, 10, 14	4.64	48.87	53.51	48.87	53.51	0
16		Proses pendinginan di Palung A	15	1.00	53.51	54.51	53.51	54.51	0
17		Putaran HGF	16	1.99	54.51	56.49	54.51	56.49	0
18	Penyelesaian	Pengeringan di Sugar Dryer	17	1.05	56.49	57.55	56.49	57.55	0
19		Penimbangan di Weighing Machine	18	2.10	57.55	59.65	57.55	59.65	0

Sumber: Data Primer, 2014.

Jalur kritis ditunjukkan dari aktivitas yang memiliki nilai *slack* sama dengan nol. Berdasarkan Tabel 15 semua aktivitas merupakan jalur kritis. Jalur tersebut adalah 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19, dengan total waktu 59,65 jam atau setara 2,49 hari. Jadi, waktu terpanjang yang dibutuhkan untuk memproduksi gula dalam satu siklus adalah 59,65 jam atau setara 2,49 hari.

#### 7. Percepatan waktu aktivitas produksi berdasarkan biaya langsung

##### a. Percepatan waktu aktivitas

Percepatan waktu dapat dilakukan pada aktivitas-aktivitas yang berada pada jalur kritis, dengan syarat aktivitas tersebut bila dipercepat tidak mengakibatkan perubahan jalur kritis. Pada penelitian ini percepatan hanya dilakukan pada 3 aktivitas, yaitu pada pemerahan batang tebu (aktivitas 1) pada stasiun gilingan, masakan D (aktivitas 11), dan putaran HGF (aktivitas 17). Adapun alasan dari pemilihan ketiga aktivitas tersebut adalah:

- 1) Rata-rata jam giling pabrik masih belum maksimal yakni 19,39 jam per hari. Padahal pabrik masih mampu untuk bekerja melebihi rata-rata jam giling yakni 23,50 jam per hari. Berdasarkan kondisi tersebut maka dibutuhkan peningkatan jam giling pabrik sebesar 4,11 jam per hari. Peningkatan jam giling pabrik dilakukan dengan meningkatkan zat kering ampas > 50% dan memperlebar pengumpan ampas *donnelly chute*.
- 2) Pada proses pembuatan bibitan gula D membutuhkan waktu yang panjang, terutama pada proses pendinginan masakan. Proses pendinginan masakan D membutuhkan waktu 12 jam. Sehingga dibutuhkan proses masakan yang lebih cepat untuk menyediakan bibitan gula D yang cukup banyak. Percepatan waktu dilakukan dengan menambah satu mesin baru *continuous vacuum pan D*.

3) Pada proses putaran HGF menggunakan dua kali proses putaran sehingga membutuhkan waktu yang lama. Percepatan waktu dilakukan dengan menambah satu mesin baru yaitu HGF *single curing*.

Penentuan percepatan waktu dilakukan dengan menghitung produktivitas per jam pada kondisi normal dan produktivitas setelah dilakukan penambahan jam giling dan mesin. Selanjutnya dilakukan dengan menentukan waktu percepatannya. Berikut ini adalah hasil perhitungan produktivitas dan percepatan waktu produksi gula dalam satu kali proses. Adapun perhitungan percepatan waktu berdasarkan produktivitas aktivitas terdapat pada Lampiran 10.

Tabel 16. Perbandingan Waktu dan Produktivitas pada Kondisi Normal dan Percepatan

Kode Aktivitas	Stasiun	Aktivitas	Volume Produksi (Ton)	Produktivitas per Jam		Waktu (Jam)	
				Normal	Percepatan	Normal	Percepatan
1	Gilingan	Pemerahan batang tebu	112.73	125.35	136.61	0.90	0.83
11	Masakan dan	Masakan D	26.76	7.61	22.61	3.52	1.18
17	Putaran	Putaran HGF ( <i>High Grade Centrifugal</i> )	31.81	16	68.5	1.99	0.46

Sumber: Data Primer, 2014.

Berdasarkan Tabel 16 produktivitas per jam dari ketiga aktivitas mengalami peningkatan setelah dilakukan penambahan mesin dan perbaikan kinerja giling. Pada aktivitas pemerahan batang tebu, setelah dilakukan penambahan jam giling produktivitas per jamnya meningkat 8,24% dari kondisi awal. Waktu proses pemerahan tebu dalam satu siklus produksi berkurang 7,78% dari waktu normal. Pada proses masakan D, setelah dilakukan penambahan mesin *continous vacuum pan* D, produktivitas per jamnya meningkat 66,34% dengan persentase penurunan waktu masakan 66,48%. Pada proses putaran HGF, setelah dilakukan penambahan mesin putaran HGF *single curing* produktivitas per jamnya meningkat 76,64% dengan persentase penurunan waktu putaran 76,88%.

#### b. Penentuan biaya percepatan

Adanya percepatan waktu produksi gula akan mengakibatkan perubahan biaya langsung. Biaya langsung tersebut diantaranya adalah biaya kebutuhan uap, air, dan listrik. Berikut ini adalah rincian biaya langsung setelah dilakukan percepatan produksi dari aktivitas pemerahan batang tebu, masakan D, dan

putaran HGF. Adapun rincian perhitungan biaya berdasarkan percepatan waktu dapat dilihat di Lampiran 11.

Tabel 17. Rincian Biaya Langsung dengan Waktu Percepatan

Stasiun	Kegiatan	Perincian	Biaya Langsung (Rp)	
			Waktu Normal	Waktu Percepatan
Gilingan	Pemerahan batang tebu	1. Bahan baku	50,726,733	50,726,733
		2. Kebutuhan uap kering	13,616	12,494
		3. Kebutuhan uap baru	902	828
		4. Kebutuhan air	16,000	14,681
		5. Kebutuhan listrik:		
		a. <i>Cane crane</i>	29,192	26,786
		b. Meja tebu	11,267	10,338
		c. <i>Cane cutter</i>	235,586	216,168
		d. <i>Hammer shredder</i>	460,930	422,937
		e. Turbin	229,441	210,529
	<b>Jumlah</b>		<b>51,723,667</b>	<b>51,641,493</b>
Masakan	Masakan D	1. Kebutuhan uap Masakan D	9,109	21,562
		2. Kebutuhan air	4,288	10,143
		3. Kebutuhan listrik	120,173	214,387
		<b>Jumlah</b>	<b>133,570</b>	<b>246,093</b>
Putaran	Putaran HGF ( <i>High Grade Centrifuga l</i> )	1. Kebutuhan uap baru	5,040	4,681
		2. Air pencuci gula HGF	4,008	3,723
		3. Kebutuhan listrik	1,023,621	555,518
	<b>Jumlah</b>		<b>1,032,669</b>	<b>563,921</b>

Sumber: Data Primer, 2014.

Berdasarkan Tabel 17 dapat dilihat bahwa terjadi perubahan biaya langsung setelah dilakukan percepatan waktu. Pada aktivitas pemerahan batang tebu terjadi penurunan biaya langsung sebesar Rp 82.174,-. Pada aktivitas masakan D terjadi peningkatan biaya langsung sebesar Rp 112.523,-. Pada aktivitas putaran HGF terjadi penurunan biaya sebesar Rp 468.748,-. Selisih perubahan biaya terbesar adalah pada aktivitas putaran HGF, yaitu sebesar Rp 468.748,-.

Tabel 18. Daftar Kegiatan dengan Waktu Percepatan, Biaya Percepatan, dan *Slope* Biaya

Kode Aktivitas	Stasiun	Aktivitas	Waktu (Jam)		Biaya Langsung (Rp)		Slope Biaya (Rp)
			Normal	Percepatan	Normal	Percepatan	
1	Gilingan	Pemerahan batang tebu	0.90	0.83	51,723,667	51,641,493	-1,108,582
11	Masakan dan	Masakan D	3.52	1.18	133,570	246,093	48,225
17	Putaran	Putaran HGF	1.99	0.80	1,032,669	563,921	-307,605

Sumber: Data Primer, 2014.

Berdasarkan Tabel 18 dapat ditunjukkan perbandingan antara waktu normal, waktu percepatan, biaya langsung dengan waktu normal, dan biaya langsung dengan waktu percepatan dari aktivitas pemerahan batang tebu, masakan D, dan putaran HGF. Waktu normal aktivitas 1 adalah 0,90 jam dan waktu percepatannya

adalah 0,83 jam. Hal ini berarti untuk menggiling 112,73 ton tebu waktu dapat diperpendek hingga 0,07 jam, jika jam giling pabrik ditambah 0,19 jam dalam satu kali proses produksi. Pada percepatan waktu pemerahan batang tebu terjadi penurunan biaya langsung sebesar Rp 82.174,- dengan *slope* penurunan biaya sebesar Rp 1.108.582,-.

Waktu normal aktivitas 11 adalah 3,52 jam dan waktu percepatannya adalah 1,18 jam. Hal ini berarti waktu proses masakan D sebanyak 26,76 ton dapat berkurang 2,33 jam jika dilakukan penambahan mesin *continuous vacuum pan* D. Biaya tambahan yang dikeluarkan adalah Rp 112.523,- dengan *slope* peningkatan biaya sebesar Rp 48.225,-.

Waktu normal aktivitas 17 adalah 1,99 jam dan waktu percepatannya adalah 0,46 jam. Hal ini berarti proses putaran HGF sebanyak 31,81 ton dapat diperpendek hingga 0,46 jam, jika dilakukan penambahan mesin HGF *single curing*. Pada percepatan waktu putaran HGF terjadi penurunan biaya langsung sebesar Rp 468.748,- dengan *slope* penurunan biaya sebesar Rp 307.605,-.

### **5.2.2 Analisis Kombinasi Percepatan Waktu Penyelesaian Produksi dan Total Biaya Produksi**

Analisis kombinasi percepatan waktu penyelesaian produksi dan perhitungan total biaya dilakukan untuk mengetahui kombinasi antara percepatan waktu penyelesaian produksi dengan total biaya minimum yang dapat mengoptimalkan produksi. Percepatan waktu penyelesaian dalam satu kali proses produksi gula dilakukan pada tiga aktivitas yang berada di lintasan kritis. Ketiga aktivitas tersebut adalah pemerahan batang tebu, proses masakan D, dan proses putaran HGF. Percepatan waktu dimulai dari aktivitas yang memiliki *slope* biaya langsung terendah. Selanjutnya dilakukan perhitungan tambahan biaya langsung akibat percepatan. Setelah itu, dilakukan perhitungan total biaya langsung dengan menjumlahkan total biaya langsung waktu normal dengan tambahan biaya langsung. Selanjutnya melakukan perhitungan total biaya tidak langsung. Total biaya tidak langsung bergantung pada lamanya waktu penyelesaian produksi. Tahap terakhir adalah menentukan waktu percepatan dengan total biaya produksi

paling rendah. Total biaya produksi merupakan hasil penjumlahan dari total biaya langsung dan tidak langsung.

#### 1. Analisis waktu dan biaya produksi pada tahap normal

Berdasarkan Tabel 15, jalur kritis pada waktu normal dari proses produksi gula adalah 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19, dengan total waktu terpanjang 59,65 jam atau setara 2,49 hari. Berdasarkan Tabel 22, dapat diketahui bahwa total biaya langsung pada waktu normal adalah Rp 57.363.975,-. Sedangkan total biaya tidak langsungnya sebesar Rp 7.776.977,-. Sehingga total biaya tidak langsung per jamnya adalah Rp 130.382,-. Total biaya produksi adalah sebesar Rp 65.140.952,-.

#### 2. Analisis waktu dan biaya produksi pada percepatan aktivitas 1

Berdasarkan Tabel 19, jalur kritis pada waktu percepatan aktivitas 1 (putaran HGF) dari proses produksi gula adalah 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19, dengan total waktu terpanjang 59,57 jam atau setara 2,48 hari. Adapun gambar jaringan kerjanya dapat dilihat di Lampiran 6. Berdasarkan Tabel 22, dapat diketahui bahwa terjadi penurunan biaya yang dikeluarkan akibat percepatan yaitu sebesar Rp 82.174,-. Sehingga, total biaya langsung setelah dilakukan percepatan waktu aktivitas 1 adalah Rp 57.281.801,-. Sedangkan total biaya tidak langsungnya sebesar Rp 7.767.313,-. Total biaya produksi adalah sebesar Rp 65.049.114,-.

Tabel 19. Analisis Jalur Kritis Setelah Percepatan Aktivitas 1

Kode Aktivitas	Stasiun	Aktivitas	Aktivitas Pendahulu	Waktu (Jam)	ES	EF	LS	LF	Slack
1	Gilingan	<b>Pemerahan batang tebu</b>	-	<b>0.83</b>	<b>0</b>	<b>0.83</b>	<b>0</b>	<b>0.83</b>	<b>0</b>
2	Pemurnian	Pemanasan pendahuluan I	1	1.52	0.83	2.35	0.83	2.35	0
3		Proses defekasi	2	3.51	2.35	5.86	2.35	5.86	0
4		Proses sulfitasi	3	3.95	5.86	9.82	5.86	9.82	0
5		Pemanasan pendahuluan II	4	3.11	9.82	12.92	9.82	12.92	0
6		Proses pemisahan nira jernih dengan nira kotor	5	7.96	12.92	20.89	12.92	20.89	0
7	Penguapan	Penguapan di Badan Penguapan	6	1.28	20.89	22.17	20.89	22.17	0
8	Masakan dan	Masakan C	7	1.72	22.17	23.89	22.17	23.89	0
9	Putaran	Proses pendinginan di Palung C	8	2.00	23.89	25.89	23.89	25.89	0
10		Putaran C LGF	9	3.26	25.89	29.15	25.89	29.15	0
11		Masakan D	7, 10	3.52	29.15	32.66	29.15	32.66	0
12		Proses pendinginan di Palung D	11	12.00	32.66	44.66	32.66	44.66	0
13		Putaran D1 LGF	12	2.23	44.66	46.89	44.66	46.89	0

Tabel 19. (Lanjutan)

Kode Aktivitas	Stasiun	Aktivitas	Aktivitas Pendahulu	Waktu (Jam)	ES	EF	LS	LF	Slack
14		Putaran D2 LGF	13	1.90	46.89	48.79	46.89	48.79	0
15		Masakan A	7, 10, 14	4.64	48.79	53.43	48.79	53.43	0
16		Proses pendinginan di Palung A	15	1.00	53.43	54.43	53.43	54.43	0
17		Putaran HGF	16	1.99	54.43	56.42	54.43	56.42	0
18	Penyelesaian	Pengeringan di Sugar Dryer	17	1.05	56.42	57.47	56.42	57.47	0
19		Penimbangan di Weighing Machine	18	2.10	57.47	59.57	57.47	59.57	0

Sumber: Data Primer, 2014.

### 3. Analisis waktu dan biaya produksi pada percepatan aktivitas 17

Berdasarkan Tabel 20, jalur kritis pada waktu percepatan aktivitas 17 (putaran HGF) dari proses produksi gula adalah 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19, dengan total waktu terpanjang 58,12 jam atau setara 2,42 hari. Adapun gambar jaringan kerjanya dapat dilihat di Lampiran 7. Berdasarkan Tabel 22, dapat diketahui bahwa terjadi penurunan biaya akibat percepatan adalah Rp 468.748,-. Sehingga total biaya langsung setelah dilakukan percepatan waktu aktivitas 17 adalah Rp 56.895.227,-. Sedangkan total biaya tidak langsungnya sebesar Rp 7.578.293,-. Total biaya produksi adalah sebesar Rp 64.473.520,-.

Tabel 20. Analisis Jalur Kritis Setelah Percepatan Aktivitas 17

Kode Aktivitas	Stasiun	Aktivitas	Aktivitas Pendahulu	Waktu (Jam)	ES	EF	LS	LF	Slack
1	Gilingan	Pemerahan batang tebu	-	0.90	0	0.90	0	0.90	0
2	Pemurnian	Pemanasan pendahuluan I	1	1.52	0.90	2.42	0.90	2.42	0
3		Proses defekasi	2	3.51	2.42	5.94	2.42	5.94	0
4		Proses sulfitasi	3	3.95	5.94	9.89	5.94	9.89	0
5		Pemanasan pendahuluan II	4	3.11	9.89	13.00	9.89	13.00	0
6		Proses pemisahan nira jernih dengan nira kotor	5	7.96	13.00	20.96	13.00	20.96	0
7	Penguapan	Penguapan di Badan Penguapan	6	1.28	20.96	22.25	20.96	22.25	0
8	Masakan dan	Masakan C	7	1.72	22.25	23.97	22.25	23.97	0
9	Putaran	Proses pendinginan di Palung C	8	2.00	23.97	25.97	23.97	25.97	0
10		Putaran C LGF	9	3.26	25.97	29.22	25.97	29.22	0
11		Masakan D	7, 10	3.52	29.22	32.74	29.22	32.74	0
12		Proses pendinginan di Palung D	11	12.00	32.74	44.74	32.74	44.74	0
13		Putaran D1 LGF	12	2.23	44.74	46.97	44.74	46.97	0
14		Putaran D2 LGF	13	1.90	46.97	48.87	46.97	48.87	0
15		Masakan A	7, 10, 14	4.64	48.87	53.51	48.87	53.51	0
16		Proses pendinginan di Palung A	15	1.00	53.51	54.51	53.51	54.51	0
17		<b>Putaran HGF</b>	<b>16</b>	<b>0.46</b>	<b>54.51</b>	<b>54.97</b>	<b>54.51</b>	<b>54.97</b>	<b>0</b>
18	Penyelesaian	Pengeringan di Sugar Dryer	17	1.05	54.97	56.02	54.97	56.02	0
19		Penimbangan di Weighing Machine	18	2.10	56.02	58.12	56.02	58.12	0

Sumber: Data Primer, 2014.

### 4. Analisis waktu dan biaya produksi pada percepatan aktivitas 11

Berdasarkan Tabel 21, jalur kritis pada waktu percepatan aktivitas 11 (masakan D) dari proses produksi gula adalah 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-

15-16-17-18-19, dengan total waktu terpanjang 57,31 jam atau setara 2,39 hari. Adapun gambar jaringan kerjanya dapat dilihat di Lampiran 8. Berdasarkan Tabel 22, dapat diketahui bahwa tambahan biaya yang dikeluarkan akibat percepatan adalah Rp 112.523,-. Sehingga total biaya langsung setelah dilakukan percepatan waktu aktivitas 11 adalah Rp 57.476.498,-. Sedangkan total biaya tidak langsungnya sebesar Rp 7.472.756,-. Total biaya produksi adalah sebesar Rp 64.949.254,-.

Tabel 21. Analisis Jalur Kritis Setelah Percepatan Aktivitas 11

Kode Aktivitas	Stasiun	Aktivitas	Aktivitas Pendahulu	Waktu (Jam)	ES	EF	LS	LF	Slack
1	Gilingan	Pemerahan batang tebu	-	0.90	0	0.90	0	0.90	0
2	Pemurnian	Pemanasan pendahuluan I	1	1.52	0.90	2.42	0.90	2.42	0
3		Proses defekasi	2	3.51	2.42	5.94	2.42	5.94	0
4		Proses sulfitasi	3	3.95	5.94	9.89	5.94	9.89	0
5		Pemanasan pendahuluan II	4	3.11	9.89	13.00	9.89	13.00	0
6		Proses pemisahan nira jernih dengan nira kotor	5	7.96	13.00	20.96	13.00	20.96	0
7	Penguapan	Penguapan di Badan Penguapan	6	1.28	20.96	22.25	20.96	22.25	0
8	Masakan dan	Masakan C	7	1.72	22.25	23.97	22.25	23.97	0
9	Putaran	Proses pendinginan di Palung C	8	2.00	23.97	25.97	23.97	25.97	0
10		Putaran C LGF	9	3.26	25.97	29.22	25.97	29.22	0
11		<b>Masakan D</b>	<b>7, 10</b>	<b>1.18</b>	<b>29.22</b>	<b>30.41</b>	<b>29.22</b>	<b>30.41</b>	<b>0</b>
12		Proses pendinginan di Palung D	11	12.00	30.41	42.41	30.41	42.41	0
13		Putaran D1 LGF	12	2.23	42.41	44.64	42.41	44.64	0
14		Putaran D2 LGF	13	1.90	44.64	46.53	44.64	46.53	0
15		Masakan A	7, 10, 14	4.64	46.53	51.17	46.53	51.17	0
16		Proses pendinginan di Palung A	15	1.00	51.17	52.17	51.17	52.17	0
17		Putaran HGF	16	1.99	52.17	54.16	52.17	54.16	0
18	Penyelesaian	Pengeringan di Sugar Dryer	17	1.05	54.16	55.21	54.16	55.21	0
19		Penimbangan di Weighing Machine	18	2.10	55.21	57.31	55.21	57.31	0

Sumber: Data Primer, 2014.

##### 5. Analisis kombinasi percepatan waktu produksi dengan total biaya produksi

Analisis kombinasi percepatan waktu produksi digunakan untuk melihat kombinasi waktu percepatan dengan total biaya produksi yang dapat mengoptimalkan produksi. Optimalisasi produksi dapat dilihat dari total biaya yang paling rendah. Berikut ini adalah hasil analisis kombinasi percepatan waktu produksi dengan total biaya.

Tabel 22. Kombinasi Percepatan Waktu Produksi dengan Total Biaya Produksi

Kegiatan Dipercepat	Waktu Penyelesaian (Jam)		Total Percepatan (Jam)	Total Waktu Penyelesaian (Jam)	Slope Biaya Langsung (Rp)	Tambahan Biaya Langsung (Rp)	Total Biaya Langsung (Rp)	Total Biaya Tidak Langsung (Rp)	Total Biaya Produksi (Rp)
	Normal	Dipercepat							
Normal	59.65	0	0	59.65	0	0	57,363,975	7,776,977	65,140,952
Aktivitas 1	0.90	0.83	0.07	59.57	-1,108,582	-82,174	57,281,801	7,767,313	65,049,114
Aktivitas 17	1.99	0.46	1.52	58.12	-307,605	-468,748	56,895,227	7,578,293	64,473,520
Aktivitas 11	3.52	1.18	2.33	57.31	48,225	112,523	57,476,498	7,472,756	64,949,254

Sumber: Data Primer, 2014.

Berdasarkan Tabel 22, dapat dilihat bahwa total biaya langsung terendah akibat dari kegiatan percepatan produksi adalah sebesar Rp 56.895.227,-. Aktivitas yang dipercepat adalah aktivitas 17 (proses pemerahan batang tebu) dengan total waktu penyelesaian 58,12 jam. Sedangkan total biaya tertinggi akibat dari kegiatan percepatan produksi adalah sebesar Rp 57.476.498,-. Aktivitas yang dipercepat adalah aktivitas 11 (masakan D) dengan total waktu penyelesaian 57,31 jam.

### 5.3 Pembahasan

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai pembahasan dari hasil penelitian, perbandingan dengan teori dan kaitannya dengan penelitian-penelitian terdahulu. Beberapa pokok bahasan terdiri dari percepatan waktu penyelesaian produksi dan total biaya langsung, dan kombinasi percepatan waktu penyelesaian dan total biaya produksi. Pembahasan percepatan waktu penyelesaian produksi dan total biaya langsung terdiri dari pembahasan hasil analisis jalur kritis, dan analisis percepatan waktu produksi berdasarkan biaya langsung. Sementara pembahasan kombinasi percepatan waktu penyelesaian dan total biaya produksi analisis kombinasi percepatan waktu dengan total biaya produksi.

#### 5.3.1 Analisis Percepatan Waktu Penyelesaian Produksi dan Total Biaya Langsung

##### 1. Analisis jalur kritis

Proses produksi gula terdiri dari 19 aktivitas yang terbagi berdasarkan stasiun kerjanya. Aktivitas tersebut diantaranya adalah proses pemerahan tebu; pemanasan pendahuluan I; proses defekasi; sulfitasi; pemanasan pendahuluan II; proses pemisahan nira jernih dengan nira kotor; proses penguapan; masakan A, C, D; proses pendinginan di palung A, C, D; proses putaran LGF dan HGF; proses pengeringan di *sugar dryer*; dan penimbangan gula kristal putih. Total waktu yang dibutuhkan untuk produksi gula dalam satu kali proses pada kondisi normal adalah 59,65 jam atau setara dengan 2,49 hari. Total biaya langsung yang dibutuhkan pada kondisi normal adalah Rp 57.363.975,-.

Berdasarkan hasil analisis jalur kritis, dapat diketahui bahwa lintasan kritis proses produksi gula pada kondisi normal adalah 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19, dengan total waktu 59,65 jam atau setara 2,49 hari. Sehingga dapat dikatakan semua aktivitas pada kondisi normal termasuk jalur kritis. Hal tersebut dikarenakan sebagian besar aktivitas hanya memiliki satu aktivitas pendahulu. Sehingga semua aktivitas termasuk dalam lintasan kritis. Hal ini didukung oleh pernyataan Soeharto (1997) yang mengatakan bahwa bila jaringan kerja hanya mempunyai satu titik awal (*initial node*) dan satu titik akhir (*terminal node*), maka jalur kritis juga berarti jalur yang memiliki jumlah waktu penyelesaian terbesar (terlama), dan jumlah waktu tersebut merupakan waktu produksi tercepat.

Soeharto (1997) menambahkan berdasarkan pengalamannya, umumnya aktivitas-aktivitas yang berada pada jalur kritis dari suatu proyek kurang dari 20% dari total aktivitas. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan Khodijah, *et al.* (2013), bahwa aktivitas yang berada pada jalur kritis dari Proyek Pembangunan Persinyalan Elektrik di Stasiun Kertapati adalah sebanyak 8 aktivitas dari total 34 aktivitas. Sehingga dapat dikatakan bahwa sebanyak 23,53% proyek merupakan aktivitas yang berada pada jalur kritis. Kondisi ini berbeda dengan proses produksi gula yang memiliki persentase aktivitas yang berada di jalur kritis sebesar 100%. Hal tersebut dikarenakan bahan dari setiap stasiun produksi memiliki tenggang waktu yang terbatas. Jika tidak segera dilakukan pemrosesan lebih lanjut, maka bahan akan mengalami perubahan secara fisik, kimia, dan biologis. Berdasarkan penelitian Haryanti, *et al.* (2012), daya simpan nira sangat pendek karena mudah mengalami fermentasi akibat kontaminasi mikroba. Haryanti, *et al.* (2012) menambahkan nira yang telah mengalami fermentasi mengandung asam dan gula reduksi yang relatif tinggi sehingga menyebabkan cepat gosong selama pemanasan. Sedangkan pada proyek konstruksi, tidak semua aktivitas harus diselesaikan pada saat itu juga, karena bahan atau material yang digunakan tidak mengalami perubahan sifat dalam jangka pendek.

## 2. Analisis percepatan waktu produksi berdasarkan biaya langsung

Analisis percepatan waktu produksi berdasarkan pada biaya langsung digunakan untuk mengetahui slope biaya akibat percepatan waktu penyelesaian produksi. Percepatan waktu produksi gula dilakukan dengan cara menambah jam giling pabrik, menambah satu mesin *continous vacuum pan* untuk masakan D, dan menambah satu mesin putaran HGF *single curing* untuk proses putaran masakan A.

Hasil analisis percepatan waktu berdasarkan pada biaya langsung, menunjukkan bahwa aktivitas 1 (pemerahan batang tebu) dapat dipercepat waktu prosesnya menjadi 0,83 jam, dengan penurunan biaya langsung sebesar Rp 82.174,-. *Slope* penurunan biaya langsung aktivitas 1 akibat percepatan adalah sebesar Rp 1.108.582,-.

Penurunan biaya langsung pada aktivitas 1 disebabkan oleh adanya penurunan biaya utilitas, seperti biaya listrik, air, uap kering, dan uap baru. Kebutuhan listrik, air, uap kering, dan uap baru dipengaruhi oleh waktu proses pemerahan batang tebu. Semakin pendek waktu pemerahan batang tebu, maka biaya utilitas yang dikeluarkan semakin kecil. Setyaningrum, *et al.* (2008), menyatakan bahwa penurunan jam henti giling pabrik dapat menurunkan biaya produksi. Salah satu komponen yang terdapat dalam biaya produksi adalah biaya utilitas. Muhananta (2014), juga menyebutkan bahwa apabila proses giling berhenti pada kondisi yang tidak dapat beroperasi (*downtime*), maka akan berakibat pada penurunan produktivitas dan penambahan biaya. Pernyataan tersebut dapat diartikan bahwa peningkatan jam giling akan menurunkan biaya produksi pabrik. Biaya utilitas termasuk dalam biaya produksi pabrik. Pernyataan ini sesuai dengan hasil percepatan aktivitas 1, yaitu dengan melakukan penambahan jam giling akan menurunkan total biaya langsung produksi gula.

Hasil analisis percepatan waktu berdasarkan pada biaya langsung, menunjukkan bahwa aktivitas 17 (putaran HGF) dapat dipercepat waktu produksinya dengan cara menambah satu mesin HGF *single curing*. Waktu percepatannya adalah sebesar 0,46 jam, dengan penurunan biaya sebesar Rp 468.748,-. *Slope* penurunan biaya akibat percepatan waktu aktivitas 17 adalah sebesar Rp 307.605,-.

Penurunan biaya langsung disebabkan oleh kapasitas mesin putaran HGF *single curing* lebih besar daripada mesin putaran HGF *double curing*. Kapasitas mesin putaran HGF *single curing* adalah 1,75 ton/siklus, sedangkan mesin putaran HGF *double curing* hanya 0,4 ton/siklus. Selain itu, waktu putaran mesin HGF *single curing* dalam satu siklus lebih pendek daripada mesin HGF *double curing*. Waktu putaran mesin HGF *single curing* dalam satu siklus adalah 2 menit. Sedangkan waktu putaran mesin HGF *double curing* dalam satu siklus adalah 3 menit. Sehingga untuk memproses 31,81 ton bahan masakan A akan lebih pendek. Pada mesin putaran HGF *double curing* waktu untuk memproses 31,81 ton bahan masakan A adalah 1,99 jam. Sedangkan waktu yang dibutuhkan mesin HGF *single curing* untuk memproses 31,81 ton bahan masakan A hanya 0,61 jam. Selain itu, pemakaian listrik per jamnya juga lebih kecil daripada mesin HGF *double curing*. Pemakaian listrik per jam mesin putaran HGF *double curing* adalah 452 kW, sedangkan mesin putaran HGF *single curing* 250 kW.

Penambahan mesin HGF *single curing* pada proses putaran HGF memang akan meningkatkan biaya percepatan per jamnya (Lampiran 11). Adanya penambahan mesin mengakibatkan biaya uap, air, dan listrik meningkat. Biaya uap sebelum penambahan mesin adalah Rp 5.040,-. Setelah adanya penambahan mesin biaya uap yang dikeluarkan menjadi Rp 10.049,-. Biaya air sebelum penambahan mesin Rp 4.008,- dan setelah penambahan mesin Rp 8.016,-. Biaya listrik sebelum penambahan mesin adalah Rp 1.023.621,- dan setelah penambahan mesin menjadi Rp 1.196.166,-. Namun, akibat penambahan mesin waktu penyelesaian proses putaran HGF menjadi lebih pendek, yaitu 0,46 jam. Sehingga biaya langsung yang dikeluarkan setelah percepatan menjadi lebih rendah daripada kondisi waktu normal. Biaya uap, air, dan listrik secara berturut-turut menjadi Rp 4.681,-, Rp 3.723,-, dan Rp 555.518,-. Hal tersebut dikarenakan ada pembagian jumlah bahan masakan A. Pada kondisi waktu normal 31,81 ton bahan masakan A hanya diselesaikan oleh dua buah mesin HGF *double curing*. Namun, setelah diberikan penambahan satu mesin HGF *single curing*, 31,81 ton bahan masakan A dapat diselesaikan dengan tiga buah mesin putaran HGF. Jadi, dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan satu mesin HGF *single curing* berkapasitas 1,75 ton/siklus dapat menurunkan biaya langsung pada proses

putaran HGF. Kesimpulan ini didukung oleh Moodley, *et al.* (2003) yang menyatakan bahwa keuntungan dari mesin putaran HGF *single curing* adalah biaya yang dikeluarkan 65% lebih kecil dari mesin HGF *double curing*. Hal tersebut dikarenakan mesin HGF *single curing* lebih rendah dalam konsumsi listrik, instalasi listrik, dan perawatan.

Hasil analisis percepatan waktu berdasarkan pada biaya langsung, menunjukkan bahwa aktivitas 11 (masakan D) dapat dipercepat waktu produksinya dengan cara menambah satu mesin *continuous vacuum pan D*. Waktu percepatannya adalah sebesar 1,18 jam, dengan penambahan biaya Rp 112.523,-. *Slope* peningkatan biaya akibat percepatan waktu aktivitas 11 adalah sebesar Rp 48.225,-.

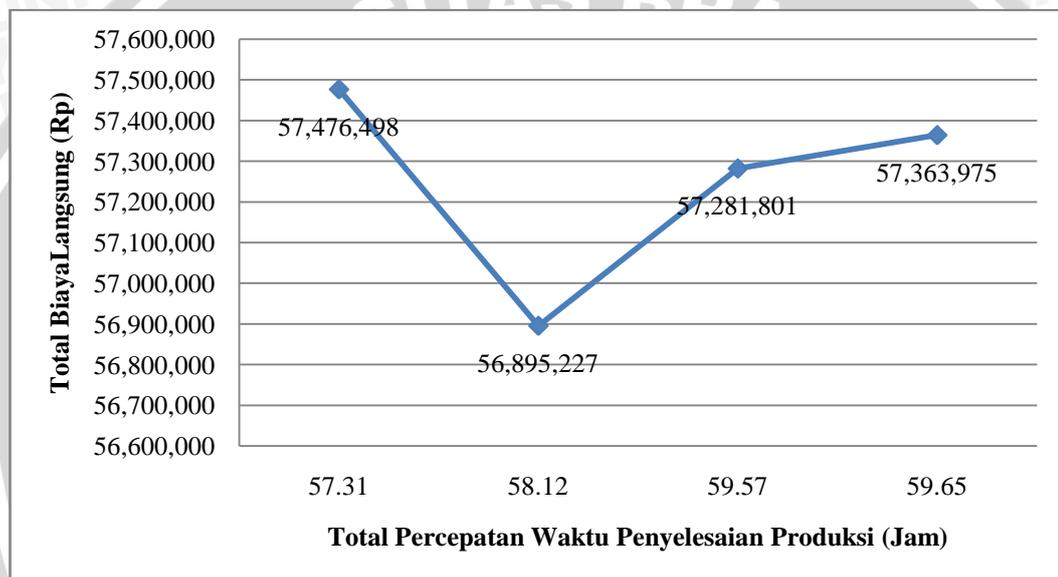
Peningkatan biaya disebabkan oleh adanya penambahan satu mesin masakan D yang mengakibatkan kebutuhan uap, air, dan listrik pada aktivitas 11 meningkat (Lampiran 11). Kebutuhan uap, air, dan listrik pada *continuous vacuum pan D* berbeda dengan pan batch D. Hal tersebut dikarenakan jenis dari kedua mesin berbeda. Kebutuhan uap dan air *continuous vacuum pan D* per jam lebih besar daripada pan batch D. Kebutuhan uap *continuous vacuum pan D* adalah 3,19 m<sup>3</sup> per jam, sedangkan kebutuhan uap mesin pan batch D adalah 1,62 m<sup>3</sup> per jam. Kebutuhan air mesin *continuous vacuum pan D* adalah 1,5 m<sup>3</sup> per jam, sedangkan kebutuhan air mesin pan batch D adalah 0,76 m<sup>3</sup> per jam. Kebutuhan listrik pompa rota untuk *continuous vacuum pan D* per jam sama dengan mesin pan batch D yaitu 30 kW per jam.

Selain itu, waktu penyelesaian masakan setelah percepatan masih lebih dari satu jam sehingga berakibat pada peningkatan biaya produksi per prosesnya. Biaya percepatan yang dikeluarkan dengan adanya penambahan mesin adalah Rp 207.913,-. Namun, karena waktu penyelesaian masakan D yang dibutuhkan 1,18 jam, mengakibatkan kalkulasi biaya percepatan per jam dengan waktu percepatannya lebih besar dari waktu normal. Total biaya percepatan akibat percepatan adalah Rp 246.093,-. Sedangkan bila dibandingkan percepatan pada aktivitas 17, waktu penyelesaian produksinya kurang dari satu jam. Sehingga penambahan mesin tidak berdampak pada peningkatan biaya langsungnya. Biaya langsung per jam yang dikeluarkan setelah penambahan mesin adalah Rp

1.214.261,-. Namun, karena waktu penyelesaian putaran hanya 0,46 jam, mengakibatkan biaya percepatan per jam dengan waktu percepatannya lebih kecil dari biaya normal. Total biaya percepatan aktivitas 17 adalah Rp 563.921,-.

### 3. Analisis percepatan waktu penyelesaian produksi dengan total biaya langsung

Analisis hubungan percepatan waktu dengan total biaya langsung dilakukan untuk mengetahui hubungan antara total waktu penyelesaian produksi dengan total biaya langsung. Berikut ini adalah grafik hasil analisis hubungan percepatan waktu penyelesaian produksi dengan total biaya langsung dari proses produksi gula dalam satu kali proses (Gambar 11).



Gambar 12. Grafik Hubungan Total Biaya Langsung terhadap Total Waktu Penyelesaian Produksi

Berdasarkan grafik di atas, dapat dilihat bahwa terjadi penurunan total biaya langsung dari waktu normal (59,65 jam) ke waktu percepatan aktivitas 1 (59,67 jam). Total biaya langsung mengalami penurunan lagi pada percepatan aktivitas 17, dengan total waktu penyelesaian produksi 58,12 jam. Namun, pada percepatan aktivitas 11 terjadi peningkatan total biaya langsung dengan total penyelesaian waktu 57,31 jam. Total biaya langsung terendah adalah sebesar Rp 56.895.227,- dengan total waktu penyelesaian produksi selama 58,12 jam. Sedangkan total biaya langsung tertinggi adalah sebesar Rp 57.476.498,- dengan total waktu penyelesaian produksi selama 57,31 jam.

Hubungan antara waktu normal (59,65 jam), percepatan waktu aktivitas 1 (59,57 jam), dan percepatan waktu aktivitas 17 (58,12 jam) dengan total biaya

langsung setelah percepatan adalah berbanding lurus. Semakin cepat waktu produksi, maka semakin kecil total biaya langsung yang dikeluarkan. Sedangkan hubungan antara percepatan waktu aktivitas 11 (57,31 jam) dengan total biaya langsung setelah percepatan berbanding terbalik. Waktu penyelesaian produksi yang lebih pendek mengakibatkan total biaya langsung meningkat. Kondisi percepatan produksi gula berbanding terbalik dengan pernyataan Soeharto (1997) yang mengatakan bahwa semakin cepat waktu penyelesaian produksi, maka total biaya langsungnya semakin meningkat. Hal tersebut dikarenakan perlakuan percepatan menggunakan tiga cara yang berbeda dan berada di tiga stasiun produksi yang berbeda pula. Sehingga hubungan total percepatan waktu dengan total biaya langsung tidak dapat linier (semakin cepat penyelesaian produksi, maka total biaya langsung yang dikeluarkan semakin tinggi). Pada aktivitas 1 di stasiun giling, percepatan waktu produksi dilakukan dengan penambahan jam giling. Pada aktivitas 17 di stasiun putaran, percepatan produksi dilakukan dengan menambah satu mesin HGF *single curing*. Pada aktivitas 11 di stasiun masakan, percepatan waktu produksi dilakukan dengan menambah satu mesin *continuous vacuum pan*. Masing-masing aktivitas memiliki produktivitas dan kebutuhan input utilitas yang berbeda. Sedangkan jika dibandingkan dengan penelitian pada umumnya, percepatan waktu hanya dilakukan dengan menggunakan satu jenis sumber daya, misalnya dengan menambah jam lembur tenaga kerja. Sehingga percepatan yang dihasilkan mempunyai hubungan linier, artinya semakin cepat waktu penyelesaian proyek, maka total biaya langsung yang dibayarkan akan semakin tinggi.

Penurunan biaya langsung pada aktivitas 1 disebabkan oleh total biaya percepatannya lebih kecil dari biaya normal. Total biaya percepatan lebih rendah dari kondisi normal karena adanya penurunan biaya utilitas, seperti biaya listrik, air, uap kering, dan uap baru. Kebutuhan listrik, air, uap kering, dan uap baru dipengaruhi oleh waktu proses pemerahan batang tebu. Semakin pendek waktu pemerahan batang tebu, maka biaya utilitas yang dikeluarkan semakin kecil. Setyaningrum, *et al.* (2008), menyatakan bahwa penurunan jam henti giling pabrik dapat menurunkan biaya produksi. Sehingga dengan melakukan penambahan jam giling akan menurunkan total biaya langsung produksi gula.

Penurunan total biaya langsung pada aktivitas 17 disebabkan oleh total biaya percepatannya lebih kecil dari biaya normal. Total biaya percepatan diperoleh dari hasil perkalian antara biaya percepatan aktivitas 17 per jam dengan waktu percepatannya. Biaya percepatan per jam akibat penambahan satu mesin HGF *single curing* adalah Rp 1.214.261,-. Namun, waktu penyelesaian putaran HGF setelah percepatan adalah 0,46 jam. Sehingga total biaya percepatan aktivitas 17 lebih kecil dari biaya normalnya yaitu Rp 563.921,-. Hal tersebut berakibat pada total biaya langsung dari proses produksi gula. Total biaya produksi gula menjadi lebih kecil dari waktu normal, yaitu sebesar Rp 56.895.227,-. Waktu penyelesaian produksinya juga menjadi lebih singkat, yaitu 58,12 jam.

Sedangkan pada percepatan aktivitas 11 (masakan D), dengan total waktu penyelesaian produksi selama 57,31 jam, terjadi peningkatan total biaya langsung. Hal tersebut dikarenakan total biaya percepatannya lebih besar dari biaya normal. Total biaya percepatan diperoleh dari hasil perkalian antara biaya percepatan aktivitas 11 per jam dengan waktu percepatannya. Biaya percepatan per jam akibat penambahan satu mesin *continuous vacuum pan* adalah Rp 207.919,-. Namun, waktu penyelesaian masakan D setelah percepatan adalah 1,18 jam. Sehingga total biaya percepatan aktivitas 11 lebih besar dari biaya normalnya yaitu Rp 246.093,-. Hal tersebut berakibat pada total biaya langsung dari proses produksi gula. Total biaya langsung produksi gula menjadi lebih besar dari waktu normal, yaitu Rp 57.476.498,-. Namun, dengan peningkatan biaya langsung waktu penyelesaian produksinya juga menjadi lebih singkat, yaitu 57,31 jam.

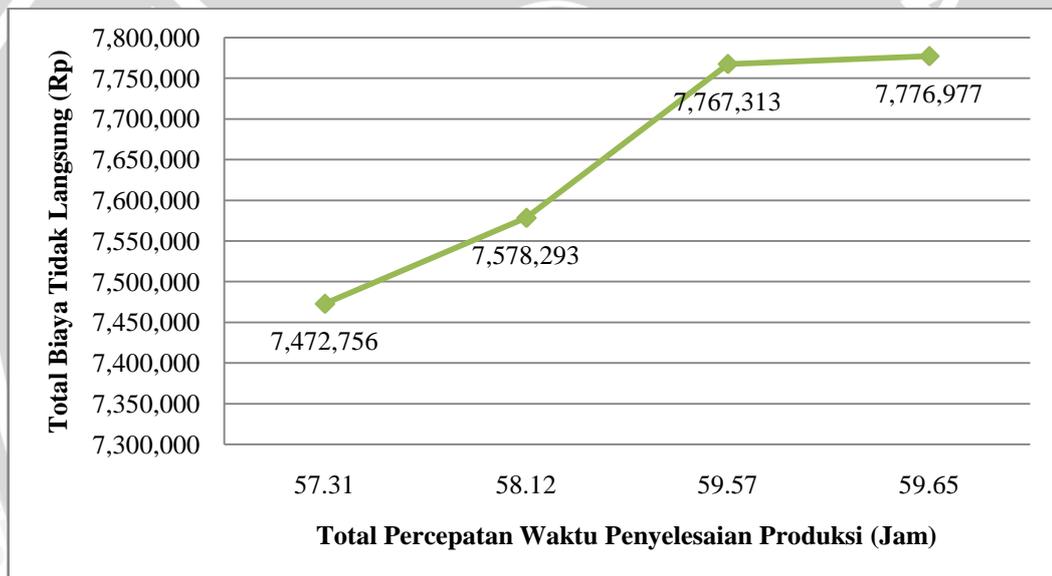
Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa dari ketiga percepatan waktu penyelesaian produksi, yang berdampak pada peningkatan total biaya langsung produksi hanya pada percepatan waktu aktivitas 11 yaitu masakan D. Percepatan waktu aktivitas 11 dilakukan dengan penambahan satu mesin masakan D, yaitu *continuous vacuum pan*. Total waktu penyelesaian produksinya adalah 57,31 jam, dengan total biaya langsung sebesar Rp 57.476.498,-. Sedangkan untuk percepatan waktu penyelesaian produksi aktivitas 1 dan 11 tidak berdampak pada peningkatan total biaya langsung. Sehingga hipotesis pertama yang menyatakan

bahwa diduga percepatan waktu penyelesaian produksi berdampak pada peningkatan total biaya langsung produksi, ditolak.

### 5.3.2 Analisis Kombinasi Percepatan Waktu Penyelesaian Produksi dan Total Biaya Produksi

#### 1. Analisis percepatan waktu penyelesaian produksi dengan total biaya tidak langsung

Analisis kombinasi percepatan waktu dengan biaya tidak langsung dilakukan untuk mengetahui hubungan antara total waktu penyelesaian produksi dengan total biaya tidak langsung. Berikut ini adalah grafik hasil analisis kombinasi percepatan waktu dengan biaya tidak langsung dari proses produksi gula dalam satu kali proses (Gambar 12).



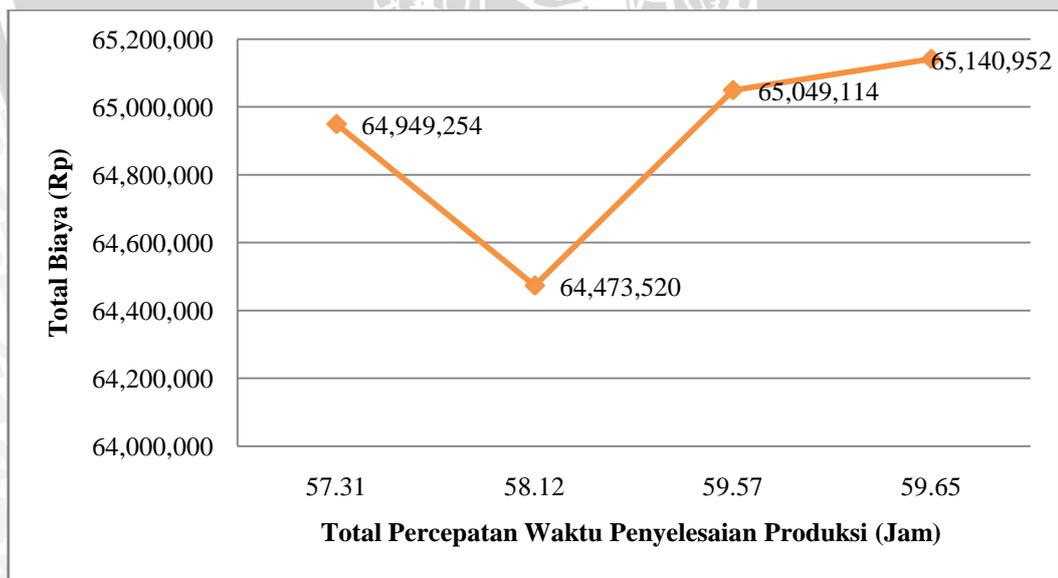
Gambar 13. Grafik Hubungan Total Biaya Tidak Langsung terhadap Total Waktu Penyelesaian Produksi

Berdasarkan grafik di atas, dapat dilihat bahwa secara berangsur-angsur terjadi penurunan total biaya tidak langsung dari waktu normal (59,65 jam), waktu percepatan aktivitas 1 (59,67 jam), aktivitas 17 (58,12 jam), aktivitas 11 (57,31 jam). Hubungan antara waktu normal, waktu percepatan aktivitas 1, 17, dan 11 dengan total biaya tidak langsung adalah berbanding lurus. Semakin cepat waktu penyelesaian produksi, maka semakin kecil total biaya tidak langsung yang dikeluarkan. Pernyataan ini didukung oleh Soeharto (1997) yang mengatakan bahwa semakin cepat waktu penyelesaian suatu proyek, maka total biaya tidak

langsungnya semakin rendah. Hal tersebut dikarenakan besarnya total biaya tidak langsung dipengaruhi oleh lamanya waktu produksi gula. Semakin cepat waktu penyelesaian produksi gula, maka total biaya tidak langsung yang dikeluarkan akan semakin rendah. Total biaya langsung terendah adalah Rp 7.472.756,- dengan total waktu penyelesaian produksi 57,31 jam. Sedangkan total biaya tidak langsung tertinggi adalah pada waktu normal dengan total penyelesaian produksi 59,65 jam, dan total biaya tidak langsung sebesar Rp 7.776.977,-.

2. Analisis kombinasi percepatan waktu penyelesaian produksi dengan total biaya produksi

Analisis kombinasi percepatan waktu dengan total biaya produksi digunakan untuk mengetahui produksi optimal dilihat dari segi total biaya produksi paling rendah. Total biaya produksi merupakan hasil penjumlahan dari total biaya langsung dan tidak langsung. Total biaya langsung merupakan total biaya yang terlibat langsung dalam setiap aktivitas produksi gula. Sedangkan total biaya tidak langsung meliputi biaya-biaya yang dikeluarkan tanpa bergantung pada volume produksi yang dilaksanakan, tetapi bergantung pada lamanya waktu produksi. Berikut ini adalah grafik hasil analisis kombinasi percepatan waktu dengan total biaya produksi dari proses produksi gula dalam satu kali proses (Gambar 13).



Gambar 14. Grafik Hubungan Total Biaya terhadap Total Waktu Penyelesaian Produksi

Berdasarkan grafik di atas, dapat dilihat bahwa terjadi penurunan total biaya produksi dari waktu percepatan aktivitas 11 (57,31 jam) ke waktu percepatan aktivitas 17 (58,12 jam). Namun, pada waktu percepatan aktivitas 1 (58,12 jam) terjadi peningkatan total biaya produksi sebesar Rp 65.049.114,-. Pada kondisi waktu normal (59,65 jam) juga terjadi peningkatan total biaya produksi sebesar Rp 65.140.952,-. Total biaya produksi terendah adalah sebesar Rp 64.473.520,- dengan total waktu penyelesaian produksi selama 58,12 jam. Aktivitas yang dipercepat adalah aktivitas 17 pada proses putaran HGF. Sedangkan total biaya langsung tertinggi adalah pada waktu normal (59,65 jam) dengan total biaya produksi sebesar Rp 65.140.952,-.

Hubungan antara percepatan waktu aktivitas 11 dan 17 dengan total biaya produksi adalah berbanding terbalik. Semakin lama waktu produksi, maka semakin kecil total biaya produksi yang dikeluarkan. Hal tersebut dikarenakan total biaya langsung pada aktivitas 17 lebih kecil dari total biaya langsung aktivitas 11. Total biaya langsung aktivitas 17 adalah Rp 56.895.227,-. Sedangkan total biaya langsung aktivitas 11 adalah Rp 57.476.498,-.

Sedangkan hubungan antara total biaya produksi dengan percepatan waktu aktivitas 11, 1, dan waktu normal adalah berbanding lurus. Semakin lama waktu penyelesaian produksi, maka total biaya produksi yang dikeluarkan semakin meningkat. Pernyataan ini didukung oleh Soeharto (1997) yang menyatakan bahwa semakin lama waktu penyelesaian produksi, maka total biaya yang dikeluarkan semakin meningkat.

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat bahwa kombinasi percepatan waktu dan biaya produksi yang mampu mengoptimalkan produksi adalah pada total waktu penyelesaian 58,12 jam dengan total biaya produksi sebesar Rp 64.473.520,-. Kegiatan percepatan produksi gula yang dilakukan adalah dengan mempercepat aktivitas 17 yaitu proses putaran HGF. Percepatan proses putaran HGF dilakukan dengan menambah satu mesin HGF *single curing* berkapasitas 1,75 ton/siklus. Persentase pengurangan waktu penyelesaian produksi adalah 2,55%. Sementara persentase pengurangan biaya akibat percepatan penyelesaian produksi gula adalah 1,02%. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Yulaikah (2005) pada perusahaan rokok di Sukun, Kudus, memberikan hasil bahwa dengan

penambahan 4 buah mesin stamper, maka terjadi penurunan biaya produksi sebesar 9,5%. Selain itu, Singgih, *et al.* (2008), menyatakan bahwa dengan adanya penambahan mesin akan dapat mengurangi biaya produksi. Jadi, dapat disimpulkan bahwa hipotesis kedua yang menyatakan bahwa diduga dengan kombinasi percepatan waktu penyelesaian produksi dan total biaya produksi terendah dapat mengoptimalkan produksi, diterima.

#### 5.4 Implikasi Penelitian

Implikasi penelitian dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui dampak langsung dari hasil penelitian. Hasil penelitian ini memberikan beberapa implikasi diantaranya adalah implikasi percepatan waktu penyelesaian produksi terhadap total biaya langsung; implikasi kombinasi percepatan waktu penyelesaian produksi dan total biaya produksi; dan implikasi percepatan waktu penyelesaian produksi terhadap kapasitas produksi. Berikut ini adalah penjelasan dari masing-masing implikasi hasil penelitian.

##### 5.4.1 Implikasi Percepatan Waktu Penyelesaian Produksi Terhadap Total Biaya Langsung

Percepatan waktu penyelesaian produksi berdampak pada perubahan total biaya langsung produksi gula di PG Djombang Baru. Jika percepatan waktu dilakukan pada aktivitas 11 (masakan D) dengan menambahkan satu mesin *continuous vacuum pan* D, maka akan mengakibatkan waktu penyelesaian produksi menjadi lebih pendek dari waktu normal. Waktu normal yang dibutuhkan untuk memproduksi gula adalah 59,65 jam. Sedangkan setelah dilakukan percepatan pada aktivitas 11, waktu penyelesaian produksi gula menjadi 57,31 jam. Selain itu, total biaya langsung akibat percepatan waktu produksi juga menjadi lebih tinggi dari kondisi normal. Total biaya langsung pada kondisi waktu normal adalah Rp 57.363.975,-. Sedangkan setelah dilakukan percepatan pada aktivitas 11, total biaya langsungnya menjadi Rp 57.476.498,-.

Namun, jika percepatan waktu dilakukan pada aktivitas 1 (pemerahan batang tebu) dengan menambah jam giling, maka akan mengakibatkan waktu penyelesaian produksi dan total biaya langsung menjadi lebih rendah dari kondisi

normal. Waktu penyelesaian produksinya menjadi 59,57 jam dan total biaya langsungnya menjadi Rp 57.281.801,-. Begitu pula jika percepatan waktu dilakukan pada aktivitas 17 (putaran HGF) dengan menambah satu mesin putaran HGF *single curing*, maka akan mengakibatkan waktu penyelesaian produksi dan total biaya langsung menjadi lebih rendah dari kondisi normal. Waktu penyelesaian produksinya menjadi 58,12 jam dan total biaya langsungnya menjadi Rp 56.895.227,-.

#### **5.4.2 Implikasi Kombinasi Percepatan Waktu Penyelesaian Produksi dan Total Biaya Produksi**

Kombinasi antara percepatan waktu penyelesaian produksi dan total biaya produksi terendah mampu mengoptimalkan produksi. Percepatan waktu aktivitas 17 (putaran HGF) menghasilkan total biaya produksi terendah, yakni sebesar Rp 64.473.520,- dengan total penyelesaian produksi 58,12 jam. Percepatan waktu aktivitas 17 dilakukan dengan menambah satu mesin putaran HGF *single curing* berkapasitas 1,75 ton/siklus.

Persentase pengurangan waktu dalam satu siklus produksi adalah 2,55% atau setara dengan 1,52 jam. Sementara persentase pengurangan biaya dalam satu siklus produksi akibat percepatan waktu adalah 1,02% atau setara dengan Rp 667.342,-. Jika penurunan biaya tersebut diakumulasikan ke dalam satu musim giling (asumsi jumlah hari giling tetap 150 hari), maka dengan adanya penambahan satu mesin HGF *single curing* akan mampu menurunkan total biaya produksi sebesar Rp 41.338.580,96.

#### **5.4.3 Implikasi Percepatan Waktu Penyelesaian Produksi Terhadap Kapasitas Produksi**

Jika diasumsikan kapasitas giling tetap yaitu 2.434,9 ton per hari, maka percepatan waktu dapat mengurangi jumlah hari giling pabrik. Total hari giling pada waktu normal adalah 150 hari dengan total kapasitas giling 365.235 ton tebu. Pada percepatan aktivitas 1, persentase penurunan penyelesaian waktu produksi adalah 0,12%, sehingga jumlah hari gilingnya akan berkurang menjadi 149,82 hari. Pada percepatan aktivitas 17, persentase penurunan penyelesaian waktu produksi adalah 2,55%, sehingga jumlah hari gilingnya akan berkurang menjadi

146,17 hari. Pada percepatan aktivitas 11, persentase penurunan penyelesaian waktu produksi adalah 3,91%, sehingga jumlah hari gilingnya akan berkurang menjadi 144,13 hari.

Jika jumlah hari giling pabrik dan kapasitas giling per hari diasumsikan tetap yakni 150 hari dengan kapasitas giling 2.434,9 ton per hari, maka percepatan waktu aktivitas 1 akan mampu meningkatkan kapasitas giling. Semakin besar kapasitas giling, maka produksi gula yang dihasilkan juga akan semakin banyak. Total kapasitas giling pada waktu normal adalah 365.235 ton tebu. Sedangkan total kapasitas giling pada percepatan aktivitas 1 adalah 365.673,282 ton tebu.

Jika jumlah hari giling pabrik, kapasitas giling per hari, dan jumlah jam henti giling diasumsikan tetap, yakni 150 hari dengan kapasitas giling 2.434,9 ton per hari dan jam henti giling per hari 4,61 jam, maka percepatan waktu aktivitas 17 dan 11 akan mampu meningkatkan kapasitas giling. Semakin besar kapasitas giling, maka produksi gula yang dihasilkan juga akan semakin banyak. Total kapasitas giling pada waktu normal adalah 365.235 ton tebu. Pada percepatan waktu aktivitas 17 total kapasitas giling meningkat menjadi sebesar 374.560,667 ton tebu. Sementara pada percepatan waktu aktivitas 11, kapasitas giling meningkat menjadi sebesar 379.527,863 ton tebu.



## VI. PENUTUP

### 6.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil dan pembahasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pada kondisi normal, waktu yang dibutuhkan untuk produksi gula adalah 59,65 jam. Namun akibat percepatan waktu aktivitas 1 (pemerahan batang tebu), aktivitas 17 (putaran HGF), dan aktivitas 11 (masakan D), total waktu produksinya secara berturut-turut menjadi lebih pendek, yakni 59,57 jam, 57,31 jam, dan 58,12 jam. Pada kondisi waktu normal total biaya langsungnya adalah Rp 57.363.975,-. Namun akibat percepatan waktu aktivitas 11 (masakan D), total biaya langsungnya bertambah menjadi sebesar Rp 57.476.498,-. Sedangkan akibat percepatan waktu aktivitas 1 (pemerahan batang tebu) dan percepatan aktivitas 17 (putaran HGF), total biaya langsungnya secara berturut-turut mengalami penurunan menjadi sebesar Rp 57.281.801,- dan Rp 56.895.227,-. Sehingga, dapat dikatakan bahwa peningkatan total biaya langsung produksi akibat percepatan waktu penyelesaian produksi hanya berdampak pada percepatan waktu aktivitas 11, yaitu masakan D.
2. Kombinasi percepatan waktu penyelesaian produksi dengan total biaya produksi terendah ditunjukkan pada percepatan aktivitas 17 (proses putaran HGF) dengan total waktu produksi 58,12 jam. Total biaya produksinya adalah Rp 64.473.520,-. Persentase pengurangan waktu penyelesaian produksi adalah 2,55%. Sementara persentase pengurangan biaya akibat percepatan waktu produksi gula adalah 1,02%. Sehingga, dapat dikatakan bahwa percepatan aktivitas 17 (proses putaran HGF) mampu mengoptimalkan produksi.

### 6.2 Saran

Saran-saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian adalah sebagai berikut.

1. Jika melakukan penambahan mesin *continuous vacuum pan D* sebaiknya diiringi dengan percepatan waktu masakan D pada mesin pan batch, sehingga waktu penyelesaiannya lebih pendek dan tidak berdampak pada peningkatan

total biaya langsung. Cara percepatan masakan D dapat dilakukan dengan meningkatkan laju agitasi dan pendinginan. Agitasi adalah proses pengadukan bahan masakan dalam bejana yang memiliki pola tertentu.

2. Penambahan satu mesin HGF *single curing* untuk mempercepat waktu aktivitas 17 sebaiknya diiringi dengan kesiapan tenaga kerja dalam mengoperasikan mesin baru tersebut. Hal tersebut dikarenakan cara pengoperasian mesin HGF *single curing* berbeda dengan mesin HGF *double curing*. Kesiapan tenaga kerja dapat dilakukan dengan melakukan pelatihan sebelum musim giling tiba. Selain pelatihan, dapat juga dilakukan dengan studi banding ke pabrik gula lain yang sudah menggunakan mesin HGF *single curing*. Perusahaan sebaiknya menempatkan supervisor guna melakukan pengawasan pada proses putaran HGF agar produksi dapat berjalan dengan lancar dan mampu mencapai optimalisasi produksi.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Ahyari, A. 1977. *Network: Perencanaan dan Pengawasan Aktivitas Perusahaan*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. pp 5-7
- Antique, S. L. 2010. *Datangkan Gula, Importir Siapkan Rp 2 Triliun* [online]. Available at [http://m.news.viva.co.id/news/read/134729-datangkan\\_gula\\_\\_importir\\_siapkan\\_rp\\_2\\_triliun](http://m.news.viva.co.id/news/read/134729-datangkan_gula__importir_siapkan_rp_2_triliun). (Verified 11 Oktober 2014).
- Bueche, F. J. 1989. *Schaum's Outlines of Theory and Problems of College Physics*. Eighth Edition. McGraw-Hill. New York. p 57
- Dannyanti, E. 2010. *Optimalisasi Pelaksanaan Proyek dengan Metode PERT dan CPM*. Skripsi. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Dinas Perkebunan Jawa Timur<sup>a</sup>. 2014. *Kinerja Industri Gula Jawa Timur*. [online]. Available at <http://www.disbun.jatimprov.go.id/berita.php?id=265>. (Verified 5 Februari 2015).
- Dinas Perkebunan Jawa Timur<sup>b</sup>. 2014. *Prediksi Produksi Gula Jawa Timur Tahun 2014 Mampukan Mencapai Target Swasembada* [online]. Available at <http://www.disbun.jatimprov.go.id/berita.php?id=274>. (Verified 31 Oktober 2014).
- Handoko, T. H. 2000. *Dasar-Dasar Manajemen Produksi dan Operasi*. Edisi Pertama. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. pp 122-126
- Hapsari, E. L. R. 2009. *Penerapan Critical Path Method (CPM) dalam Perencanaan dan Penjadwalan Proyek Guna Meningkatkan Efisiensi Waktu dan Biaya Proyek*. Skripsi. Universitas Brawijaya, Malang.
- Haryanti, P., Karseno, dan R. Setyawati. 2012. *Aplikasi Pengawet Alami Nira Kelapa Bentuk Serbuk Berbahan Sirih Hijau Terhadap Sifat Fisik Dan Kimia Gula Kelapa*. *J. Pembangunan Pedesaan*. 12 (2) : 106-112
- Heizer, J., dan B. Render. 2009. *Manajemen Operasi*. Edisi Kesembilan. Salemba Empat. Jakarta. pp 4-121
- Huang, C. L., R. K. Li, C. H. Tsai, Y. C. Chung, dan Y. W. Hsu. 2014. *A Study of Using Simulation to Overcome Obstacles That Block the Implementation of Critical Chain Project Management to Project Managemen Environment*. *International Journal of Academic Research in Accounting, Finance and Management Sciences*. 4 (1) : 21-35
- Hutahaean, R. Y. 2006. *Mekanisme dan Dinamika Mesin*. Edisi Revisi. ANDI. Yogyakarta. p 265

- Indiana Sucro-Tech. 2014. Continuous Vacuum Pan [online]. Available at <http://www.tradeindia.com/fp293462/Continuous-Vacuum-Pan.html>. (Verified 18 Januari 2015).
- Jiwantoro, A., B. D. Argo dan W. A. Nugroho. 2013. Analisis Efektivitas Mesin Penggiling Tebu dengan Penerapan Total Productive. *J. Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*.1 (2) : 18-28
- Jung, S., Y. H. Lin, Y. C. Lin, L. Chuang, dan Wang. 2013. Simplified CPM/LOB Methodology for Construction Scheduling Management. Available at The Thirteenth East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction (EASEC-13). Hokkaido University, Sapporo, Japan.
- Khodijah, N. S., S. Yahdin, dan N. R. Dewi. 2013. Optimalisasi Pelaksanaan Proyek Pembangunan Persinyalan Elektrik di Stasiun Kertapati dengan Penerapan Metode Crash Program. *J. Penelitian Sains*. 16 (2A) : 65-74
- Koerniawati, T. 2013. Modul 2 Ekonomi Produksi Pertanian: Produksi dengan Satu Input Variabel. Universitas Brawijaya. Malang. p 12
- Marlien, R.A., dan Kasmari. 2012. Analisis Kinerja Supply Chain Management (SCM) untuk Meningkatkan Keunggulan Kompetitif pada PT Perkebunan Nusantara IX-PG Sragi Pekalongan. Artikel Ilmiah. Universitas Stikubank. Semarang.
- Moodley, M, M. Pillay, P. M. Schorn, G. Mitchell, dan R.E. Gelling. 2003. Evaluation of the STG High Grade Continuous Centrifugal at Hulett's Refinery. In Proc. S. Afr. Sug. Technol. Ass. 77<sup>th</sup>. Glenashley, South Africa.
- Muhananta, A. 2014. Analisis Tindakan pada Saat Terjadi Kerusakan Mesin Giling (Studi Kasus PT Madubaru). Skripsi. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Mulyadi. 2007. Sistem Perencanaan dan Pengendalian Manajemen. Edisi Ketiga. Salemba Empat. Jakarta. p 382
- Napitupulu, D.A. 2013. Bab I Pendahuluan: Produksi dan Konsumsi Gula [online]. Available at <http://e-journal.uajy.ac.id/3956/2/1EP18014.pdf>. (Verified 11 Oktober 2014).
- Pradhity. 2009. Proses Kristalisasi Gula [online]. Available at <http://pradhity.blogspot.com/2009/04/proses-kristalisasi-gula.html>. (Verified 2 November 2014).
- Rosalia, S. 2012. Kristalisasi [online]. Available at [http://shintarosalia.lecture.ub.ac.id/files/2012/05/srd\\_kristalisasi.pdf](http://shintarosalia.lecture.ub.ac.id/files/2012/05/srd_kristalisasi.pdf). (Verified 15 Maret 2015).

- Rosmawati, I. 2011. Analisis Penjadwalan Pembangunan Rumah T300/350 dalam Mengefisiensikan Waktu pada CV Asep Juansyah Suteja (AJS) Design Bandung. Skripsi. Universitas Pasundan, Bandung.
- Saputra, H. A. 2013. Makalah Gula [online]. Available at <http://heruagungsaputra.files.wordpress.com/2013/09/makalah-gula-fix-2.doc>. (Verified 3 September 2014).
- Setyaningrum, R. S., dan M. F. Hamidy. 2008. Analisis Biaya Produksi dengan Pendekatan Theory of Constraint untuk Meningkatkan Laba. J. Riset Ekonomi dan Bisnis. 8 (1) : 26-36
- Shrijee Cotton Mills Limited. Dual Continuous Vacuum Pan [online]. Available at <http://www.indiamart.com/shrijee-cotton-mills/continuous-vaccum.html>. (Verified 18 Januari 2015).
- Singgih, M. L., dan M. V. Permata. Pendekatan Lean Thinking dalam Meminimasi Waste pada Sistem Pemenuhan Order Guna Mengurangi Biaya dan Waktu (Studi Kasus: PT Kasa Husada Wira Jatim). Dalam Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi VII. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Siswojo. 1981. Pokok-Pokok Project Management PERT & CPM. Erlangga. Jakarta. pp 11-14
- Soeharto, I. 1997. Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional. Erlangga. Jakarta. pp 181-220
- Soeparto, P. 1981. Peran Industri Gula dalam Pembangunan Nasional Suatu Pendekatan Berlandaskan Tri Martra. Dalam Kumpulan Makalah Seminar Temu Karya Pembangunan Industri Gula. Balai Penyelidikan Perusahaan Perkebunan Gula bekerjasama dengan Staf Bina Perusahaan Negara Sektor Pertanian dan Lembaga Pendidikan Perkebunan. Pasuruan.
- Subiyono. 2012. PTPN X Kontributor Terbesar Produksi Gula BUMN [online]. Available at <http://www.bumn.go.id/ptpn10/berita/43/PTPN.X.Kontributor.Terbesar.Produksi.Gula.BUMN>. (Verified 6 Februari 2015).
- Sugar Research Institute. 2014. Continuous Vacuum Pan [online]. Available at <http://www.sri.org.au/products/continuous-vacuum-pan>. (Verified 18 Januari 2015).
- Sulistyoningrum, V., I. Rochani, dan M. Murtedjo. 2013. Analisis Pengaruh Percepatan Instalasi Hull Outfittings dalam Pembangunan Marine Disaster Prevention Ship dengan Penerapan Critical Path Method. J. Teknik Pomits. 2 (1) : 1-7

Susanto, N., R. Purwaningsih, dan E. Ardiansyah. 2006. Analisis Jaringan Kerja dan Penentuan Jalur Kritis dengan Critical Path Methode-CPM (Studi Kasus Pembangunan Rumah Graha Taman Pelangi Type Milano pada PT Karyadeka Alam Lestari Semarang). *J. J@TI Undip*. 1 (1) : 74-84

Syafirianto, Y. 2007. Evaluasi Penjadwalan pada Pengerjaan Proyek Dermaga Nusa Penida Bali dengan Metode Critical Path Method (CPM) di PT PP (Persero) Surabaya. Skripsi. Universitas Brawijaya, Malang.

Thyssenkrupp Industries India Private Limited. 2014. Batch (Discontinuous) Centrifugal [online]. Available at <http://www.indiamart.com/thyssenkrupp-industries-india/sugar-plant-machinery.html>. (Verified 19 Januari 2015).

Yulaikah, S. 2005. Perencanaan Jumlah Mesin dengan Menggunakan Metode Manufacturing Resource Planning (MRP) II Guna Menurunkan Biaya Produksi (Studi Kasus: Perusahaan Rokok Sukun, Kudus). Dalam Abstrak Departement of Industrial Engineering, Universitas Muhammadiyah, Malang.

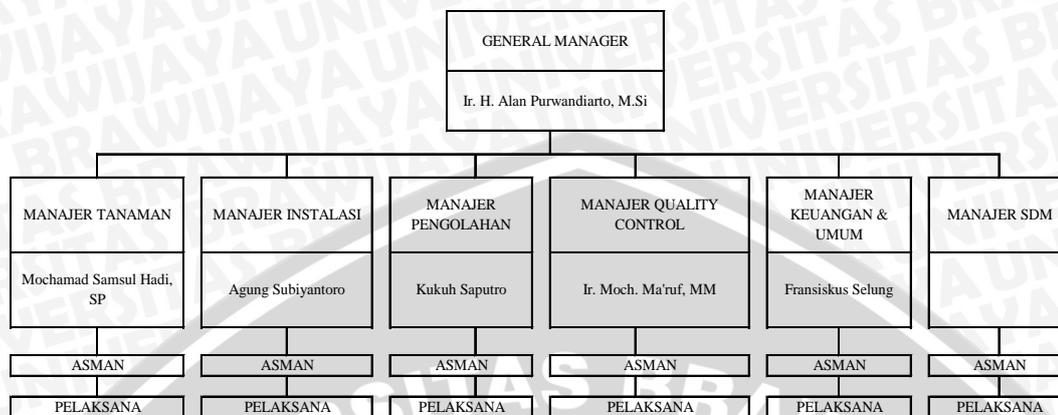




# LAMPIRAN



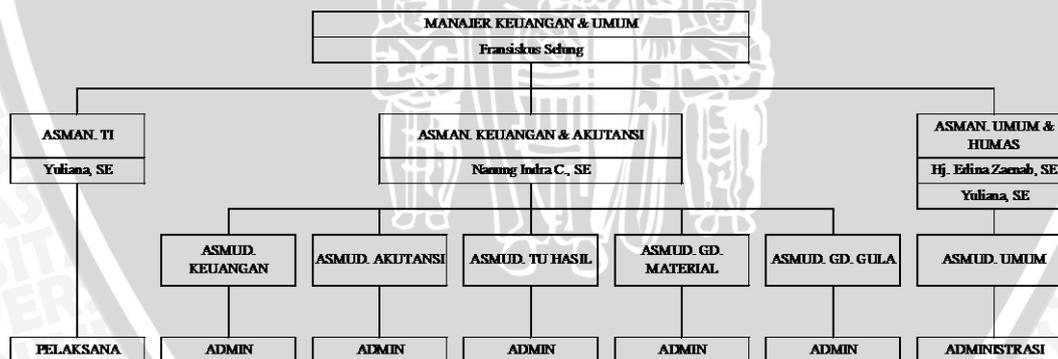
Lampiran 1. Struktur Organisasi PG Djombang Baru



Gambar 15. Struktur Organisasi PG Djombang Baru

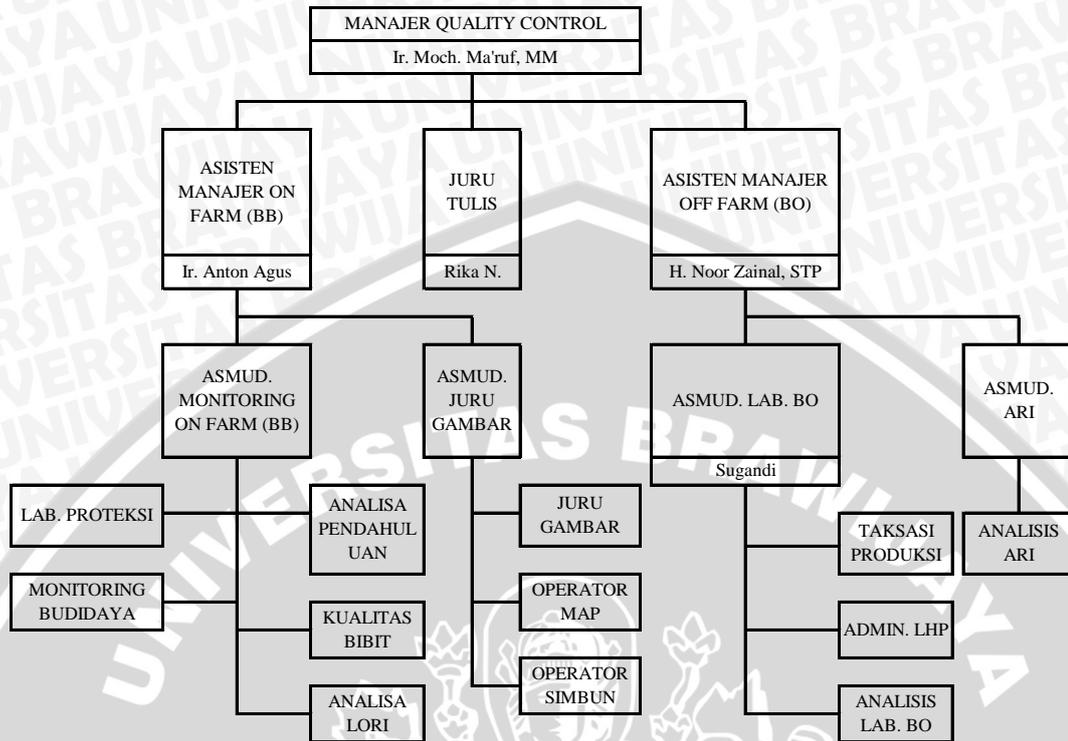


Gambar 16. Struktur Organisasi PG Djombang Baru Bagian SDM

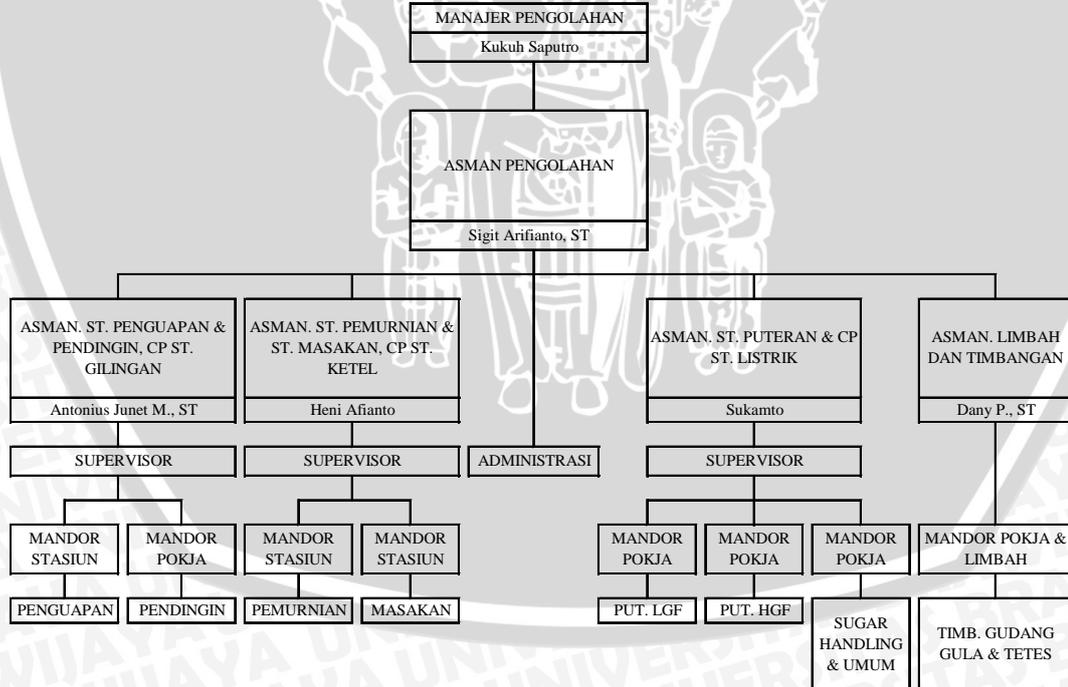


Gambar 17. Struktur Organisasi PG Djombang Baru Bagian A K & U

Lampiran 1. (Lanjutan)

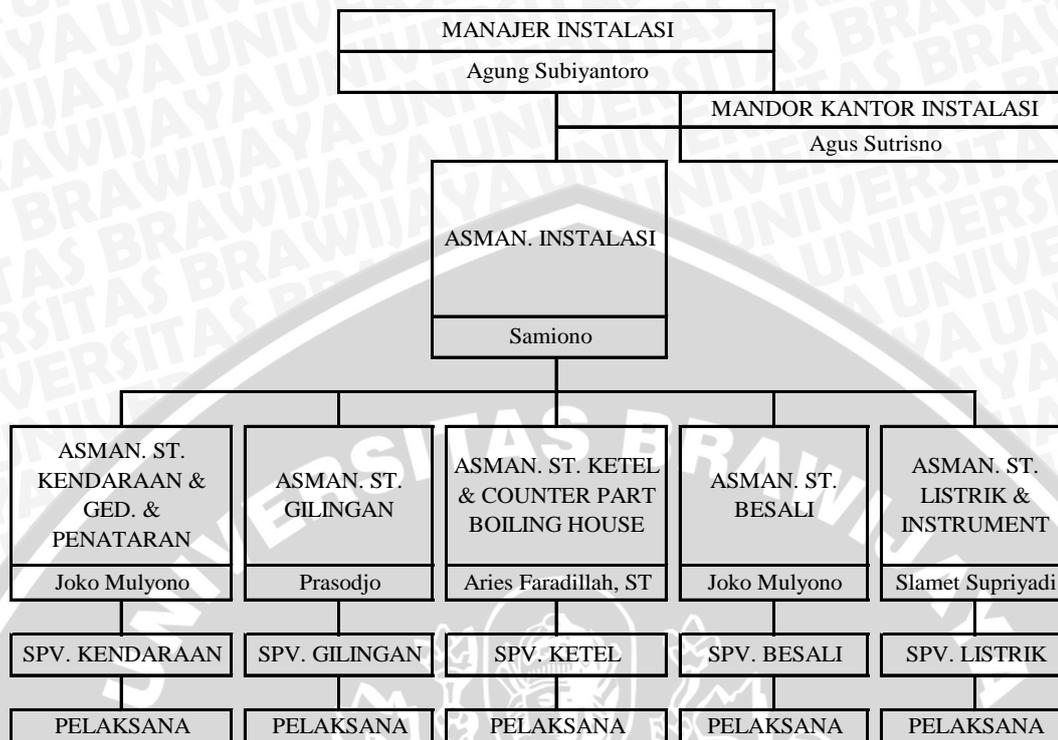


Gambar 18. Struktur Organisasi PG Djombang Baru Bagian *Quality Control*

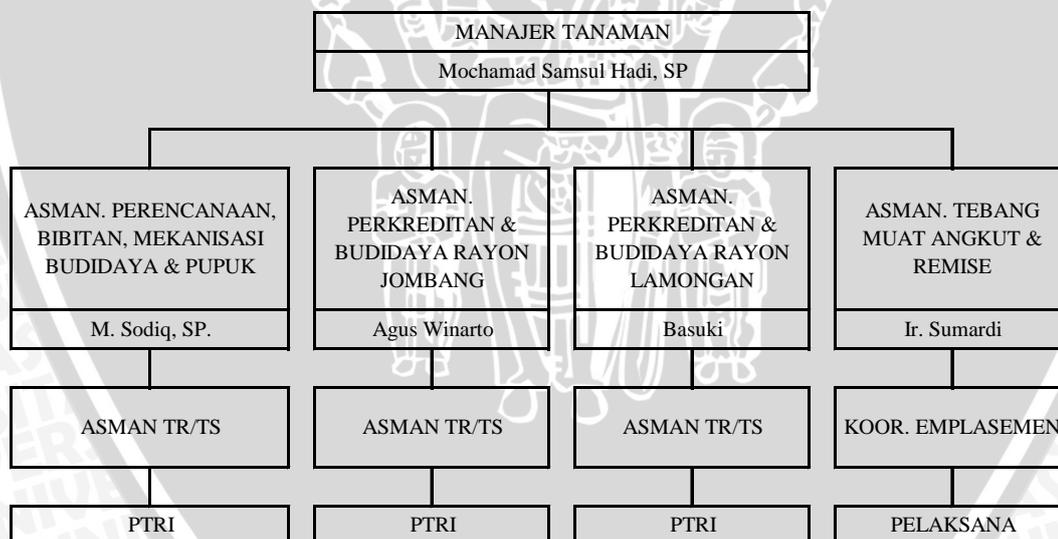


Gambar 19. Struktur Organisasi PG Djombang Baru Bagian Pengolahan

Lampiran 1. (Lanjutan)

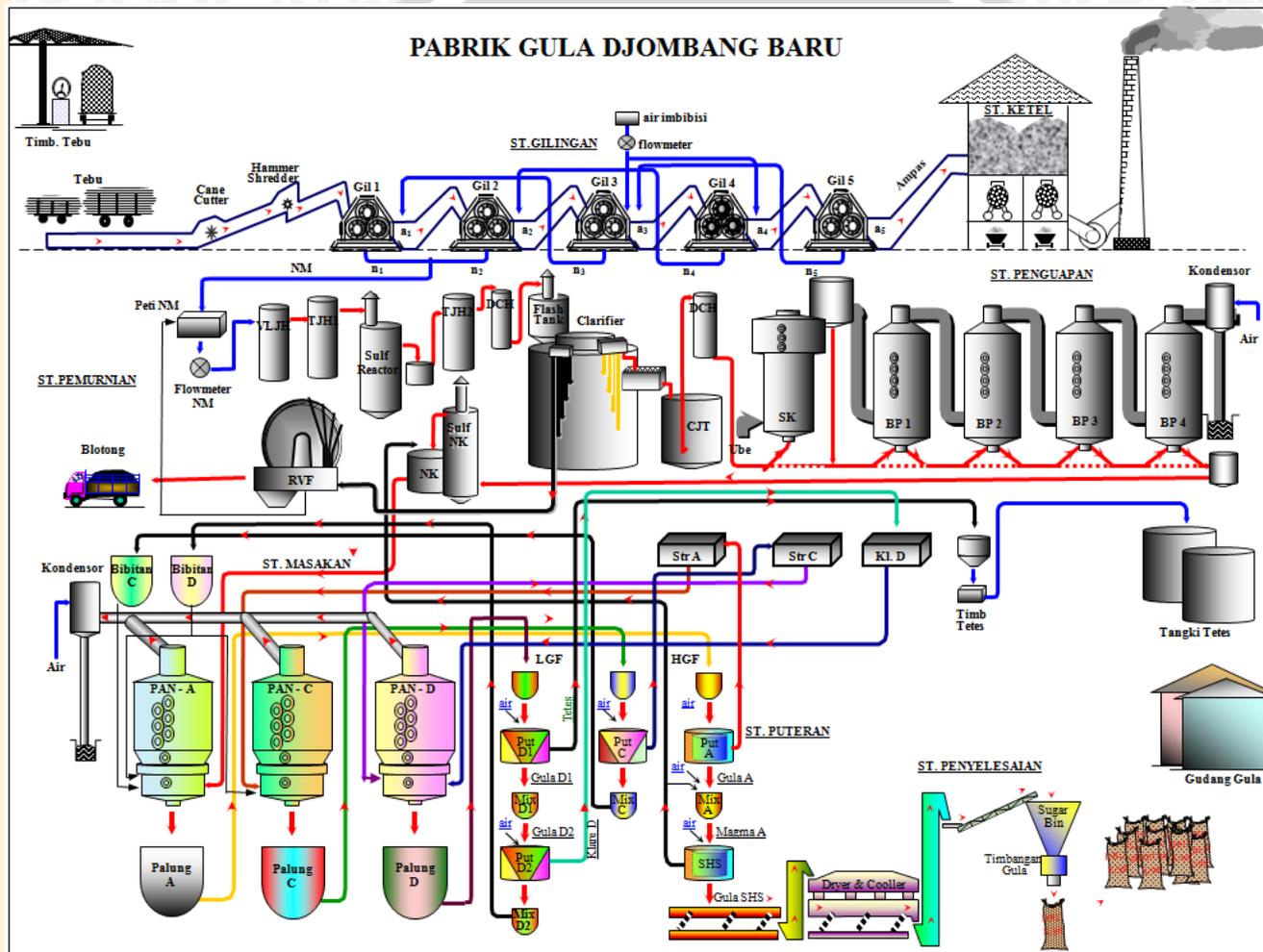


Gambar 20. Struktur Organisasi PG Djombang Baru Bagian Instalasi



Gambar 21. Struktur Organisasi PG Djombang Baru Bagian Tanaman

Lampiran 2. Skema Proses Produksi Gula



Lampiran 3. Mesin dan Peralatan Proses Produksi



Gambar 22. Gilingan



Gambar 23. Tubular Juice Heater



Gambar 24. Defekator



Gambar 25. Sulf Reaktor



Gambar 26. Clarifier



Gambar 27. Badan Penguap



Gambar 28. Palung Pendingin



Gambar 29. Putaran LGF

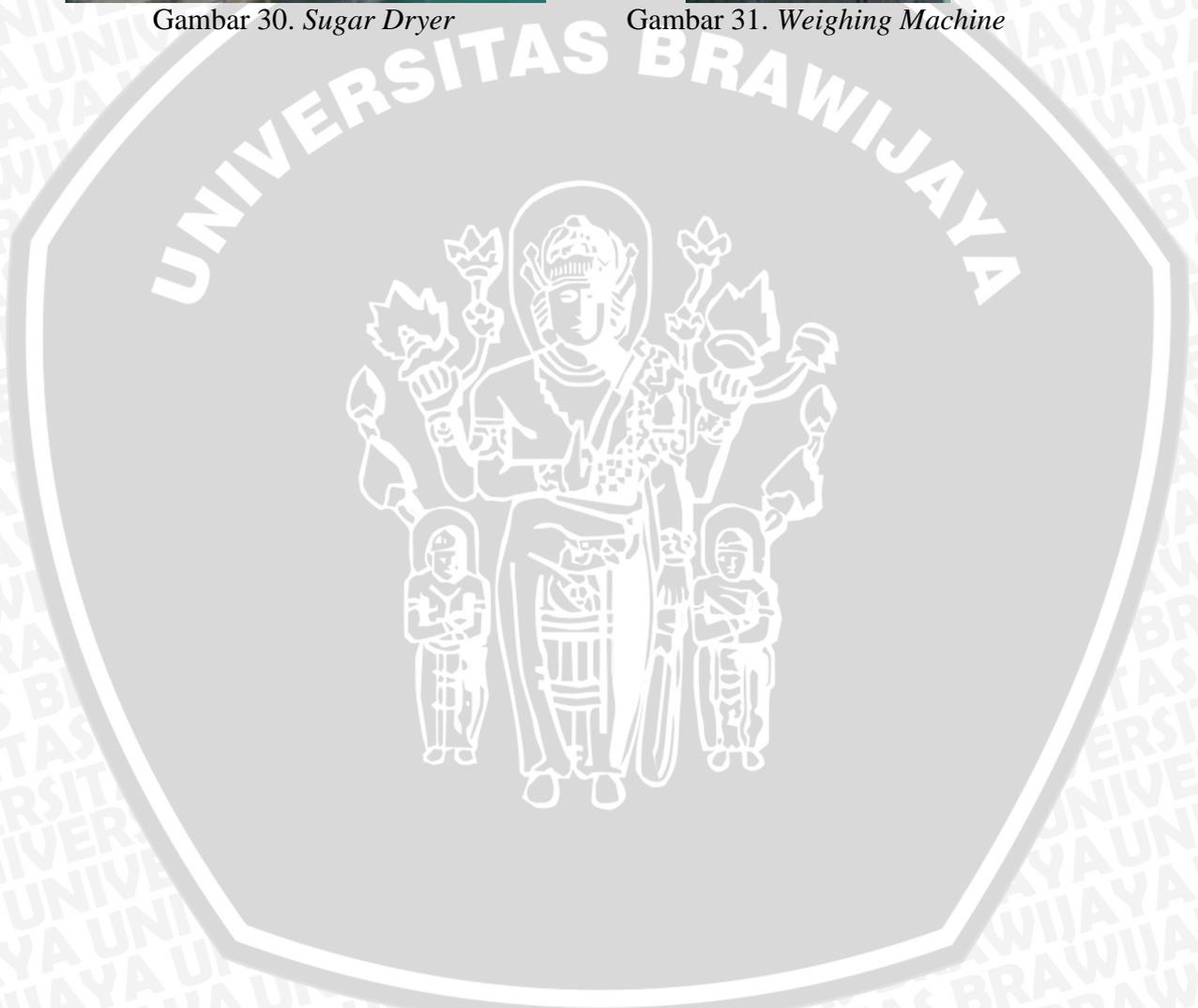
Lampiran 3. (Lanjutan)



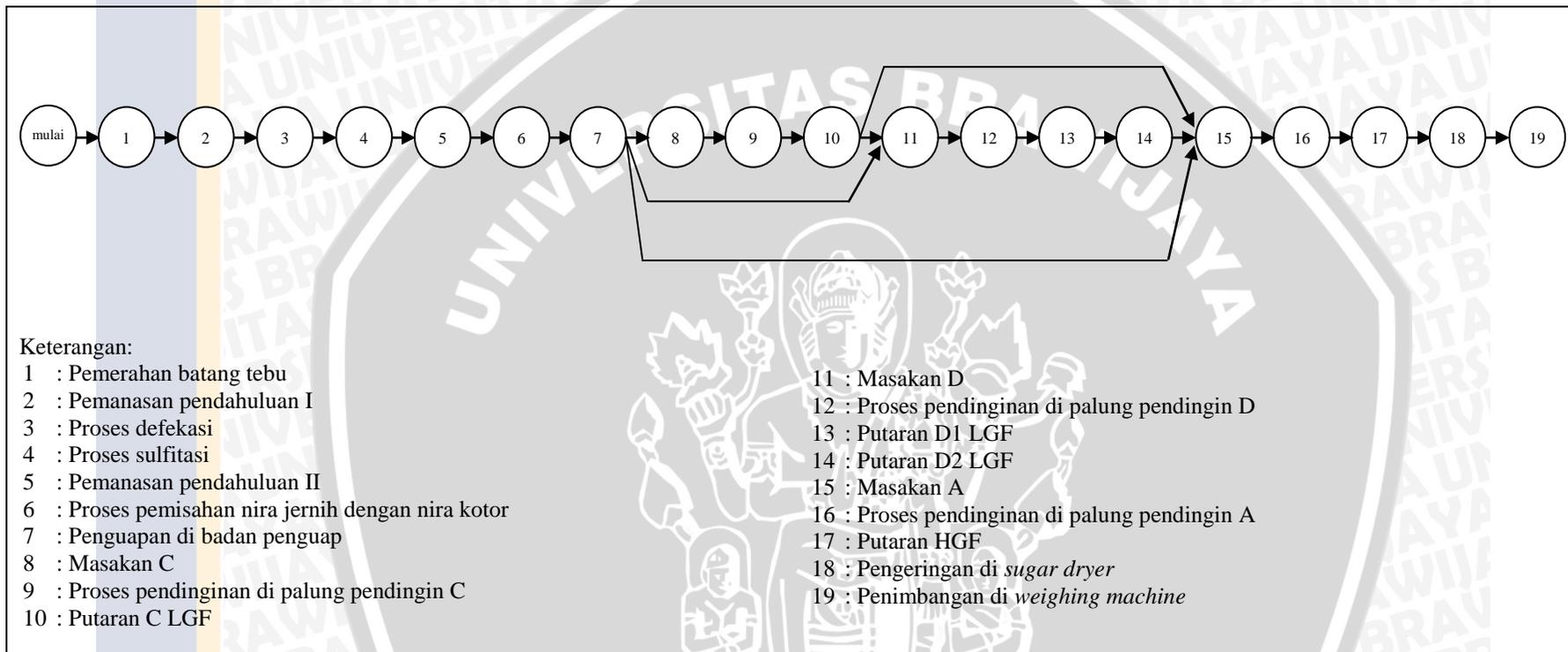
Gambar 30. Sugar Dryer



Gambar 31. Weighing Machine

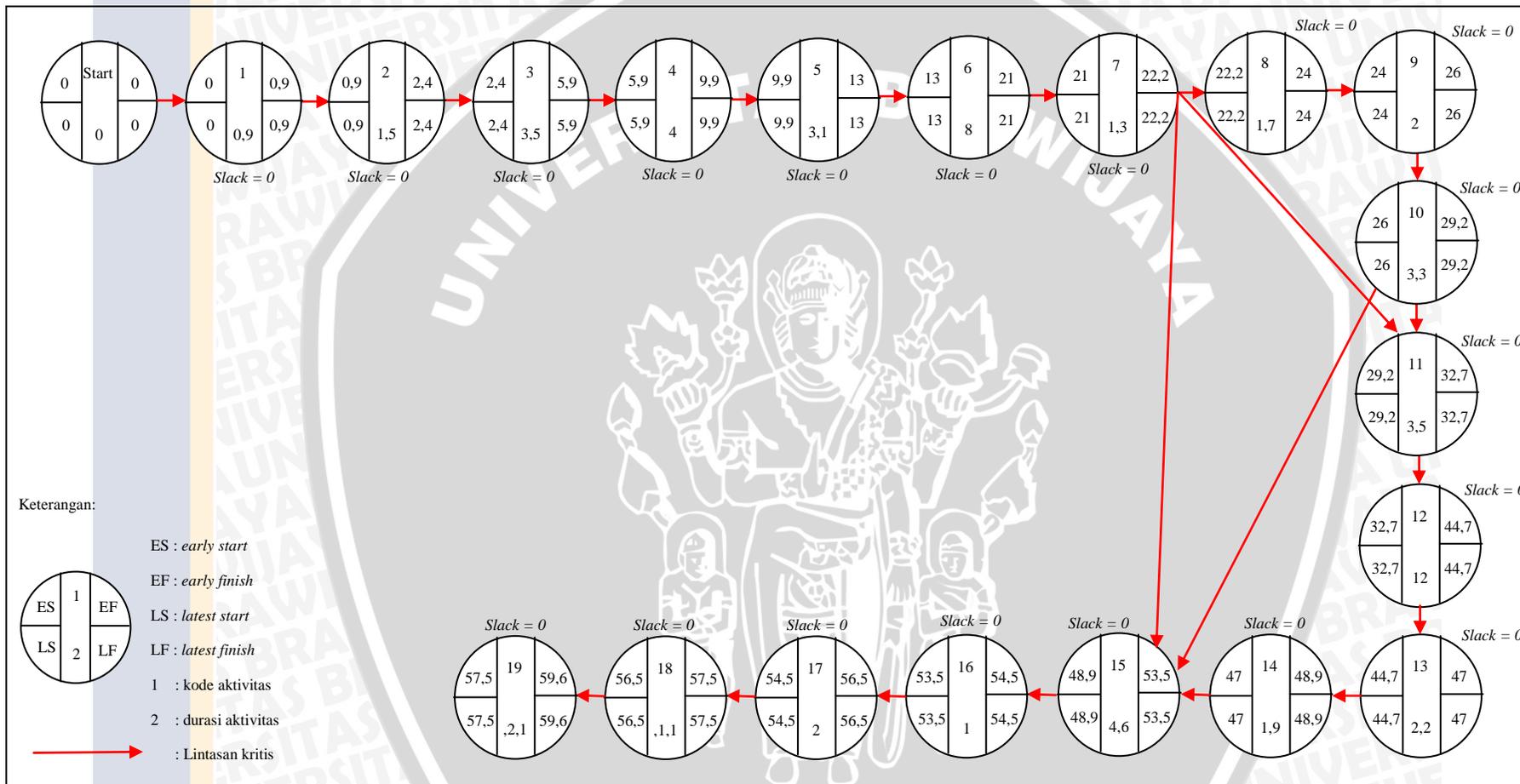


Lampiran 4. Jaringan Kerja Proses Produksi Gula



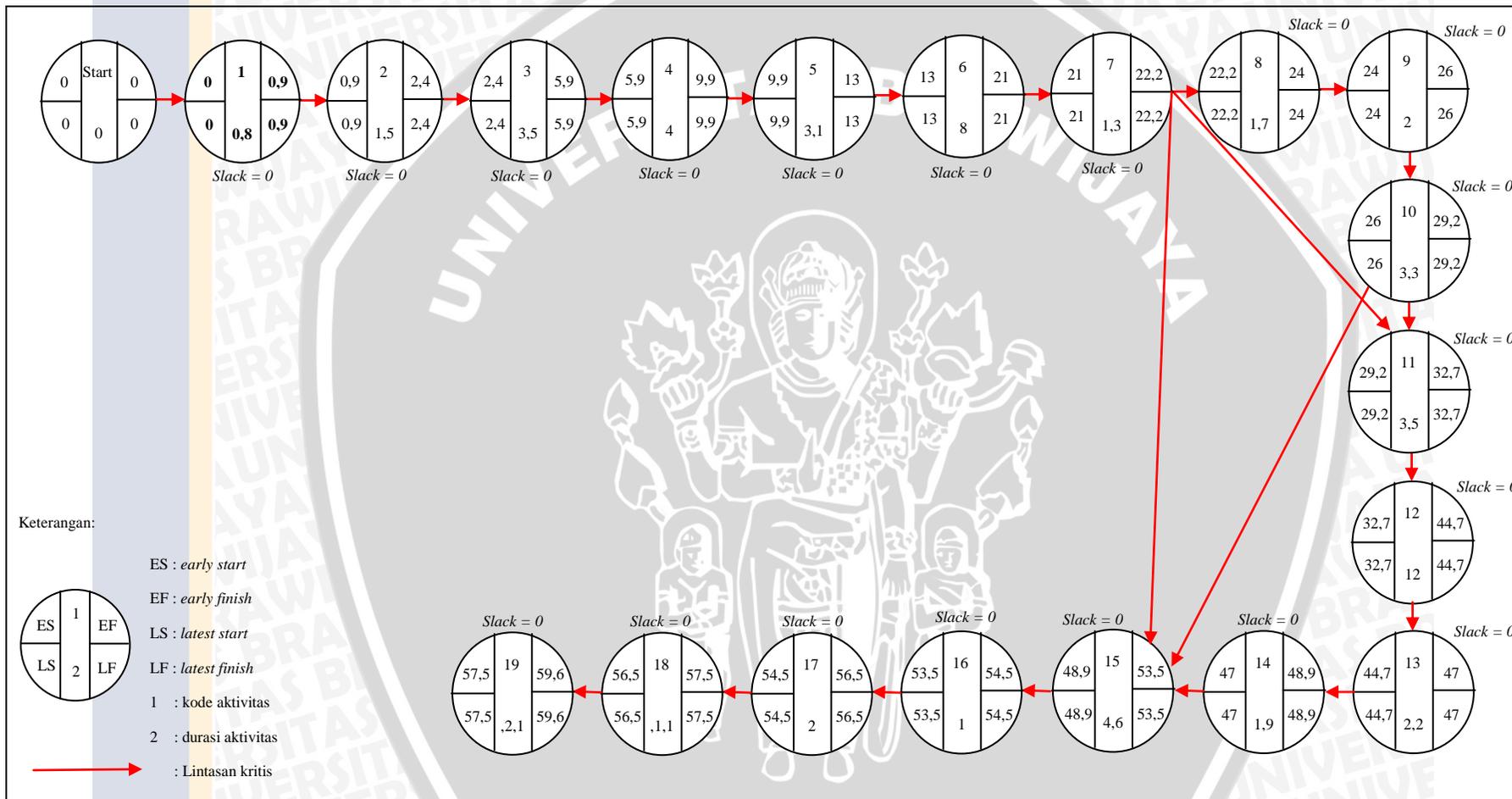
Sumber: Data Primer, 2014.

Lampiran 5. Jaringan Kerja Proses Produksi Gula pada Kondisi Normal



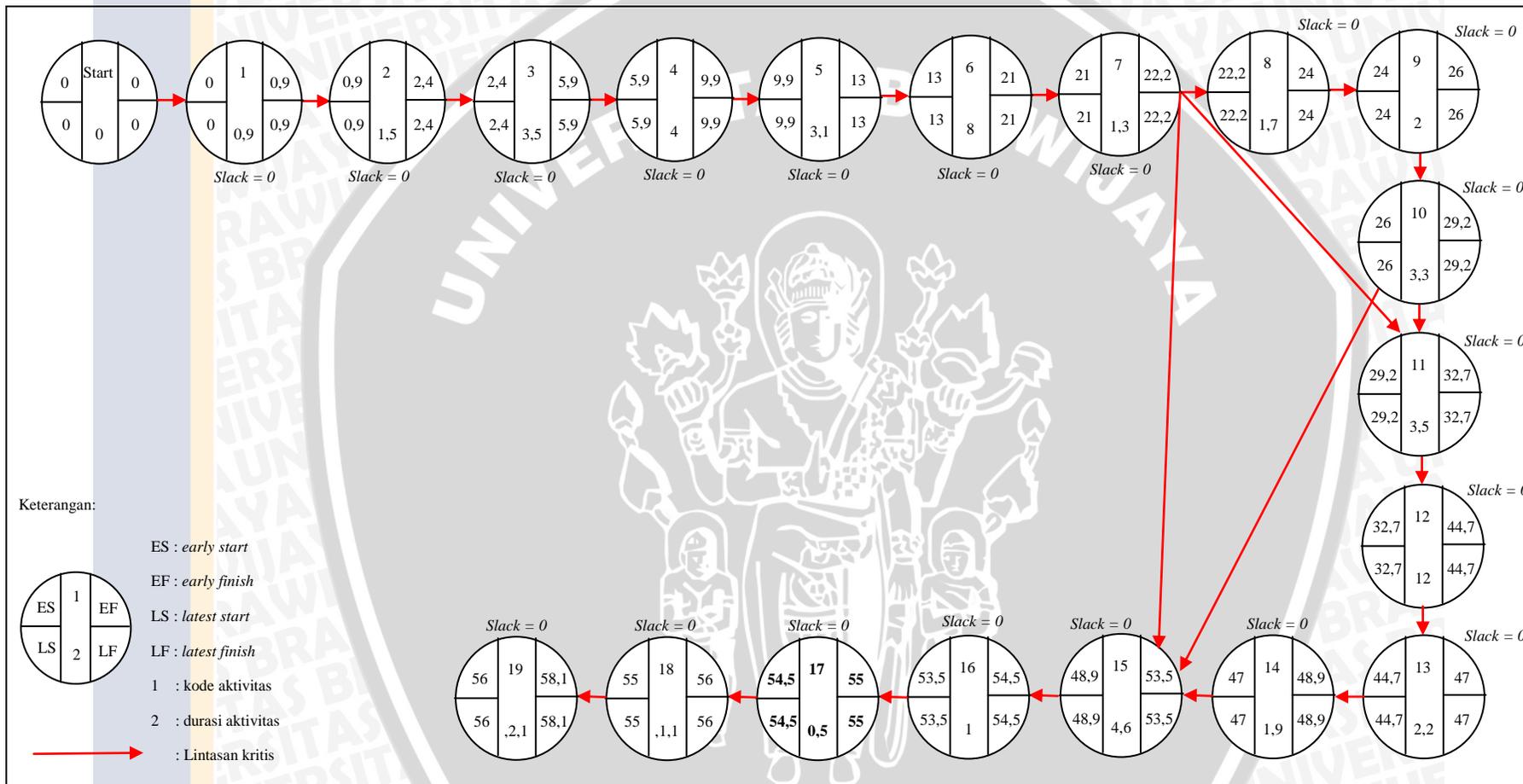
Sumber: Data Primer, 2014.

Lampiran 6. Jaringan Kerja dengan Waktu Percepatan Aktivitas 1



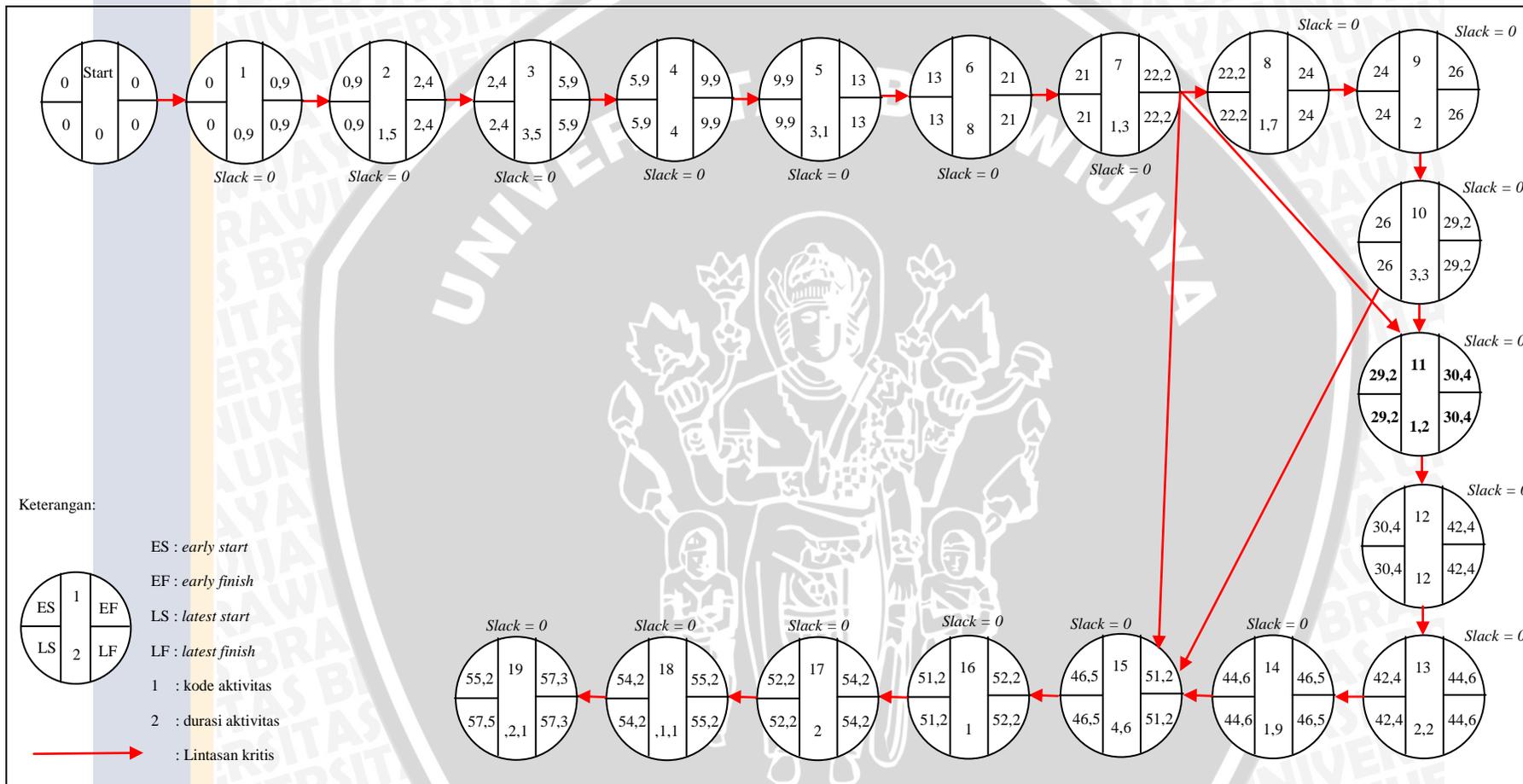
Sumber: Data Primer, 2014.

Lampiran 7. Jaringan Kerja dengan Waktu Percepatan Aktivitas 17



Sumber: Data Primer, 2014.

Lampiran 8. Jaringan Kerja dengan Waktu Percepatan Aktivitas 11



Sumber: Data Primer, 2014.

## Lampiran 9. Rincian Biaya Langsung Produksi Gula dalam Satu Kali Proses

No.	Stasiun	Kegiatan	Perincian	Jumlah	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Nilai (Rp)	Total (Rp)	
1	Gilingan	Pemerahan batang tebu	1. Bahan baku	112.73	Ton	450,000	50,726,733		
			1. Kebutuhan uap kering	8.51	Meter Kubik	1,600	13,616		
			2. Kebutuhan uap baru	0.56	Meter Kubik	1,600	902		
			3. Kebutuhan air	10.00	Meter Kubik	1,600	16,000		
			4. Kebutuhan listrik:						
			a. <i>Cane crane</i>	25.63	kW	1,139	29,192		
			b. Meja tebu	9.89	kW	1,139	11,267		
			c. <i>Cane cutter</i>	206.84	kW	1,139	235,586		
			d. <i>Hammer shredder</i>	404.68	kW	1,139	460,930		
			e. Mesin uap	201.44	kW	1,139	229,441		
							51,723,667		
2	Pemurnian	Pemanasan Pendahuluan I	1. Kebutuhan uap bekas	10.81	Meter Kubik	1,600	17,301		
			2. Kebutuhan air sekrapan <i>juice heater</i>	2.30	Meter Kubik	1,600	3,682		
			3. Kebutuhan listrik pompa <i>centrifugal</i>	13.72	kW	1,139	15,624		
									36,607
		Proses defekasi	1. Kebutuhan kapur	0.06	Ton	1,048,850	59,198		
			2. Kebutuhan asam pospat	0.08	Ton	12,155	962		
			3. Kebutuhan listrik pompa <i>centrifugal</i>	15.81	kW	1,139	18,013		
									77,039
		Proses sulfitasi	1. Kebutuhan belerang	0.18	Ton	3,300,000	583,816		
			2. Kebutuhan listrik pompa <i>centrifugal</i>	17.79	kW	1,139	20,257		
							604,073		

## Lampiran 9. (Lanjutan)

No.	Stasiun	Kegiatan	Perincian	Jumlah	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Nilai (Rp)	Total (Rp)
		Pemanasan Pendahuluan II	1. Kebutuhan uap bekas	6.63	Meter Kubik	1,600	10,610	
			2. Kebutuhan air sekrapan <i>juice heater</i>	4.69	Meter Kubik	1,600	7,506	
			3. Kebutuhan listrik pompa <i>centrifugal</i>	13.98	kW	1,139	15,924	
								34,040
		Proses pemisahan nira jernih dengan nira kotor	1. Kebutuhan air injeksi kondensor RVF	17.92	Meter Kubik	1,600	28,673	
			2. Kebutuhan listrik:					
			a. Motor penggerak <i>clarifier</i>	178.25	kW	1,139	203,024	
			b. Pompa <i>centrifugal</i>	35.84	kW	1,139	40,823	
								272,519
3	Penguapan	Proses penguapan	1. Kebutuhan uap pemanas	26.24	Meter Kubik	1,600	41,992	
			2. Kebutuhan air:					
			a. Sekrapan evaporator	38.93	Meter Kubik	1,600	62,281	
			b. Injeksi kondensor evaporator	765.08	Meter Kubik	1,600	1,224,129	
			3. Kebutuhan listrik pompa <i>centrifugal</i>	5.78	kW	1,139	6,585	
								1,334,987
4	Masakan	Masakan C	1. Kebutuhan uap masakan C	5.72	Meter Kubik	1,600	9,144	
			2. Kebutuhan air	2.60	Meter Kubik	1,600	4,168	
			3. Kebutuhan listrik pompa rota	51.59	kW	1,139	58,761	
								72,073
		Proses pendinginan masakan C	1. Kebutuhan air	15.83	Meter Kubik	1,600	25,331	
			3. Kebutuhan listrik pompa rota	60.00	kW	1,139	68,340	
								93,671
		Masakan D	1. Kebutuhan uap masakan D	5.69	Meter Kubik	1,600	9,109	
			2. Kebutuhan air	2.68	Meter Kubik	1,600	4,288	
			4. Kebutuhan listrik pompa rota	105.51	kW	1,139	120,173	
								133,570

Lampiran 9. (Lanjutan)

No.	Stasiun	Kegiatan	Perincian	Jumlah	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Nilai (Rp)	Total (Rp)
		Proses pendinginan masakan D	1. Kebutuhan air	15.85	Meter Kubik	1,600	25,363	
			2. Kebutuhan listrik pompa rota	360.00	kW	1,139	410,040	
								435,403
		Masakan A	1. Kebutuhan uap masakan A	16.82	Meter Kubik	1,600	26,917	
			2. Kebutuhan air	3.18	Meter Kubik	1,600	5,088	
			3. Kebutuhan listrik pompa rota	56.97	kW	1,139	64,893	
								96,898
		Proses pendinginan masakan A	1. Kebutuhan air	19.99	Meter Kubik	1,600	31,988	
			2. Kebutuhan listrik pompa rota	30.00	kW	1,139	34,170	
								66,158
5	Putaran	Putaran C LGF ( <i>Low Grade Fugal</i> )	1. Kebutuhan listrik:					
			a. Pompa roda gigi	8.60	kW	1,139	9,791	
			b. Motor penggerak	12.05	kW	1,139	13,722	
								23,513
		Putaran D1 LGF ( <i>Low Grade Fugal</i> )	1. Kebutuhan listrik:					
			a. Pompa roda gigi	17.66	kW	1,139	20,116	
			b. Motor penggerak	8.25	kW	1,139	9,398	
								29,514
		Putaran D2 LGF ( <i>Low Grade Fugal</i> )	1. Air pencuci gula LGF D2	7.20	Meter Kubik	1,600	11,523	
			2. Kebutuhan listrik motor penggerak	7.03	kW	1,139	8,003	
								19,527

Lampiran 9. (Lanjutan)

No.	Stasiun	Kegiatan	Perincian	Jumlah	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Nilai (Rp)	Total (Rp)
		Putaran HGF (High Grade Fugal) Double Curing	1. Kebutuhan uap baru	3.15	Meter Kubik	1,600	5,040	
			2. Air pencuci gula HGF Double Curing	2.50	Meter Kubik	1,600	4,008	
			3. Kebutuhan listrik	898.70	kW	1,139	1,023,621	
								1,032,669
6	Penyelesaian	Pengeringan di <i>sugar dryer</i>	1. Kebutuhan uap	0.39	Meter Kubik	1,600	630	
			2. Kebutuhan listrik motor penggerak	3.90	kW	1,139	4,438	
								5,068
		Penimbangan di <i>Weighing Machine</i>	1. Kebutuhan kemasan	320	Lembar	3,900	1,248,000	
			2. Kebutuhan listrik:					
			a. Motor <i>sugar screen</i>	15.66	kW	1,139	17,842	
			b. Motor <i>sugar conveyor</i>	6.27	kW	1,139	7,137	
								1,272,979
								Total 57,363,975

Sumber: Data Primer, 2014.

## Lampiran 10. Perhitungan Percepatan Waktu Berdasarkan Produktivitas Aktivitas

## 1. Perhitungan percepatan waktu aktivitas 1 (pemerahan batang tebu)

Rata-rata jam giling per hari = 19,39 jam

Potensi jam giling per hari = 23,50 jam

Berdasarkan kondisi tersebut, maka dilakukan perbaikan dengan meningkatkan zat kering ampas > 50% dan memperlebar pengumpan ampas *donnelly chute*. Sehingga diharapkan jam giling bertambah 4,11 jam per hari dari waktu normal. Jika jam giling dalam satu kali proses sama dengan 0,90 jam, maka setelah dilakukan perbaikan jam gilingnya akan bertambah 0,19 jam.

$$\text{Produktivitas normal per jam} = \frac{\text{volume}}{\text{durasi}} = \frac{112,73}{0,90} = 125,35$$

Produktivitas per jam setelah percepatan:

$$= (\text{jam giling normal} \times \text{produktivitas normal}) + (\text{tambahan jam giling} \times \text{produktivitas normal})$$

$$= (0,90 \times 125,35) + (0,19 \times 125,35)$$

$$= 136,61$$

$$\text{Waktu percepatan} = \frac{\text{volume}}{\text{produktivitas setelah percepatan}} = \frac{112,73}{136,61} = \mathbf{0,83 \text{ jam}}$$

## 2. Perhitungan percepatan waktu aktivitas 11 (Masakan D)

Percepatan proses masakan D dilakukan dengan menambah satu mesin *continuous vacuum pan D*.

$$\text{Produktivitas pan batch D per jam} = \frac{\text{volume}}{\text{durasi}} = \frac{26,76}{3,52} = 7,61$$

Jika kapasitas mesin *Continuous Vacuum Pan-D* adalah 15 Ton/jam, maka untuk menghasilkan 26,76 Ton dibutuhkan waktu 1,78 jam.

$$\text{Produktivitas } \textit{continuous vacuum pan D} \text{ per jam} = \frac{\text{volume}}{\text{durasi}} = \frac{26,76}{1,78} = 15$$

$$\text{Produktivitas per jam setelah percepatan} = 7,61 + 15 = 22,61$$

$$\text{Waktu percepatan} = \frac{\text{volume}}{\text{produktivitas setelah percepatan}} = \frac{26,76}{22,61} = \mathbf{1,18 \text{ jam}}$$

### 3. Perhitungan percepatan waktu aktivitas 17 (putaran HGF)

Percepatan proses putaran HGF dilakukan dengan menambah satu mesin HGF *single curing*.

$$\text{Produktivitas mesin HGF } double \text{ curing per jam} = \frac{\text{volume}}{\text{durasi}} = \frac{31,81}{1,99} = 16$$

Kapasitas mesin HGF *single curing* = 1,75 ton/2 menit satu setara 52,5 ton/jam. Sehingga untuk memproduksi 31,81 ton membutuhkan waktu 0,61 jam.

$$\text{Produktivitas mesin HGF } single \text{ curing per jam} = \frac{\text{volume}}{\text{durasi}} = \frac{31,81}{0,61} = 52,5$$

$$\text{Produktivitas per jam setelah percepatan} = 16 + 52,5 = 68,50$$

$$\text{Waktu percepatan} = \frac{\text{volume}}{\text{produktivitas setelah percepatan}} = \frac{31,81}{68,50} = \mathbf{0,46 \text{ jam}}$$



## Lampiran 11. Perhitungan Biaya Berdasarkan Percepatan Waktu Produksi Gula

## 1. Biaya percepatan aktivitas pemerahan batang tebu

Aktivitas	Perincian	Waktu (Jam)		Biaya Langsung (Rp)	
		Normal	Dipercepat	Normal	Dipercepat
Pemerahan batang tebu	1. Bahan baku	0.90	0.83	50,726,733	50,726,733
	2. Kebutuhan uap kering	0.90	0.83	13,616	12,494
	3. Kebutuhan uap baru	0.90	0.83	902	828
	4. Kebutuhan air	0.90	0.83	16,000	14,681
	5. Kebutuhan listrik:				
	a. <i>Cane crane</i>	0.90	0.83	29,192	26,786
	b. Meja tebu	0.90	0.83	11,267	10,338
	c. <i>Cane cutter</i>	0.90	0.83	235,586	216,168
	d. <i>Hammer shredder</i>	0.90	0.83	460,930	422,937
	e. Turbin	0.90	0.83	229,441	210,529
<b>Total</b>				<b>51,723,667</b>	<b>51,641,493</b>

Sumber: Data Primer, 2014.

## 2. Biaya percepatan aktivitas masakan D dan putaran HGF

Aktivitas	Perincian	Pemakaian/ Jam	Satuan	Harga (Rp)	Biaya/Jam (Rp)	Waktu Proses (Jam)	Biaya/Proses (Rp)	Biaya Percepatan/ Jam (Rp)	Waktu Percepatan (Jam)	Total Biaya Percepatan (Rp)																																																																																																									
Masakan D	Uap Pan Batch D	1.62	Meter kubik	1,600	2,590	3.52	9,109	18,218	1.18	21,562																																																																																																									
	Uap CVP D	3.19	Meter kubik	1,600	5,106	1.78	9,109				Air Pan Batch D	0.76	Meter kubik	1,600	1,219	3.52	4,288	8,570	1.18	10,143	Air CVP D	1.5	Meter kubik	1,600	2,400	1.78	4,282	Listrik Pan Batch D	30	kW	1,139	34,170	3.52	120,173	181,132	1.18	214,387	Listrik CVP D	30	kW	1,139	34,170	1.78	60,959	<b>Total</b>										<b>246,093</b>	Putaran <i>High Grade Centrifugal</i>	Uap HGF DC	1.58	Meter kubik	1,600	2,535	1.99	5,040	10,079	0.46	4,681	Uap HGF SC	5.20	Meter kubik	1,600	8,317	0.61	5,040	Air HGF DC	1.26	Meter kubik	1,600	2,016	1.99	4,008	8,016	0.46	3,723	Air HGF SC	4.13	Meter kubik	1,600	6,614	0.61	4,008	Listrik HGF DC	452	kW	1,139	514,828	1.99	1,023,621	1,196,166	0.46	555,518	Listrik HGF SC	250	kW	1,139	284,750	0.61	172,545	<b>Total</b>							
	Air Pan Batch D	0.76	Meter kubik	1,600	1,219	3.52	4,288	8,570	1.18	10,143																																																																																																									
	Air CVP D	1.5	Meter kubik	1,600	2,400	1.78	4,282				Listrik Pan Batch D	30	kW	1,139	34,170	3.52	120,173	181,132	1.18	214,387	Listrik CVP D	30	kW	1,139	34,170	1.78	60,959	<b>Total</b>										<b>246,093</b>	Putaran <i>High Grade Centrifugal</i>	Uap HGF DC	1.58	Meter kubik	1,600	2,535	1.99	5,040	10,079	0.46	4,681	Uap HGF SC	5.20	Meter kubik	1,600	8,317	0.61		5,040	Air HGF DC	1.26	Meter kubik	1,600	2,016	1.99	4,008	8,016	0.46	3,723	Air HGF SC	4.13	Meter kubik	1,600	6,614	0.61	4,008	Listrik HGF DC	452	kW	1,139	514,828	1.99	1,023,621	1,196,166	0.46	555,518	Listrik HGF SC	250	kW	1,139	284,750	0.61	172,545	<b>Total</b>										<b>563,921</b>													
	Listrik Pan Batch D	30	kW	1,139	34,170	3.52	120,173	181,132	1.18	214,387																																																																																																									
	Listrik CVP D	30	kW	1,139	34,170	1.78	60,959				<b>Total</b>										<b>246,093</b>	Putaran <i>High Grade Centrifugal</i>	Uap HGF DC	1.58	Meter kubik	1,600	2,535	1.99	5,040	10,079	0.46	4,681	Uap HGF SC	5.20	Meter kubik	1,600	8,317	0.61		5,040	Air HGF DC	1.26	Meter kubik	1,600	2,016	1.99	4,008	8,016	0.46	3,723	Air HGF SC	4.13	Meter kubik	1,600	6,614		0.61	4,008	Listrik HGF DC	452	kW	1,139	514,828	1.99	1,023,621	1,196,166	0.46	555,518	Listrik HGF SC	250	kW	1,139	284,750	0.61	172,545	<b>Total</b>										<b>563,921</b>																													
	<b>Total</b>										<b>246,093</b>																																																																																																								
	Putaran <i>High Grade Centrifugal</i>	Uap HGF DC	1.58	Meter kubik	1,600	2,535	1.99	5,040	10,079	0.46	4,681																																																																																																								
		Uap HGF SC	5.20	Meter kubik	1,600	8,317	0.61	5,040				Air HGF DC	1.26	Meter kubik	1,600	2,016	1.99	4,008	8,016	0.46	3,723		Air HGF SC	4.13	Meter kubik	1,600	6,614	0.61	4,008	Listrik HGF DC	452	kW	1,139	514,828	1.99	1,023,621	1,196,166	0.46		555,518	Listrik HGF SC	250	kW	1,139	284,750	0.61	172,545	<b>Total</b>											<b>563,921</b>																																																								
		Air HGF DC	1.26	Meter kubik	1,600	2,016	1.99	4,008	8,016	0.46	3,723																																																																																																								
Air HGF SC		4.13	Meter kubik	1,600	6,614	0.61	4,008	Listrik HGF DC				452	kW	1,139	514,828	1.99	1,023,621	1,196,166	0.46	555,518	Listrik HGF SC		250	kW	1,139	284,750	0.61	172,545	<b>Total</b>											<b>563,921</b>																																																																											
Listrik HGF DC		452	kW	1,139	514,828	1.99	1,023,621	1,196,166	0.46	555,518																																																																																																									
Listrik HGF SC		250	kW	1,139	284,750	0.61	172,545				<b>Total</b>										<b>563,921</b>																																																																																														
<b>Total</b>										<b>563,921</b>																																																																																																									

Sumber: Data Primer, 2014.