

## PENJADWALAN PRODUKSI DAN PERENCANAAN PERSEDIAAN BAHAN BAKU DI PT. WAHANA LENTERA RAYA

Veronika Nadia<sup>1)</sup>, Dian Retno Sari Dewi<sup>2)</sup>, Martinus Edy Sianto<sup>2)</sup>  
E-mail: na2cteabz@yahoo.com

### ABSTRAK

*Penjadwalan merupakan proses penting dalam sistem produksi. Penjadwalan produksi di PT. Wahana Lentera Raya dilakukan dengan menggunakan metode Campbell Dudeck Smith (CDS) yang bertujuan untuk menentukan urutan job agar makespan yang diperoleh lebih kecil daripada sebelumnya karena lot produksi yang digunakan berbeda. Hal ini dilakukan karena seringnya terjadi keterlambatan produksi yang dialami oleh perusahaan. Dengan menggunakan jadwal produksi yang baru, perusahaan dapat meningkatkan produksinya hingga 68 441 unit lebih banyak daripada sebelumnya. Pemesanan bahan baku menggunakan metode deterministik dengan Economic Order Interval (EOI) single item dengan fixed demand, dan lead time. Perhitungan ini digunakan agar didapatkan total biaya minimum. Dan total biaya yang diperoleh untuk memenuhi kebutuhan bahan baku adalah Rp74,5 juta. Biaya tersebut mempunyai selisih Rp1,2 juta dengan biaya pengeluaran perusahaan sebelumnya.*

*Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa dengan mesin yang ada, perusahaan tidak dapat menyelesaikan target demand produk yang dibutuhkan dalam waktu sebulan. Oleh karena itu, perusahaan harus menambah jumlah mesin altendorf sebanyak 3 unit, trimm edging 1 unit, dan packing sebanyak 3 line agar kapasitas produksi dapat mencukupi. Dengan adanya jadwal yang sudah mencakup keseluruhan ini, perusahaan dapat lebih mudah mengontrol jadwal produksi, jadwal pemesanan bahan baku, dan jumlah persediaan bahan baku yang ada.*

**Kata kunci:** penjadwalan, produksi, persediaan, bahan baku, metode CDS

### PENDAHULUAN

Penjadwalan produksi merupakan salah satu tahap penting sebelum memulai kegiatan produksi. Waktu penyelesaian produk patut diperhitungkan oleh perusahaan. Keterlambatan produksi akan merugikan perusahaan karena dapat mengurangi kepercayaan pelanggan terhadap perusahaan. Namun bila produksi tersebut dapat diselesaikan terlalu awal dari *due date* yang telah ditetapkan, maka biaya simpan juga akan bertambah.

Selain waktu penyelesaian produk, hal lain yang perlu diperhatikan oleh perusahaan adalah kebutuhan bahan baku, karena untuk dapat memproduksi suatu produk, maka bahan baku yang dibutuhkan harus sudah tersedia sebelum proses produksi dimulai. Oleh karena itu, waktu pemesanan, dan jumlah persediaan bahan baku juga harus diperhitungkan.

PT. Wahana Lentera Raya adalah sebuah perusahaan industri manufaktur pembuatan produk furnitur seperti: meja komputer, televisi, meja, *home furniture*, dan lain-lainnya. Produk yang harus diproduksi memiliki jumlah *demand* yang besar, dan setiap produk juga memiliki komponen, dan *routing process* yang berbeda-beda pula.

Permasalahan yang terjadi di PT. Wahana Lentera Raya adalah bahan baku di gudang tersedia dalam jumlah yang berlebihan. Hal ini

dikarenakan kurang tepatnya interval pemesanan, dan jumlah *lot* barang datang, sehingga biaya yang dibutuhkan cukup besar. Selain itu, dibutuhkan perbaikan pada sistem penjadwalan produksi untuk memperkecil nilai *makespan*. Namun, bila perusahaan ingin mencapai target, maka kapasitas produksi harus ditambah.

Penjadwalan produksi, dan persediaan bahan baku merupakan hal penting yang saling berkaitan dalam suatu proses produksi untuk mengetahui waktu, dan jenis produk yang akan diproduksi serta waktu pemesanan, dan jumlah pemesanan bahan baku. Oleh karena itu, permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana membuat perbaikan penjadwalan produksi dengan menggunakan metode CDS?;
2. Bagaimana merancang persediaan bahan baku dengan mempertimbangkan hasil penjadwalan produksi?.

### TINJAUAN PUSTAKA

#### Produksi

Produksi merupakan kegiatan dasar suatu perusahaan dalam menghasilkan suatu produk yang layak untuk dipasarkan kepada masyarakat, dan mendapatkan keuntungan.

Fungsi utama dari kegiatan produksi

<sup>1)</sup> Mahasiswi di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Industri Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

<sup>2)</sup> Staf Pengajar di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Industri Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

adalah sebagai berikut:

- Proses produksi, yaitu metode, dan teknik yang digunakan dalam mengolah bahan baku menjadi produk;
- Perencanaan produksi, merupakan tindakan antisipatif di masa mendatang sesuai dengan waktu/periode yang telah diperkirakan;
- Pengendalian produksi, yaitu tindakan yang menjamin bahwa semua kegiatan yang dilaksanakan dalam perencanaan telah sesuai dengan target yang telah ditetapkan;

### Penjadwalan Produksi

Penjadwalan produksi adalah aktivitas produksi yang sangat penting untuk mengambil keputusan dalam melakukan serangkaian kegiatan produksi dengan adanya keterbatasan sumber daya. Suatu penjadwalan dikatakan baik bila sumber daya yang ada dapat dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya.

Tujuan dari aktivitas penjadwalan adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan penggunaan sumber daya, atau mengurangi waktu tunggu (*delay*), sehingga total waktu proses dapat berkurang, dan produktivitas dapat meningkat;
2. Mengurangi persediaan barang setengah jadi, atau pekerjaan yang menunggu dalam antrian ketika *job* yang lain masih dikerjakan;
3. Mengurangi keterlambatan pada *job* yang mempunyai batas waktu penyelesaian, sehingga akan dapat meminimasi biaya keterlambatan;
4. Membantu pengambilan keputusan mengenai perencanaan kapasitas pabrik, dan jenis kapasitas yang dibutuhkan;

Ukuran keberhasilan penjadwalan yaitu berkurangnya:

- Rata-rata waktu alir (*Mean Flow Time*);
- *Makespan* (total waktu proses yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu kumpulan *job*);
- Rata-rata keterlambatan (*Mean Tardiness*);
- Jumlah *job* yang terlambat;
- Jumlah mesin yang menganggur;
- Jumlah persediaan.

Minimasi *makespan* dimaksudkan untuk mencapai utilitas yang tinggi dari sumber daya yang ada dengan cara menyelesaikan seluruh *job* secepatnya. Sedangkan minimasi jumlah *job* yang menganggur berarti akan berpengaruh terhadap minimasi keterlambatan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi penjadwalan produksi adalah sebagai berikut:

- Jumlah *job* yang akan dijadwalkan;

- Jumlah mesin yang dapat digunakan;
- Ukuran dari keberhasilan pelaksanaan penjadwalan;
- Cara *job* datang;
- Jenis aliran proses produksi.

### Penjadwalan *Flow Shop*

Penjadwalan adalah penetapan waktu awal, dan waktu selesainya suatu pekerjaan yang berurutan. Kebijakan, dan tujuan manajemen adalah menentukan suatu penjadwalan. Namun ada kemungkinan manajemen produksi mendefinisikan banyak tujuan penjadwalan yang saling berbenturan, seperti: meminimalkan keterlambatan, biaya simpan maupun biaya proses, waktu proses, dan memaksimalkan efisiensi kerja. Pencapaian tujuan penjadwalan tersebut tergantung pada fleksibilitas peralatan, dan personal di bagian manufaktur, dan keinginan perusahaan.

Pada penjadwalan *flow shop*, pola aliran proses yang dilalui oleh setiap jenis produk mempunyai urutan tertentu, dan sama. *Flow shop* dapat dibedakan menjadi *pure flow shop*, dan *general flow shop*. Pada *pure flow shop* berbagai pekerjaan akan mengalir pada lini produksi yang sama, dan tidak ada kemungkinan adanya variasi. Masalah penjadwalan *flow shop* adalah menjadwalkan proses produksi dari masing-masing *job* yang mempunyai urutan proses produksi, dan melalui mesin yang sama<sup>[1]</sup>.

### Algoritma Campbell, Dudek, Smith (CDS)

Algoritma CDS atau yang dikenal juga dengan nama *Campbell Et Al Algorithm* adalah suatu metode yang digunakan untuk menyelesaikan suatu penjadwalan dengan  $n$  *job* dan  $m$  mesin untuk meminimalkan *makespan*. Algoritma CDS merupakan hasil pengembangan dari algoritma Johnson. Berikut ini adalah pembahasan tentang algoritma Johnson<sup>[2,3]</sup>.

### Algoritma Johnson

Di dalam metode CDS, juga mencakup algoritma Johnson. Algoritma Johnson digunakan untuk mencari urutan pekerjaan, tetapi hanya melibatkan 2 mesin saja. Berikut ini adalah langkah-langkah yang harus dilakukan dalam menyelesaikan persoalan dengan menggunakan algoritma Johnson:

1. Cari nilai  $\{t_{11}, t_{12}\}$  yang paling kecil, dengan:
  - $t_{11}$  : waktu proses *job*-i di mesin 1;
  - $t_{12}$  : waktu proses *job*-i di mesin 2.

2. a. Jika waktu proses minimum terdapat pada mesin 1 ( $t_{i,1}$ ), tempatkan pekerjaan tersebut pada posisi pertama yang masih tersedia dalam urutan penjadwalan, lalu lanjutkan ke langkah 3.
- b. Jika waktu proses minimum terdapat pada mesin 2 ( $t_{i,2}$ ), tempatkan pekerjaan tersebut pada posisi terakhir yang masih tersedia dalam urutan penjadwalan, lalu lanjutkan ke langkah 3.
3. Hilangkan pekerjaan yang sudah dijadwalkan (*job* ke- $i$ ) dari daftar pekerjaan yang harus dikerjakan, lalu kembali ke langkah 1 hingga semua pekerjaan telah masuk semua dalam jadwal.

**Algoritma CDS**

Dengan menggunakan algoritma CDS, dapat dihasilkan satu set penjadwalan dari urutan *job* dan banyak mesin dengan pendekatan hasil penjumlahan sesuai dengan perhitungan untuk 2 mesin ( $m_1$ , dan  $m_2$ ).

Prosedur algoritma CDS adalah: set  $K=1$ . Hitunglah  $t^*_{i,1}$  dan  $t^*_{i,2}$  dengan persamaan-persamaan:

$$t^*_{i,1} = \sum_{k=1}^K t_{i,k} \tag{1}$$

$$t^*_{i,2} = \sum_{k=1}^K t_{i,m-k+1}$$

dengan:

- $t^*_{i,1}$  : waktu proses *job*- $i$  di mesin 1;
- $t^*_{i,2}$  : waktu proses *job*- $i$  di mesin 2;
- $t_{i,k} / t_{i,m-k+1}$  : waktu proses *job*- $i$  di mesin; ke- $k$  / di mesin  $m-k+1$ ;
- $K$  : jumlah kemungkinan urutan *job*,  $k=1, 2, 3, \dots$ ;
- $i$  : *job* ke- $i$ ,  $i=1, 2, 3, \dots$ ;
- $m$  : jumlah mesin.

- a. Gunakan algoritma Johnson untuk mengurutkan pekerjaan, dengan  $t_{i,1} = t^*_{i,1}$ , dan  $t_{i,2} = t^*_{i,2}$ , kemudian hitunglah *makespan* untuk jadwal tersebut.
- b. Jika  $K = (m-1)$ , berhenti, dan pilih jadwal yang dapat menghasilkan *makespan* terkecil. Jika tidak, maka  $K = K+1$ , dan kembali ke langkah 1.

**Model Persediaan Fixed Order dan Fixed Lead Time**

Bahan baku merupakan salah satu kebutuhan dasar dalam melakukan kegiatan produksi. Bila bahan baku tidak tersedia saat proses produksi akan dimulai, maka kegiatan

produksi tidak akan dapat berjalan dengan lancar. Namun bila bahan baku tersebut sudah tersedia terlalu lama, maka biaya simpan di gudang akan menjadi semakin besar. Oleh karena itu manajemen persediaan bahan baku menjadi sangat penting untuk menentukan waktu pemesanan, dan jumlah bahan baku yang dibutuhkan<sup>[4]</sup>.

Keadaan yang terjadi pada PT. Wahana Lentera Raya ialah *demand*, dan *lead time* (waktu pengiriman) bahan baku tetap. Oleh karena persediaan bahan baku ini terintegrasi dengan penjadwalan produksi, maka digunakan *Economic Order Interval (EOI)* yang dapat berupa jadwal interval/lama pemesanan kembali suatu bahan baku. Setiap bahan baku berasal dari pemasok *supplier* yang berbeda-beda, maka yang digunakan adalah teori *EOI single item*. Berikut ini persamaan-persamaan persediaan bahan baku dengan *EOI*:

Total biaya = total harga beli + biaya pesan + biaya simpan atau

$$TC(T) = PR + mC + \frac{PFR}{2m} = PR + \frac{C}{T} + \frac{PFRT}{2} \tag{2}$$

dengan:

- $P$  : Harga per unit untuk *item*- $i$ ;
  - $R$  : *Demand* tahunan (dalam unit) untuk *item*- $i$ ;
  - $m=1/T$  : jumlah pemesanan setiap tahun;
  - $C$  : Biaya pemesanan (dalam sekali pemesanan);
  - $F$  : Biaya simpan (dalam tahun);
  - $H=PF$  : Biaya simpan per unit per tahun;
  - $T$  : Interval pemesanan (dalam tahun).
- Economic Order Interval* dalam tahun (*EOI*) dihitung dengan persamaan:

$$EOI = T^* = \sqrt{\frac{2C}{PFR}} = \sqrt{\frac{2C}{HR}} \tag{3}$$

Jumlah pemesanan untuk dapat menghasilkan total biaya minimum adalah:

$$m^* = \frac{1}{T^*} = \sqrt{\frac{PFR}{2C}} \tag{4}$$

Jumlah bahan baku yang dipesan dalam melakukan setiap kali pemesanan tetap, dan interval waktu pemesanan juga tetap. Jumlah bahan baku yang harus dipesan adalah sejumlah  $Q^*$  yang dihitung dengan persamaan:

$$Q^* = RT^* = R\sqrt{\frac{2C}{PFR}} = \sqrt{\frac{2CR}{PF}} = \sqrt{\frac{2CR}{H}} \tag{5}$$

dengan:

- $Q^*$  : *Quantity*/jumlah barang yang harus

dipesan setiap kali *order*/melakukan pemesanan.

Persediaan maksimum untuk setiap *item* harus cukup besar untuk dapat memenuhi *demand* selama tidak melakukan pemesanan bahan baku, dan selama *lead time* (*L*). Persediaan maksimum tersebut dihitung dengan persamaan:

$$E = RT + RL = R(T + L) \quad (6)$$

dengan:

*E* : Persediaan maksimum;

*L* : *Lead time*.

Untuk mendapatkan total biaya minimum per tahun, dapat menggantikan *T* dengan *T\** pada rumus *total cost* di atas, sehingga persamaan dapat ditulis menjadi:

$$TC(T^*) = PR + HRT^* \quad (7)$$

### METODE PENELITIAN

Dalam menyelesaikan penelitian dibutuhkan beberapa tahap sebagai berikut:

#### Observasi Perusahaan

Melihat keadaan, dan kondisi awal perusahaan, serta cara-cara yang dipakai oleh perusahaan dalam menjadwalkan produksinya. Observasi ini dapat berguna sebagai pembandingan penjadwalan yang dilakukan lebih baik, dan memilih metode penjadwalan yang akan digunakan.

#### Studi Literatur

Studi lebih lanjut mengenai penjadwalan produksi untuk jenis *flow shop*, dan mendalami teori-teori yang ada untuk melakukan penjadwalan dengan menggunakan metode CDS, dan untuk menentukan interval, dan jumlah pemesanan untuk persediaan bahan baku.

#### Pengumpulan Data

Dalam menyelesaikan masalah penjadwalan produksi, diperlukan beberapa informasi sebagai data masukan, antara lain:

- Data jenis produk, dan komponen produk;
- Data *demand* masing-masing jenis produk;
- Data waktu, dan urutan proses dalam pembuatan setiap produk;
- Data spesifikasi, dan harga bahan baku.

#### Menjadwalkan Produksi Dengan Metode CDS

Penentuan urutan produk yang akan diproduksi dengan menggunakan metode CDS dari data waktu proses masing-masing produk dimaksudkan untuk dapat memperoleh nilai *makespan* yang terkecil. Berikut ini merupakan penjelasan lebih lanjut langkah-langkah dalam

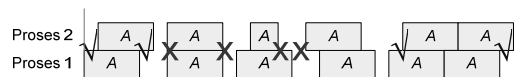
menjadwalkan produksi dengan menggunakan metode CDS:

- Mengetahui urutan, dan waktu produksi setiap produk;
- Menghitung waktu proses di mesin 1, dan mesin 2 untuk setiap kemungkinan urutan *job* yang bisa terjadi untuk setiap *K*, waktu proses di mesin 1 ( $t_{i1}^*$ ) merupakan pendekatan dari  $\sum_{k=1}^K t_{i,k}$ , sedangkan waktu proses di mesin 2 ( $t_{i2}^*$ ) merupakan pendekatan dari  $\sum_{k=1}^K t_{i,m-k+1}$ . Nilai *K* dimulai dari 1, dan berhenti sampai nilai  $K = (m-1)$ , dengan *m* adalah jumlah mesin proses yang ada;
- Mengurutkan *job* yang akan diproduksi dengan menggunakan algoritma Johnson untuk setiap *K*;
- Menghitung waktu proses total (*makespan*) dari masing-masing kemungkinan urutan *job* yang ada. Catat *makespan* yang diperoleh, dan gunakan penjadwalan yang dapat menghasilkan *makespan* terkecil.

#### Membuat Penjadwalan Dalam Bentuk Gantt Chart

Dibuat jadwal produksinya dalam bentuk *gantt chart* untuk setiap komponen produk. Komponen diurutkan untuk setiap produknya. Syarat-syarat penjadwalannya adalah:

- Suatu proses tidak bisa dimulai bila proses sebelumnya belum selesai, minimal 1 unit;
- Suatu proses bisa selesai minimal 1 unit sesudah proses sebelumnya selesai;
- Bila sudah ada *job* pada penjadwalan, maka *job* yang akan dijadwalkan harus menunggu hingga *job* sebelumnya tersebut selesai dikerjakan, atau mencari mesin lain yang sejenis. Ilustrasi aturan penjadwalan produksi dalam bentuk *gantt chart* disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Ilustrasi Aturan Penjadwalan Produksi Dalam Bentuk *Gantt Chart*

#### Masukan Penjadwalan Sebagai Data Untuk Merancang Persediaan Bahan Baku

Berikut ini merupakan tahapan untuk memberikan masukan dari jadwal produksi yang telah dibuat pada perhitungan persediaan bahan baku:

1. Pengumpulan data dari hasil penjadwalan produksi;
2. Mengetahui jumlah siklus produksi yang terjadi selama setahun. Dengan mengetahui jumlah siklus produksi, maka akan dapat diketahui jumlah produk yang dapat diproduksi oleh perusahaan selama setahun, dan akan menjadi *annual demand*, atau *demand* tahunan;
3. Menghitung jumlah bahan baku yang dibutuhkan untuk melakukan produksi selama setahun dengan *Bill of Material (BOM)* kebutuhan komponen setiap produk. Persediaan bahan baku yang dibahas dalam penelitian ini hanya untuk bahan baku dari produk yang dijadwalkan saja, bukan persediaan bahan baku keseluruhan produksi perusahaan;
4. Melakukan pengecekan jumlah bahan baku setiap awal periode. Hal ini berpengaruh terhadap waktu pemesanan bahan baku berikutnya karena pada setiap awal periode proses produksi, bahan baku dibutuhkan terus menerus;
5. Menentukan waktu pemesanan, dan jumlah baku dengan menggunakan *EOI*, dan mempertimbangkan total biaya yang dibutuhkan oleh perusahaan;
6. Menginformasikan jumlah bahan baku yang tersedia serta melakukan pengecekan kembali, memastikan bahwa jumlah bahan baku mencukupi untuk melakukan suatu kegiatan produksi, dan jumlah bahan baku merupakan titik *Re-Order Point (ROP)* untuk melakukan pemesanan kembali.

#### Analisis Penjadwalan Produksi

Analisis penjadwalan produksi ditinjau dari perbandingan jumlah produk yang dapat dihasilkan pada jadwal yang baru dengan jumlah produk yang dihasilkan oleh perusahaan dalam waktu setahun. Sedangkan analisis pemesanan bahan baku dapat dilihat dari perbandingan total biaya yang dihasilkan pada perhitungan dengan biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk dapat memenuhi kebutuhan bahan baku.

#### Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan berupa usulan penjadwalan produksi yang baru serta waktu pemesanan, dan jumlah bahan baku yang dibutuhkan oleh perusahaan. Pada tahap ini juga diajukan saran/usulan yang berguna bagi perusahaan, atau untuk penelitian selanjutnya sebagai sarana pengembangan bagi perusahaan.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

PT. Wahana Lentera Raya merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri furnitur rumah tangga dengan merk "Activ", dan "Creativ" didirikan pada tahun 2002, dan berlokasi di Jalan Flamboyan No. 9, Desa Pamotan, Porong, Sidoarjo, namun saat ini perusahaan sedang melakukan relokasi pabrik di daerah Trosobo, Sidoarjo. PT. Wahana Lentera Raya memasarkan produknya di seluruh Indonesia, dari Sumatra Utara sampai Papua, dan dari Sulawesi Utara sampai Nusa Tenggara Timur.

#### Data Awal

PT. Wahana Lentera Raya mempunyai lebih dari 100 tipe produk. Produk *make to stock* ada 7 jenis produk. *Demand* PT. Wahana Lentera Raya didapatkan dari distributor, dan biasanya bersifat tetap. Berikut ini merupakan daftar produk yang akan dijadwalkan beserta dengan *demand*-nya sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis dan *Demand* Produk

No	Produk	<i>Demand</i>
1	Jazz 2PG <i>River Teak-Beach</i>	4000
2	Jazz 3P <i>River Teak-Beach</i>	4000
3	Jazz BL 120 <i>River Teak-Beach</i>	4000
4	Jazz RC4 <i>River Teak-Beach</i>	2000
5	Jazz RC5 <i>River Teak-Beach</i>	2000
6	CUPU Vast BL 2P	20000
7	CUPU MT 121 <i>Beach</i>	2000

Di PT. Wahana Lentera Raya, terdapat 8 stasiun kerja dengan banyak mesin. Berikut ini merupakan pembagian stasiun kerja, dan mesin yang terdapat di dalamnya serta kegunaan mesin sebagaimana disajikan pada Tabel 2:

Tabel 2. Data Mesin Dalam Stasiun Kerja dan Jumlahnya

WS	Nama mesin	Kode	Jumlah	Fungsi
1	Laminasi	1.1	1	Melapisi <i>PB</i> dengan <i>kertas</i>
	<i>Wrapping</i>	1.2	1	Melapisi potongan <i>PB</i> dengan <i>kertas</i>
2	<i>HPL</i>	2.1	3	Memotong (untuk komponen ukuran besar)
	<i>Moulding</i>	2.2	1	<i>Profiling</i> (membuat bentuk)

**Tabel 2.** Data Mesin Dalam Stasiun Kerja dan Jumlahnya (lanjutan)

WS	Nama mesin	Kode	Jumlah	Fungsi
3	KAL	3	5	Melapisi sisi tebal
4	Rakit	4.1	4	Memasang <i>frame</i> pada panel pintu
	<i>Bandsaw</i>	4.2	3	Memotong tebal
4	<i>Spindel</i>	4.3	3	<i>Profiling</i> yang berbentuk lengkungan
	<i>Router</i>	4.4	3	<i>Grooving</i> (membuat garis jalur, untuk pintu)
	Press	4.5	6	Melekatkan 2 bagian
	Altendorf	4.6	3	Memotong (untuk komponen ukuran kecil)
5	<i>Edging/KTD</i>	5.2	3	Melapisi sisi tebal bentuk lengkungan
	<i>Trim Edging</i>	5.3	3	Merapikan laminasi <i>edging</i> bentuk lengkungan
6	BST	6.1	3	Bor
	<i>Multibor</i>	6.4	1	Bor bermotif
7	<i>Cleaning</i>	7.1	6	Membersihkan komponen
	<i>Assembly</i>	7.2	6	Merakit komponen lebih dari 1 bagian
8	<i>Packing</i>	8	2	Memasukkan bagian produk dalam kotak

Keterangan: kode mesin berdasarkan (WS mesin-i). Misal: mesin 1.1 berarti terdapat pada WS 1 mesin 1.

Masing-masing produk mempunyai jumlah, dan bagian komponen yang berbeda-beda dengan urutan proses, dan waktu proses yang berbeda-beda pula. Setiap proses yang dilalui mempunyai waktu proses yang tergantung pada kriteria, dan parameter yang digunakan, misalnya: panjang, luas, atau berdasarkan jumlahnya. Oleh karena itu, berikut ini merupakan data waktu setiap proses sebagaimana disajikan pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Data Waktu Masing-masing Proses

Mesin	Waktu Proses	Mesin	Waktu Proses
1.1	11 detik/lembar	4.5	45 detik/unit
1.2	8 detik/meter	4.6	25 detik/meter
2.1	9 detik/mm <sup>2</sup>	5.2	10 detik/meter
2.2	4 detik/meter	5.3	43 detik/meter
3	9 detik/m <sup>2</sup>	6.1	5 detik/unit
4.1	75 detik/unit	6.4	15 detik/unit
4.2	22 detik/meter	7.1	18 detik/m <sup>2</sup>
4.3	22 detik/meter	7.2	15 detik/unit
4.4	30 detik/unit	8	2 detik/unit

Bahan baku utama yang dibutuhkan ada 3 macam, yaitu: *particle board (PB)*, *MDF*, dan kertas laminasi.

Sebelum memulai tahap perhitungan penjadwalan produksi, terlebih dahulu harus diketahui waktu proses masing-masing komponen dari setiap produk. Spesifikasi bahan baku utama disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Spesifikasi Bahan Baku Utama

Bahan Baku	Spesifikasi			Harga, Rp.	Min order
	Panjang (m)	Lebar (m)	Tebal (mm)		
<i>PB</i>	2,44	1,22	95	25000 /lembar	1000 lembar
<i>MDF</i>	2,44	1,22	2,7	65000 /lembar	1000 lembar
<i>Kertas</i>	2500	1,8	1	3000 /meter 7500 /roll	5000 meter 2 roll

Waktu proses total suatu komponen ditentukan dengan tahapan sebagai berikut:

Misalnya untuk produk tipe Jazz 2P

- o Proses di mesin laminasi (1.1) untuk komponen *Top*

1 lembar bahan baku (*PB*) dapat menghasilkan komponen *Top* sebanyak

$$p = \frac{2440}{912} = 2,675 \approx 2 \text{ dan } l = \frac{1220}{396} = 3,090 \approx 3$$

$$p \times l = 2 \times 3 = 6 \text{ buah}$$

Untuk membuat 1.000 unit produk, dibutuhkan 1000 *Top*. Untuk dapat membuat 1000 buah *Top*, dibutuhkan  $1.000/6 = 166,66 \approx 167$  lembar *PB*. Dengan waktu proses 11 detik/lembar, maka waktu yang dibutuhkan untuk melaminasi 167 *PB* adalah  $1.837 \text{ detik} = 30,62 \text{ menit} = 0,51 \text{ jam}$ .

Cara di atas juga berlaku untuk komponen dan produk yang lain di mesin laminasi (1.1).

- o Proses di mesin *wrapping* (1.2) untuk komponen *frame* pintu.

Panjang ukuran spesifikasi komponen + 10% allowance = 1.732 + 1.732 × 10% = 1.905,2 cm = 1,9052 m/buah. Untuk membuat 1 buah Jazz 2P dibutuhkan 4 buah komponen. Oleh karena itu, waktu total yang dibutuhkan untuk membuat 1.000 buah *frame* pintu sesuai dengan *level* produksi setiap minggunya adalah 1,9052 × 4 × 1.000 × 8 detik = 60.966,4 detik = 1.016,11 menit = 16,94 jam.

Dan dengan cara yang sama dapat dicari untuk komponen dan produk lain.

- o Proses di mesin HPL (2.1) untuk komponen *Top* (1)

(Jumlah *PB-MDF* ÷ (tebal bahan ÷ tebal *Top*)) × ((panjang bahan ÷ panjang *Top* + 1) × allowance) + ((lebar bahan ÷ lebar *Top* + 1) × allowance) =

$$\left(167 \text{ lembar} \cdot \left(\frac{95}{12} = 7,916 \approx 7\right)\right) \times \left(\left(\frac{2.440}{912} = 2,67 \approx 2+1 = 3\right) \times 1,2\right) + \left(\left(\frac{1.220}{396} = 3,08 \approx 3+1 = 4\right) \times 2,4\right) = 316,8 \text{ m}^2$$

Jadi, total waktu proses yang dibutuhkan adalah 316,8 × 9 = 2851,2 detik = 47,52 menit = 0,79 jam. Cara di atas juga berlaku untuk komponen, dan produk lainnya.

Dengan cara perhitungan seperti di atas dapat diketahui waktu total setiap proses masing-masing komponen, tergantung kriteria waktu, dan spesifikasi komponen setiap produk sebagaimana disajikan pada Tabel 3 dan 4.

### Penjadwalan Produksi Dengan Metode CDS

Untuk memulai perhitungan dengan metode CDS, dibutuhkan waktu proses total untuk setiap produk. Waktu proses setiap komponen dijumlahkan untuk masing-masing produk, dan dibagi dengan jumlah mesin yang tersedia (waktu dalam menit). Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut:

- o Mesin laminasi (1.1) produk Jazz 2P Komponen *Top*

Dibutuhkan waktu 0,51 jam untuk membuat 1.000 buah komponen *Top* dari 167 lembar *PB*, kemudian waktu proses semua komponen produk dijumlahkan untuk masing-masing produk, dan dibagi dengan jumlah mesin yang ada. Untuk mempermudah, satuannya diubah ke dalam menit.

$$\sum \text{mesin 1.1 produk } 1 \times 60 \text{ menit} :$$

$$\text{jumlah mesin} = 10,92 \times 60 : 1 = 655,05 \text{ menit}$$

- o Mesin *wrapping* (1.2) produk Jazz 2P

$$\sum \text{mesin 1.2 produk } 1 \times 60 \text{ menit} :$$

$$\text{jumlah mesin} = 16,94 \times 60 : 1 = 1016,11 \text{ menit}$$

- o Mesin HPL (2.1) produk Jazz 2P

$$\sum \text{mesin 2.1 produk } 1 \times 60 \text{ menit} :$$

$$\text{jumlah mesin} = 19,53 \times 60 : 3 = 390,66 \text{ menit}$$

Dan seterusnya dengan cara yang sama untuk semua proses setiap produk hingga 18 proses untuk 7 jenis produk. Oleh karena terdapat 18 proses, maka terdapat 17 kemungkinan urutan proses.  $K = (m-1) = (18-1) = 17$

Untuk  $K=1$ ,

$$t^*_{1,1} = \sum_{k=1}^K t_{1,k} = t_{1,1} = 655,05 \quad (8)$$

$$t^*_{1,2} = \sum_{k=1}^K t_{1,m-k+1} = t_{1,18} = 1.066,67 \quad (9)$$

$$t^*_{2,1} = \sum_{k=1}^K t_{2,k} = t_{2,1} = 990,18$$

$$t^*_{2,2} = \sum_{k=1}^K t_{2,m-k+1} = t_{2,18} = 1.600$$

dan seterusnya sampai  $t^*_{7,2}$

Dengan cara yang sama untuk  $K=2$  sampai  $K=17$  seperti contoh di atas, maka akan didapatkan hasil dari perhitungan CDS sebagai berikut sebagaimana disajikan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Contoh Hasil Perhitungan CDS Untuk  $K=1-2$

Produk No.	k=1		k=2	
	$t_{i,1}$	$t_{i,2}$	$t_{i,1}$	$t_{i,2}$
1	655,05	1066,67	1671,16	1150,00
2	990,18	1600,00	2256,21	1683,33
3	651,02	900,00	1465,31	941,67
4	89,83	233,33	89,83	233,33
5	133,28	283,33	133,28	283,33
6	1425,42	2666,67	1425,42	2666,67
7	100,20	233,33	100,20	233,33

Untuk mendapatkan urutan *job* dari Tabel 5 di atas, caranya adalah sebagai berikut. Nilai yang terkecil dalam Tabel 5 untuk  $K=1$  di atas adalah 89,83 dari kolom  $t_{i,1}$  produk ke-4, maka produk tersebut dikerjakan pertama kali, dan hilangkan produk 4 dari daftar *job* yang belum dijadwalkan. Kemudian nilai terkecil yang berikutnya adalah 100,2 dari kolom  $t_{i,1}$  produk 7, maka yang harus dikerjakan berikutnya adalah produk 7, dan hapus produk 7 dari daftar produk yang belum dijadwalkan. Bila nilai terkecil terdapat pada kolom  $t_{i,2}$ , maka letakkan

job tersebut pada urutan akhir. Dan seterusnya dengan cara yang sama hingga semua produk sudah masuk dalam daftar urutan *job* yang akan dijadwalkan. Urutan *job* dengan metode Johnson untuk  $K=1$  disajikan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Urutan *Job* Dengan Metode Johnson Untuk  $K=1$

Urutan ke-	1	2	3	4	5	6	7
Produk ke-	4	7	5	3	1	2	6

Dengan cara tersebut, produk diurutkan untuk seluruh kemungkinan yang ada, maka diperoleh hasil sebagaimana disajikan pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Urutan *job* yang Diproduksi Untuk Setiap Kemungkinan

k=1	4	7	5	3	1	2	6
k=2	4	7	5	6	2	1	3
k=3	4	7	5	6	2	1	3
k=4	4	7	5	6	3	1	2
k=5	7	4	5	3	1	2	6
k=6	7	4	5	3	1	6	2
k=7	7	4	5	3	1	6	2
k=8	7	4	5	3	1	6	2
k=9	7	4	5	3	1	6	2
k=10	7	4	5	3	1	6	2
k=11	7	4	5	6	3	1	2
k=12	7	4	5	6	3	1	2
k=13	7	4	5	6	1	3	2
k=14	7	4	5	6	1	3	2
k=15	7	4	5	6	2	3	1
k=16	7	4	5	6	2	3	1
k=17	7	4	5	6	1	3	2

Kemudian, langkah selanjutnya adalah menghitung *makespan* yang dihasilkan, dari setiap kemungkinan untuk menentukan urutan *job* yang akan digunakan dalam penjadwalan. Untuk dapat mengetahui *makespan* yang dibutuhkan data waktu. Ketentuan dalam perhitungan *makespan* adalah:

1. Jika terdapat *set-up* mesin, maka waktu proses pertama ditambahkan dengan waktu *set-up*.
2. Waktu proses kedua ditambahkan dengan hasil pada proses 1, dan seterusnya.
3. Untuk produk berikutnya, proses dimulai setelah proses pada produk sebelumnya selesai, dan tidak boleh ada proses yang bertabrakan.

Contoh perhitungan *makespan* untuk  $K=1$

- o Waktu selesai produk 4 di mesin 1.1 = waktu *set-up* mesin 1.1 + waktu proses produk 4 di mesin 1.1 = 30 menit + 89,83 menit = 119,83 menit.
- o Waktu selesai produk 4 di mesin 1.2 = proses 1 produk 4 + waktu proses produk 4

di mesin 1.2 = 119,83 menit + 0 = 119,83 menit.

- o Waktu selesai produk 7 di mesin 1.1 = waktu selesai produk 4 di mesin 1.1 + waktu proses produk 7 di mesin 1.1 + waktu *set-up* tambahan = 119,83 menit + 100,2 menit + 10 menit = 230,03 menit.

Dan seterusnya dengan cara yang sama sampai produk terakhir di mesin terakhir merupakan waktu total yang dibutuhkan untuk menyelesaikan produksi seluruh produk. Berikut ini merupakan hasil *completion time* yang dari  $K=1$ :

**Tabel 8.** *Completion Time* Dari  $K=1$

Pro-duk	Mesin				
	1.1	1.2	2.1	2.2	3
4	119,83	119,83	171,01	171,01	355,62
7	230,03	230,03	291,83	291,83	491,07
5	373,31	373,31	444,17	444,17	662,96
3	1034,33	1848,62	2184,20	2591,35	3225,74
1	1699,38	2864,73	3255,39	3763,44	4304,08
2	2699,56	4130,76	4729,80	5362,81	6219,72
6	4134,98	4134,98	5461,56	5461,56	8641,43

**Tabel 8.** *Completion Time*  $K=1$  (lanjutan)

Pro-duk	Mesin				
	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5
4	355,62	355,62	355,62	355,62	355,62
7	491,07	491,07	491,07	491,07	491,07
5	662,96	662,96	662,96	662,96	662,96
3	3225,74	3463,44	3701,14	3726,14	3976,14
1	4304,08	4431,80	4559,53	4584,53	4834,53
2	6532,22	6721,79	6911,35	6961,35	7336,35
6	8641,43	8641,43	8641,43	8641,43	8641,43

**Tabel 8.** *Completion Time*  $K=1$  (lanjutan)

Pro-duk	Mesin			
	4.60	5.20	5.30	6.10
4	355,62	355,62	355,62	647,28
7	491,07	491,07	491,07	897,28
5	662,96	662,96	662,96	1244,50
3	6157,80	6331,36	9301,80	10246,24
1	8687,80	8819,19	9866,77	11329,58
2	12449,19	12607,47	14087,96	15282,40
6	8641,43	8641,43	8641,43	18337,96

**Tabel 8.** *Completion Time*  $K=1$  (lanjutan)

Pro-duk	Mesin			
	6.4	7.1	7.2	8
				946,80
				1180,14
				1608,86
				12721,0
4	647,28	713,47	713,47	5
7	897,28	897,28	897,28	14267,5
5	1244,50	1325,52	1325,52	1
3	11496,24	11779,39	11821,05	19753,3
1	12746,24	13117,51	13200,84	8
2	17532,40	18070,05	18153,38	22420,0
6	18337,96	19303,55	19303,55	5



Dari Tabel 8 di atas, dapat diketahui bahwa untuk  $K=1$  dengan urutan *job* 4-7-5-3-1-2-6, akan menghasilkan *makespan* sebesar 22 420,05 menit. Perhitungan *makespan* juga dilakukan untuk seluruh kemungkinan yang ada. Berikut ini adalah tabel hasil keseluruhan perhitungan *makespan* sebagaimana disajikan pada Tabel 9.

**Tabel 9.** *Makespan* Untuk  $K=1$  Sampai  $K=17$

K=1	22420,05	K=10	20050,55
K=2	22316,84	K=11	22124,23
K=3	22316,84	K=12	22124,23
K=4	22124,23	K=13	21810,52
K=5	22420,05	K=14	21810,52
K=6	20050,55	K=15	21333,30
K=7	20050,55	K=16	21333,30
K=8	20050,55	K=17	21810,52
K=9	20050,55		

*Makespan* terkecil yang bisa diperoleh bernilai 20050,55 menit dimiliki oleh kemungkinan  $K=6$  sampai dengan  $K=10$  yang bernilai sama. Oleh karena itu, urutan pengerjaan proses yang dipakai adalah *job* ke 7-4-5-3-1-6-2. Urutan *job* yang akan dijadwalkan disajikan pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Urutan *Job* yang Akan Dijadwalkan

Urutan ke-	No. Produk	Jumlah/minggu
1	7	500
2	4	500
3	5	500
4	3	1000
5	1	1000
6	6	5000
7	2	1000

### Gantt Chart

Dalam menjadwalkan produksi, urutan komponen, dan prosesnya tetap. Oleh karena itu, perhitungannya dengan mempertimbangkan syarat-syarat yang harus dipenuhi sebagai berikut:

1. Proses kedua tidak akan bisa dimulai sebelum proses pertama selesai. Dan proses kedua juga tidak mungkin selesai sebelum proses pertama. Hal ini juga berlaku untuk proses ketiga, dan seterusnya;
2. *Lot* produksi yang dipakai adalah 1. Jadi sedapat mungkin setelah proses pertama selesai langsung dipindahkan untuk dikerjakan pada proses kedua. Tetapi syarat nomor 1 tetap harus dipenuhi;
3. Waktu maksimum untuk setiap proses adalah 810 menit/hari;
4. Waktu *set-up* sesudah jam istirahat, atau ditengah-tengah proses produksi dapat diabaikan. Begitu pula dengan *allowance* untuk operator.

Untuk memudahkan dalam melihat, dan membaca hasil penjadwalan, mengetahui jenis produk yang akan dibuat, dan waktu produksi, maka perlu dibuat dalam bentuk *ganttt chart*.

### Menghitung Kebutuhan Bahan Baku Untuk Dapat Melakukan Produksi

Bahan baku *particle board* (*PB*) digunakan oleh hampir seluruh bagian komponen, kecuali untuk komponen gedekan. Gedekan merupakan bagian belakang dari produk, dan terbuat dari bahan *MDF*. Perbedaan antara *PB*, dan *MDF* adalah bahan *MDF* lebih halus, tapi biasanya lebih tipis. Harga *MDF* lebih murah bila dibandingkan dengan *PB*, yaitu Rp 65.000,00/lembar dan digunakan untuk komponen bagian belakang yang tak terlihat. Sedangkan *PB* biasanya berukuran tebal, dan harganya cukup mahal, yaitu Rp 125.000,00.

*Demand* yang akan digunakan pada penjadwalan pemesanan bahan baku berdasarkan usulan penjadwalan produksi yang baru. Sekali siklus penjadwalan dapat diselesaikan dalam waktu 14 hari kerja. Namun pengerjaan produk berikutnya sudah dapat dimulai kembali pada hari kerja ke-11, karena waktu dimulainya proses siklus produksi yang baru tidak mengganggu penyelesaian produksi sebelumnya, sehingga dalam 1 tahun siklus penjadwalan dapat berulang sebanyak 28 kali ((365 hari/tahun – 52 hari minggu = 313 hari kerja)/11 hari = 28,45 ≈ 28 kali).

### Contoh Perhitungan: Bahan Baku *PB/MDF*

Dengan ukuran spesifikasi lembaran *PB* adalah  $p \times l = 2,44 \text{ m} \times 1,22 \text{ m}$ , untuk produk Jazz 2P komponen *Top*, untuk 1 siklus penjadwalan, *demand* produk Jazz 2P adalah 1.000 unit, dan untuk membuat 1 unit produk Jazz 2P, dibutuhkan 1 komponen *Top*. Oleh karena itu, *demand* komponen *Top* yang dibutuhkan dalam setahun adalah 28 siklus/tahun  $\times$  1.000 unit = 28.000 unit komponen *Top*. Komponen *Top* mempunyai spesifikasi berukuran  $p \times l = 0,912 \text{ m} \times 0,396 \text{ m}$ . Dengan mengetahui spesifikasi berbagai macam komponen, maka dapat diketahui jumlah *PB* yang dibutuhkan. Contoh perhitungannya sebagai berikut.

Bagian panjang:  $2,44 \text{ m} \div 0,912 \text{ m} = 2,67 \approx 3$

Bagian lebar :  $1,22 \text{ m} \div 0,396 \text{ m} = 3,08 \approx 3$

Jadi 1 lembar *PB* dapat digunakan untuk membuat  $2 \times 3 = 6$  unit komponen *Top* untuk produk Jazz 2P. *PB* yang dibutuhkan untuk membuat komponen *Top* Produk Jaz 2P dalam

setahun adalah 28.000 unit komponen  $Top \div 6$  unit/lembar = 4.666,67  $\approx$  4.667 lembar.

Dengan cara yang sama dilakukan terhadap semua komponen baik untuk komponen yang berbahan baku  $PB$  maupun  $MDF$ . Dengan demikian didapatkan *annual demand* untuk  $PB$  adalah 488.811 lembar, dan untuk  $MDF$  adalah 12.7635 lembar.

#### Contoh Perhitungan: Bahan Baku Kertas

Spesifikasi kertas laminasi adalah  $p \times l = 2.500 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}$ . Sedangkan untuk bahan  $PB/MDF$  yang digunakan mempunyai spesifikasi  $p \times l = 2,44 \text{ m} \times 1,22 \text{ m}$ . Oleh karena itu, dalam 1 rol dapat digunakan untuk melapisi  $PB/MDF$  sebanyak  $= 2.500/2,44 = 1.024,59 \approx 1.024$  lembar. Karena jumlah *demand*  $PB$ , dan  $MDF$  selama 1 tahun yang harus dilapisi adalah sebanyak  $48.8811 + 12.7635 = 616.446$  lembar, maka kertas laminasi yang dibutuhkan adalah sebanyak  $= 616.446/1.024 = 601,998 \approx 602$  rol/tahun.

#### Perhitungan Persediaan Bahan Baku Dengan $EOI$

Selama ini, PT. Wahana Lentera Raya melakukan pemesanan bahan baku untuk persediaan selama 3 bulan. Hal ini dirasa kurang baik, karena semakin banyak jumlah persediaan, maka semakin banyak pula *holding cost* (biaya simpan). Bila modal untuk membeli bahan baku tersebut untuk sementara ditabungkan, atau didepositokan terlebih dahulu ke bank, maka perusahaan akan mendapat keuntungan dari bunga yang diberikan oleh bank. Bunga bank yang berlaku adalah 9%. Sedangkan untuk *order cost* (biaya pesan) adalah biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan setiap kali melakukan pemesanan mencakup biaya perjanjian pemesanan, dan angkutan kapal sekali jalan (bahan baku didapatkan dari luar pulau, sebagian besar dari Kalimantan). Bahan kertas laminasi/kertas digunakan untuk melapisi seluruh bahan  $PB$ , dan  $MDF$ . Berikut ini merupakan informasi, dan perhitungan yang dibutuhkan dalam melakukan perencanaan persediaan bahan baku:

#### Bahan Baku *Particle board* ( $PB$ )

Harga ( $P$ ) : Rp 125.000,00

Minimal *order* : 1.000 lembar.

Biaya pesan ( $C$ ): merupakan biaya perjanjian pemesanan barang dengan *supplier*, perjanjian pengiriman barang oleh distributor, biaya angkutan kapal, biaya pemesanan dengan telepon, dan pengiriman kembali surat

perjanjian dengan faksimile sejumlah Rp 12.500.000,00.

*Demand*/tahun ( $R$ ): pada tahap sebelumnya, telah diketahui cara untuk menghitung jumlah *annual demand*  $PB$ . Total kebutuhan  $PB$  yang diperlukan dalam setahun adalah 488.811 lembar.

Biaya simpan ( $H$ ): yang bertugas untuk mengurus, dan mengawasi persediaan bahan baku  $PB$  di perusahaan terdapat 2 orang karyawan. Biaya gaji ini dibuat dalam per tahun per unit. Dan bila barang yang ada di gudang melebihi dari kebutuhan setiap periode, maka akan dikenakan biaya simpan berupa pendekatan bunga bank. Biaya simpan  $= (2 \text{ orang} \times \text{Rp } 950.000,00/\text{bulan} \times 12 \text{ bulan}) \div 488811 \text{ lembar} + (\text{bunga } 9\%/ \text{tahun} \times \text{Rp } 125.000,00/\text{unit}) = \text{Rp } 11.296,64/\text{lembar}/ \text{tahun}$ .

$EOI$  ( $T^*$ ): merupakan interval/selang waktu dalam melakukan pemesanan bahan baku adalah

$$T^* = \sqrt{\frac{2C}{HR}} = \sqrt{\frac{2 \times \text{Rp}12.500.000,00}{\text{Rp}11.277,21 \times 488811}} = 0,067 \text{ tahun} \approx 0,8 \text{ bulan} \quad (10)$$

*Quantity* ( $Q$ ): jumlah barang yang dipesan setiap kali melakukan pemesanan adalah

$$Q^* = RT^* = 488.811 \times 0,067 = 32.890,14 \approx 32.891 \text{ lembar} \quad (11)$$

$E$ : dengan *lead time* 1 bulan, maka interval  $T^*$  yang digunakan juga dalam satuan bulan, yaitu 0.8 bulan. Jadi jumlah persediaan bahan baku maksimum adalah

$$E = \frac{R(T+L)}{N} = \frac{488.811 \times (0,8+1)}{12} = 883.492,73 \quad (12)$$

$\approx 883.493$  lembar

*Re-Order Point* ( $ROP$ ): merupakan titik pemesanan kembali saat jumlah persediaan bahan baku mencapai

$$\frac{1 \text{ tahun}}{12 \text{ bulan}} \times \text{demand} \times \text{lead time} =$$

$$\frac{1}{12} \times 488.811 \text{ lembar} \times 1 = 40.734,25 \quad (13)$$

$\approx 40.735$  lembar

*Total cost* ( $TC$ ): total biaya dalam jangka waktu 1 tahun yang harus dikeluarkan untuk bahan baku  $PB$ , baik untuk melakukan pembelian, pemesanan, penyimpanan, dan lain-lain, adalah sebagai berikut:

$$TC = T^* = Rp125000,00 \times 488811 + Rp11296,64 \times 488811 \times 0,067$$

$$= Rp61.472.923.238,79 \quad (14)$$

Total cost yang dibutuhkan oleh perusahaan bila tanpa biaya pembelian adalah

$$TC = T^* = Rp11.296,64 \times 488.811 \times 0,067$$

$$= Rp371.548.238,8 \quad (15)$$

### Bahan Baku MDF

Harga : Rp 65.000,00

Minimal order : 1.000 lembar.

Biaya pesan : Rp 6.500.000,00

Demand/tahun (R): jumlah MDF untuk seluruh komponen gedekan dengan cara perhitungan yang sama seperti pada PB, maka jumlah total MDF yang dibutuhkan selama 1 tahun adalah 127.635 lembar.

Biaya simpan: karyawan berjumlah 1 orang. Dengan cara yang sama seperti pada PB di atas, maka perhitungan untuk MDF adalah seperti berikut:

$$((1 \text{ orang} \times Rp 950.000,00 / \text{bulan} \times 12 \text{ bulan}) \div 127635 \text{ lembar}) + (\text{bunga } 9\% / \text{tahun} \times Rp 65.000,00 / \text{unit}) = Rp 5.939,32 / \text{lembar} / \text{tahun}.$$

EOI(T\*):

$$T^* = \sqrt{\frac{2C}{HR}} = \sqrt{\frac{2 \times Rp6.500.000,00}{Rp5.939,32 \times 127.635}} =$$

$$0,13 \text{ tahun} = 1,57 \text{ bulan} \quad (16)$$

Quantity (Q\*): dihitung dengan persamaan:

$$Q^* = RT^* = 218.800 \times 0,13 = 16.714,3 \text{ lembar}$$

$$\approx 16.715 \text{ lembar}$$

E: dengan lead time 1 bulan, jumlah persediaan bahan baku maksimum adalah

$$E = \frac{R(T+L)}{N} = \frac{127.635 \times (1,57+1)}{12} = 328.206,65$$

$$\approx 328.207 \text{ lembar} \quad (17)$$

ROP: dihitung dengan persamaan

$$\frac{1}{12} \times 127.635 \text{ lembar} \times 1 = 10.636,25 \approx 10.637 \text{ lembar} \quad (18)$$

Total cost (TC): dihitung dengan persamaan

$$TC = T^* = Rp65.000,00 \times 127.635 + Rp5.939,32 \times 127.635 \times 0,13$$

$$= Rp8.395.546.555,59 \quad (19)$$

Total cost tanpa pembelian adalah

$$TC = T^* = Rp5.939,32 \times 127.635 \times 0,13 = Rp99.271.555,59$$

$$(20)$$

### Bahan Baku Kertas (Kertas Laminasi)

Harga: Rp 7.500.000,00/rol

Minimal order : 2 rol

Biaya pesan : Rp 1.500.000,00

Demand/tahun (R): pada tahap sebelumnya diketahui kebutuhan kertas untuk setahun adalah 602 rol.

Biaya simpan: karyawan berjumlah 1 orang.

Dengan cara yang sama, maka perhitungan untuk kertas laminasi adalah seperti berikut:

$$((1 \text{ orang} \times Rp 950.000,00 / \text{bulan} \times 12 \text{ bulan}) \div 602 \text{ rol}) + (\text{bunga } 9\% / \text{tahun} \times Rp7.500.000,00 / \text{unit}) =$$

$$Rp693.936,88 / \text{rol} / \text{tahun}$$

EOI (T\*): dihitung dengan persamaan:

$$T^* = \sqrt{\frac{2C}{HR}} = \sqrt{\frac{2 \times Rp1.500.000,00}{Rp693.936,88 \times 602 \text{ rol}}} = 0,085 \text{ tahun} \quad (21)$$

$$= 1,02 \text{ bulan}$$

Q\* dihitung dengan persamaan.

$$Q^* = RT^* = 602 \times 0,085 \text{ rol} = 51,02 \approx 52 \text{ rol} \quad (22)$$

E: dengan lead time 1 bulan, jumlah persediaan bahan baku maksimum adalah

$$E = \frac{R(T+L)}{N} = \frac{602 \times (1,02+1)}{12} = 1.214,18 \approx 1.215 \text{ rol} \quad (23)$$

ROP: dihitung dengan persamaan

$$\frac{1}{12} \times 602 \text{ rol} \times 1 = 50,167 \approx 51 \text{ rol} \quad (24)$$

Total cost (TC) :

$$TC = T^* = Rp7.500.000,00 \times 602 + Rp693.936,88 \times 602 \times 0,085$$

$$= Rp4.550.401.271,16 \quad (25)$$

Total cost tanpa pembelian adalah

$$TC = T^* = Rp693.936,88 \times 602 \times 0,085$$

$$= Rp35.401.271,16 \quad (26)$$

### Melakukan Pengecekan Kembali Jumlah Persediaan pada Saat Melakukan Proses Produksi

Pengecekan jumlah bahan baku dilakukan terhadap jumlah ROP. Jika jumlah persediaan bahan baku yang masih ada lebih kecil, atau sama dengan ( $\leq$ ) ROP, maka bagian persediaan harus melakukan pemesanan bahan baku kembali sejumlah Q\*. Jika jumlah persediaan bahan baku lebih besar daripada ( $>$ ) jumlah kebutuhan bahan baku suatu komponen yang akan diproduksi, maka proses produksi tersebut dapat dilakukan, atau dengan kata lain bahan baku mencukupi untuk melakukan proses produksi, begitu pula sebaliknya.

### Contoh:

Komponen yang pertama kali diproduksi dalam siklus penjadwalan adalah meja atas

produk CUPU MT 121. Untuk memproduksinya, dibutuhkan bahan baku *PB* sebanyak:

Bagian panjang:  $2,44 \text{ m} \div 1,2 \text{ m} = 2,03 \approx 2$

Bagian lebar :  $1,22 \text{ m} \div 0,595 \text{ m} = 2,05 \approx 2$

Jadi 1 lembar *PB* dapat digunakan untuk membuat  $2 \times 2 = 4$  unit komponen meja atas untuk produk CUPU MT 121. Jumlah komponen yang dibutuhkan dalam melakukan satu siklus adalah 500 unit. Jadi *PB* yang dibutuhkan untuk membuat komponen meja atas CUPU MT 121 untuk suatu siklus adalah 500 unit komponen meja atas  $\div 4 \text{ unit/lembar} = 125$  lembar. Sedangkan persediaan awal di gudang bahan baku adalah 65.782 lembar. Oleh karena jumlah persediaan bahan baku lebih besar daripada jumlah kebutuhan bahan baku untuk memproduksi meja atas ( $65.782 > 125$ ), maka proses produksi tersebut dapat dilakukan. Jika jumlah persediaan bahan baku lebih besar daripada *ROP PB* ( $65.782 > 40.735$ ), berarti belum waktunya melakukan pemesanan bahan baku kembali.

Sebagai pembuktian bahwa bahan baku datang pada saat dibutuhkan oleh bagian produksi adalah seperti berikut ini:

$PB: Q = 32.891$  lembar

$EOI = 0,8$  bulan = 3,2 minggu  $\approx 3$  minggu

$Demand$  1 minggu = 17.457 lembar

$ROP = 40.735$  lembar

Misalnya pada minggu pertama *PB* datang sejumlah  $Q = 32.891$  lembar  $< ROP$ , maka sebelum minggu pertama *PB* sudah dipesan terlebih dahulu, sehingga *PB* yang ada di gudang pada minggu pertama adalah 65.782 lembar. Sebagai gambaran yang lebih jelas, disajikan pada Tabel 11 berikut:

**Tabel 11.** Waktu Pemesanan *PB* dan Barang Datang Selama 4 Minggu

Minggu ke-	<i>Demand PB</i>	Sisa <i>PB</i>	Keterangan
0	--	65782	barang datang
1	17457	48325	--
2	17457	30868	waktu pesan
3	17457	46302	barang datang
4	17457	28845	--

Begitu pula perhitungan untuk *MDF*, dan kertas dengan cara yang sama.

**Perbandingan Penjadwalan produksi**

Dengan adanya penjadwalan produksi yang baru, produksi yang dihasilkan selama setahun lebih baik daripada produksi perusahaan sebelumnya. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan ukuran *lot* produksi yang digunakan oleh perusahaan, dan penjadwalan

produksi yang baru. Dalam setahun, perusahaan hanya dapat memproduksi 5 kali, sedangkan dengan adanya jadwal produksi yang baru dapat memproduksi 28 kali periode dengan jumlah yang sama.

Untuk hasil perbandingan yang lebih jelas, dapat dilihat pada Tabel 12 berikut ini:

**Tabel 12.** Perbandingan Hasil yang Didapat Perusahaan dan Penjadwalan yang Baru

Perbandingan	Perusahaan	Penjadwalan yang baru
<i>Makespan</i>	20 hari/ periode	14 hari per periode
<i>Start new session</i>	hari ke-18	hari ke-11
Ukuran <i>lot</i>	100 unit	1 unit
Jumlah produk yang dihasilkan dalam setahun (unit)		
Jazz 2PG	11513	18127
Jazz 3P	11513	18127
Jazz BL 120	11513	18127
Jazz RC4	5756	9063
Jazz RC5	5756	9063
CUPU Vast BL 2P	57567	90638
CUPU MT 121	5756	9063

Dengan mesin yang ada di perusahaan sekarang ini tidak dapat memenuhi target produksi. Oleh karena itu beberapa mesin harus ditambah. Sebagai contoh, *bottle neck* atau mesin yang tingkat produksi yang paling kritis adalah mesin altendorf pada stasiun kerja 4. Jumlah mesin yang dibutuhkan dihitung dengan persamaan.

$$N = T \times \frac{P}{D \times E} \tag{27}$$

dengan:

*N* : jumlah mesin;

*T* : waktu pengerjaan (satuan waktu/unit produk);

*P* : total produk yang harus dibuat (unit produk/satuan waktu);

*D* : satuan kerja per hari (mis: jam / hari);

*E* : faktor efisiensi kerja (*set up, breakdown, dan lain-lainnya*).

Maka perhitungan jumlah mesin adalah sebagai berikut:

$$N = T \times \frac{P}{D \times E} = \frac{25 \text{ detik}}{3.600} \times \frac{61.006 \text{ unit/minggu}}{13,5 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \times 6 \frac{\text{hari kerja}}{\text{minggu}} \times \frac{3 \text{ menit}}{60} \times 6 \text{ hari}} = 5,230281 \approx 6 \text{ mesin.}$$

Dengan cara yang sama juga dihitung untuk mesin-mesin yang lain, maka mesin yang

harus ditambah kapasitasnya adalah sebagaimana disebutkan pada Tabel 13.

**Tabel 13.** Penambahan Jumlah Kapasitas Mesin

Mesin	WS	Jumlah seharusnya	Jumlah tersedia	Tambahan
Altendorf	4	6	3	3 mesin
Trimm Edging	6	4	3	1 mesin
Packing	8	4	1	3 line

### Hasil Perhitungan Persediaan Bahan Baku

Dengan *EOI* dapat diketahui waktu, dan jumlah pemesanan serta total biaya yang dibutuhkan. *Annual demand*, harga produk, jumlah pemesanan minimal, biaya pesan, dan biaya simpan sama, maka akan didapatkan hasil sebagai berikut:

Untuk bahan baku *PB*.

*Quantity (Q)*: jumlah barang yang dipesan harus dapat memenuhi kebutuhan produksi selama 3 bulan adalah:

$$Q = R \times \text{periode pemesanan} = 488.811 \text{ lembar} \times \frac{3}{12} = 122.203 \text{ lembar.} \quad (28)$$

*Total cost (TC)*: total biaya dalam 1 tahun yang harus dikeluarkan, baik untuk melakukan pemesanan, penyimpanan, dan lain-lain, adalah sebagai berikut:

$$TC = P \times R + H \times Q = \text{Rp}125.000,00/\text{lembar} \times 488.811 \text{ lembar} + \text{Rp}11.277,21/\text{lembar} \times 122.203 \text{ lembar} = \text{Rp}62,5\text{M} \quad (29)$$

Bahan baku *MDF*

*Quantity (Q)*: 31.909 lembar

*Total cost (TC)*:

$$TC = \text{Rp}65.000,00/\text{lembar} \times 127.635 \text{ lembar} + \text{Rp}5.902,1/\text{lembar} \times 31.909 \text{ lembar} = \text{Rp}8,5\text{M} \quad (30)$$

Bahan baku kertas

*Quantity (Q)*: 151 rol

*Total cost (TC)* :

$$TC = \text{Rp}7.500.000,00/\text{rol} \times 602 \text{ rol} + \text{Rp}686.046,51/\text{rol} \times 151 \text{ rol} = \text{Rp}4.619.437.500,- \quad (31)$$

Dari hasil sebelumnya, dan hasil di atas, dapat diketahui bahwa dengan waktu, dan jumlah pemesanan yang baru, total biaya dapat diperkecil.

### Analisis Sensitivitas

Jumlah, dan waktu pemesanan bahan baku yang sudah didapat hasilnya akan sesuai dengan perhitungan teoritis, dan tidak akan terjadi *stock out* karena bersifat deterministik (tidak mengalami perubahan). Namun dalam kenyataannya, *demand* perusahaan memiliki kemungkinan untuk mengalami perubahan.

Analisis sensitivitas merupakan analisis yang berkaitan dengan perubahan parameter untuk melihat besarnya perubahan yang dapat terjadi pada hasil solusi awal. Analisis sensitivitas menentukan *output* dari hasil model yang sudah terbentuk, dan yang akan dipengaruhi oleh adanya perubahan, atau adanya kesalahan dalam *input* data (parameter) yang digunakan. Model solusi tersebut akan dikatakan tidak sensitif jika *input* dapat mengasumsikan berbagai nilai yang mempengaruhi hasil *output* ataupun sebaliknya. Parameter *input* yang digunakan antara lain: *R demand (R)*, *holding cost (H)*, dan *order cost (C)*.

Kegunaan analisis sensitivitas adalah:

1. Untuk mengetahui besar nilai kesalahan perkiraan yang dapat mempengaruhi keputusan dalam menentukan waktu, dan jumlah pemesanan, serta biaya yang dikeluarkan;
2. Untuk memutuskan pada titik tertentu akan diperlukan adanya revisi pengambilan keputusan untuk persediaan bahan baku.

Berikut ini merupakan analisis sensitivitas dengan beberapa percobaan terhadap perubahan *demand* yang mungkin terjadi.

- a. *Demand* naik 10%.

*Demand* yang diperkirakan (*estimated demand*) untuk *PB* adalah 488811 lembar, *MDF* adalah 127.635 lembar, dan untuk Kertas adalah 602 rol.

*PB*: *actual demand* = 488.811 + 488.811 × 10% = 537.693 lembar

$$X_R \text{ (Faktor kesalahan demand)} = \frac{\text{estimated demand}}{\text{actual demand}} = 0,91$$

Maka perubahan yang terjadi terhadap jumlah *order (Q<sup>#</sup>)* adalah:

$$\frac{Q^* - Q}{Q^*} = \sqrt{\frac{X_C - X_R}{X_H}} - 1$$

Dan perubahan yang terjadi terhadap *total cost* dengan menggunakan *input* parameter *error* yang terjadi adalah sebesar:

$$\frac{TC(Q^{\#}) - TC(Q^*)}{TC(Q^*)} = \sqrt{X_C \cdot X_R \cdot X_H} - 1$$

$$= \sqrt{1 \times 0,91 \times 1} - 1 = -0,05\%$$

Artinya, perubahan *demand* yang mengalami kenaikan sebesar 10% akan mengakibatkan perubahan struktur total biaya pada *PB* sebesar -0,05%. Begitu pula perhitungan yang dilakukan terhadap *MDF* dan Kertas untuk berbagai persentase kesalahan yang dicobakan.

*MDF*: *actual demand* = 127.635 + 127.635 × 10% = 140.399 lembar

$X_R = 0,91$

$$\frac{TC(Q^{\#}) - TC(Q^*)}{TC(Q^*)} = -0,05\%$$

Kertas: *actual demand* = 602 + 602 × 10% = 663 rol

$X_R = 0,91$

$$\frac{TC(Q^{\#}) - TC(Q^*)}{TC(Q^*)} = -0,05\% \%$$

Jadi perubahan *demand* yang mengalami kenaikan sebanyak 10% akan memberikan perubahan *output TC* sebesar -0,05%.

Dengan cara yang sama seperti perhitungan di atas, juga dilakukan berbagai macam percobaan perubahan *demand* seperti berikut:

b. *Demand* naik 20%.

Bila *demand* mengalami kenaikan sebanyak 20% akan memberikan perubahan *output TC* sebesar -0,09%.

c. *Demand* turun 10%.

Bila *demand* mengalami penurunan sebanyak 10% akan memberikan perubahan *output TC* sebesar 0,05%.

d. *Demand* turun 20%.

Bila *demand* mengalami penurunan sebanyak 20% akan memberikan perubahan *output TC* sebesar 0,12%. Hasil di atas adalah nilai perubahan dalam persentase yang terjadi terhadap jumlah order, dan biaya total yang harus dikeluarkan oleh perusahaan.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penjadwalan produksi dengan menggunakan metode CDS dapat memberikan hasil yang lebih baik daripada pelaksanaan

produksi sebelumnya yang digunakan oleh perusahaan. Selain itu, ukuran *lot* produksi pada penjadwalan yang baru lebih kecil daripada yang digunakan oleh perusahaan sebelumnya, sehingga *makespan* yang dibutuhkan menjadi lebih kecil, dari 74 menjadi 47 hari per periode. Dengan memperkecil *makespan*, maka jumlah produk yang dapat diproduksi 68.441 unit lebih banyak daripada hasil produksi sebelumnya;

2. Biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk memenuhi kebutuhan produksi, yaitu melakukan pemesanan, dan pembelian bahan baku *PB*, *MDF*, dan Kertas diperhitungkan dengan menggunakan teori *EOI single item*, dan *fixed demand*, dan *lead time* dapat memberikan hasil perhitungan biaya total yang lebih kecil daripada biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan sebelumnya. Sebelumnya perusahaan memesan bahan baku setiap 3 bulan sekali, dan mengeluarkan biaya sebesar, Rp62,5M+Rp8,5M+Rp4,6M=Rp75,6M.

Sedangkan dengan menggunakan teori yang baru, biaya total yang dibutuhkan untuk melakukan pemesanan bahan baku menjadi lebih kecil, yaitu:

Rp61,5M+Rp8,4M+Rp4,5M=Rp74,4M.

Selisih biaya pengeluaran untuk pemenuhan bahan baku tersebut adalah Rp 1,2M.

### Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah menjadwalkan produksi dengan metode yang lain, sehingga akan didapatkan hasil yang lebih baik. Namun sedapat mungkin mesin yang ada di pabrik, terutama mesin-mesin yang mengalami *bottle neck* ditambah untuk memperbesar kapasitas produksi, sehingga target produksi tercapai. Dalam memperhitungkan persediaan bahan baku pada penelitian selanjutnya harap dilakukan seteliti mungkin dengan adanya kemungkinan perubahan *lead time* barang datang.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nasution, Arman Hakim, Januari *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 1999
- [2] Baker, K. R., *Introduction to Sequencing and Scheduling*, John Wiley and Sons Inc., New York, 1974

- [3] Bedworth, D. D. dan Bailey, J. E.,  
*Integrated Production Control System*,  
John Wiley and Sons Inc., New York, 1987
- [4] Fogarty D.W., Blackstone, J. H. dan  
Hoffman, Thomas R, *Production and  
Inventory Management*, South – Western  
Publishing Co., Ohio, 1991