

# Integrasi Perencanaan Produksi Agregat Dan Perencanaan Kebutuhan Mesin Pada Proses Produksi Ubin Keramik

**Gan Shu San**

Dosen Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

**Mirah S. Masbudi**

Alumnus Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Industri – Universitas Kristen Petra

## Abstrak

Perencanaan produksi agregat dan perencanaan kebutuhan mesin biasanya dilakukan secara terpisah meskipun sebenarnya ada keterkaitan yang erat yang dapat dijumpai pada lingkungan produksi umumnya. Model integrasi menggabungkan efek pengambilan keputusan tingkat produksi dan tenaga kerja sekaligus pembelian peralatan produksi pada biaya produksi. Penelitian oleh Behnezhad dan Khoshnevis<sup>8,2)</sup> menunjukkan bahwa *mathematical programming model* berdasarkan integrasi tersebut memberikan penghematan biaya dibandingkan dengan penerapan perencanaan produksi agregat dan perencanaan kebutuhan mesin secara terpisah.

Pada makalah ini ingin diketahui keuntungan yang dapat dihasilkan oleh model integrasi pada proses produksi ubin keramik. Model integrasi disusun berdasarkan data yang diperoleh dari sebuah pabrik keramik dan penyelesaian model diperoleh dengan menggunakan software Quant-System. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa perencanaan secara integrasi memberikan penghematan sebesar Rp.179.453.030,- terhadap perencanaan produksi agregat dan sebesar Rp.470.062.980,- terhadap perencanaan kebutuhan mesin.

Kata kunci: model Integrasi, perencanaan produksi agregat, perencanaan kebutuhan mesin.

## Abstract

Usually aggregate production planning and machine requirement planning are conducted separately although there is a close relationship between the two in most production environment. Integration model includes both production and workforce planning decision along with production equipment procurement towards production cost. Research by Behnezhad and Khoshnevis<sup>8,2)</sup> has shown that mathematical programming model based on this integration could result in cost saving when compared to the use of aggregate production planning and machine requirement planning separately.

The advantage of using integration model in tiles production is going to be analyzed in this paper. The integration model is built based on data that is obtained from a tile company and the solution of the model is obtained by using the Quant-system software. The result showed that integration model yield cost saving of Rp.179.453.030,- towards the aggregate production planning and Rp.470.062.980,- towards the machine requirement planning.

Keywords: integration model, aggregate production planning, machine requirement planning.

## Daftar Notasi

### Variabel Keputusan :

$P_t$	Tingkat produksi pada periode t
$I_t$	Tingkat persediaan pada periode t
$Lr_t$	Jumlah waktu regular yang digunakan pada periode t
$Lo_t$	Jumlah <i>overtime</i> yang digunakan pada periode t
$Lr_t$	Jumlah <i>undertime</i> pada periode t
$L_{t^+}$	Kenaikan jumlah tenaga kerja dari periode t-1 ke t

$L_{t^-}$	Pengurangan jumlah tenaga kerja dari periode t-1 ke t
$M_t$	Jumlah mesin yang dioperasikan pada periode t
$M_{t^0}$	Jumlah mesin yang dioperasikan selama <i>overtime</i> pada periode t
$W_t$	Tingkat tenaga kerja pada periode t
$M_t$	Jumlah mesin yang dioperasikan pada periode t
$M_{t^0}$	Jumlah mesin yang dioperasikan selama <i>overtime</i> pada periode t

### Parameter :

$N$	Jumlah periode perencanaan
$D_t$	Permintaan pada periode t
$C_t$	Biaya produksi selain biaya tenaga kerja

**Catatan :** Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Februari 2002. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 4 Nomor 1 April 2002.

Crh <sub>t</sub>	Biaya satu jam kerja pada waktu regular pada periode t
Coh <sub>t</sub>	Biaya satu jam kerja <i>overtime</i> pada periode t
Cph <sub>t</sub>	Biaya penambahan pekerja pada periode t
Cmh <sub>t</sub>	Biaya pengurangan jam pekerja pada periode t
m	Jumlah jam yang dibutuhkan untuk memproduksi satu unit produk
h <sub>t</sub>	Jumlah <i>regular time</i> dalam tiap periode produksi (jam/periode)
h <sub>o</sub>	Jumlah maksimum <i>over time</i> dalam tiap periode produksi (jam/periode)
Cp <sub>t</sub>	Biaya pengadaan mesin pada awal periode t
Cd <sub>t</sub>	Nilai sisa dari mesin pada awal periode t
Cr <sub>t</sub>	Biaya operasi dan perawatan sebuah mesin selama <i>regular time</i> pada periode t
Co <sub>t</sub>	Biaya operasi dan perawatan sebuah mesin selama <i>over time</i> pada periode t
Ci	Biaya penyimpanan per unit per periode
Cs	Biaya <i>shortage</i> per unit per periode
Crw	Biaya gaji <i>regular time</i> per tenaga kerja per periode
Cow	Biaya gaji <i>over time</i> per tenaga kerja per periode
Ch	Biaya perekrutan seorang tenaga kerja
Cf	Biaya pemecatan seorang tenaga kerja
i	Tingkat suku bunga tiap periode (minimal MARR)
K	Jumlah tenaga kerja yang diperlukan untuk memproduksi sebuah produk (periode/ unit)
R	<i>Output</i> mesin berupa produk yang baik per periode <i>regular time</i> (unit/ periode)

## 1. Pendahuluan

Perencanaan kebutuhan mesin dan perencanaan produksi agregat memegang peranan yang penting dalam perencanaan kapasitas dan operasional suatu proses produksi. Obyektif dari perencanaan produksi agregat adalah menentukan tingkat produksi dan tingkat tenaga kerja agar biaya operasional dapat diminimalkan. Di lain pihak, perencanaan kebutuhan mesin menentukan jumlah optimal dari mesin agar dapat memenuhi permintaan yang berfluktuasi dengan biaya minimum. Pada kenyataannya, terdapat hubungan yang erat antara keduanya dalam kebanyakan operasi manufaktur. Hal ini dilihat dari adanya ketergantungan antara mesin dan tenaga kerja. Secara umum, tiap unit produk memerlukan sejumlah tertentu kerja manual sejalan dengan sejumlah tertentu operasi permesinan.

Dengan melakukan perencanaan mesin dan tenaga kerja secara terpisah dapat terjadi ketidak-efisienan implementasi karena kurangnya keseimbangan antara mesin dan operator. Pada proses produksi ubin keramik di perusahaan ini, terlihat kondisi bahwa proses produksi hampir seluruhnya dilakukan oleh mesin namun juga dikendalikan oleh operator.

Karena itu dilakukan penelitian untuk melihat unjuk kerja model integrasi pada proses produksi ubin keramik ini.

## 2. Proses Produksi

Proses produksi ubin keramik lantai merupakan proses *single firing* (pembakaran satu kali). Proses pembuatan ubin keramik melalui enam tahapan pokok, yaitu :

### a) Proses Pembuatan *Powder* Keramik

Bahan baku *body* dimasukkan ke dalam mesin penghancur dengan menggunakan *mechanical shovel*. Bahan baku yang sudah dihancurkan dimasukkan ke dalam mesin *continuous ball-mill* dengan menggunakan *belt-conveyor*. Bahan pendukung yang lain juga dimasukkan ke dalam *ball-mill* dan digiling selama 8-10 jam agar diperoleh *slurry* yang halus dan homogen. Kemudian *slurry* dimasukkan dalam sumur *slurry* dimana terdapat pengaduk yang selalu berputar agar campuran bahan dasar dengan air yang dinamakan slip tidak padat dan tidak kering. Slip kemudian dipompakan ke dalam *spray dryer* dengan menggunakan pompa piston, untuk kemudian dikabutkan dengan menggunakan nozel. Udara panas dengan suhu 600°C yang dihembuskan dari bagian atas *spray dryer* akan menguapkan air dan mengakibatkan slip yang dikabutkan berubah menjadi *powder*. Selanjutnya *powder* disimpan melalui *conveyor* ke dalam silo-silo selama ± 8 jam dengan tujuan untuk menstabilkan kadar air.

### b) Proses Pembuatan Keramik Mentah (*Green Tiles*)

*Powder* yang terdapat dalam silo siap digunakan dan dibawa ke mesin pres dengan menggunakan tangki pres. *Powder* ditekan dengan mesin pres hidrolis dengan tekanan sebesar 220 bar, dan tonase 800 ton. Mesin pres hidrolis berfungsi untuk menempatkan *powder* menjadi ubin mentah yang disebut *green tile* di dalam suatu cetakan dengan ukuran tertentu. Di dalam mesin pres, sekali pengepresan akan menghasilkan 3 buah *green tiles*, dengan *flow rate* yang diatur secara otomatis yaitu 8 kali pengepresan per menit. *Green tile* tersebut diharapkan memiliki *bending strength* sebesar 300 kg per cm<sup>2</sup>. kemudian *green tile* tersebut diangkut ke dalam mesin pengering (*Horizontal Dryer*) dengan menggunakan *Roller Feeding Line*. Dalam mesin pengering, kadar air diturunkan menjadi kurang dari 0,8% dengan tujuan untuk meningkatkan kekuatan tekan dari *green tile* sehingga lebih tahan terhadap

benturan-benturan yang akan terjadi serta mempersiapkan *green tile* agar dapat menerima lapisan glazur dengan baik.

**c) Proses Glazur (*Glazing line*)**

Ubin keramik yang biasa dipakai untuk membuat lantai suatu bangunan pada umumnya mempunyai bagian yang memiliki warna, motif dan tekstur yang beraneka ragam. Bagian ini disebut glazur keramik, yang terdiri dari :

- Lapisan engobe, merupakan lapisan dasar glazur keramik dan sebagai perekat
- *Glaze*, memberi warna dasar pada permukaan ubin keramik.
- *Printing*, memberi corak atau motif permukaan.

**d) Proses Pembakaran**

Ubin yang telah melalui proses *printing* kemudian dibakar dalam *kiln* dengan tujuan supaya terbentuk ikatan yang kuat antara *body* dan *glaze* dengan kualitas yang baik. Ubin yang keluar dari proses ini memiliki perubahan karakteristik dibandingkan sebelumnya yaitu tegangan lentur lebih tinggi, kepadatan lebih tinggi, kandungan kelembaban lebih rendah. Sepanjang *roller kiln* terdapat 3 bagian yaitu:

- *Preheating*, temperatur antara 580°C hingga 930°C
- *Firing*, temperatur antara 1000°C dan 1200°C
- *Cooling*, temperatur antara 580°C dan 700°C

Ubin mengalami penyusutan sebesar 2-3% pada proses ini.

**e) Proses Sortir dan Pengepakan**

Dari *roller kiln* ubin menuju ke meja operator yang memberi tanda kualitas berdasarkan kondisi permukaan ubin, yang disebut *visual sort*, yaitu :

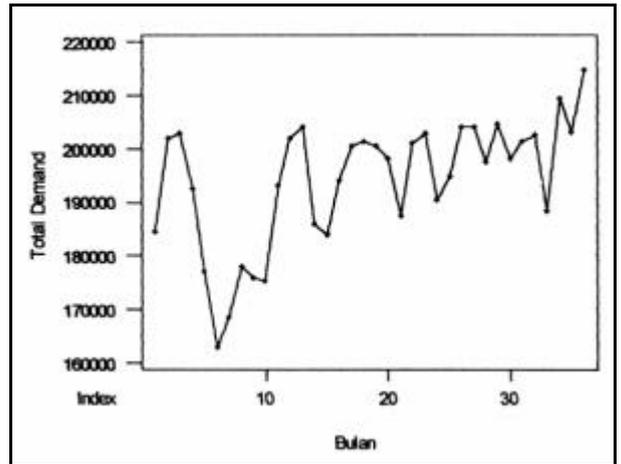
- Tanda A: tidak cacat *body*, glazir maupun *printing*.
- Tanda B : hanya cacat *printing* (kabur)
- Tanda C : cacat *body* dan cacat *printing*.

Proses selanjutnya adalah *calibre sort*, dimana mesin sensor memisahkan ubin-ubin berdasarkan kualitas dan ketelitian ukuran dimensinya. Ubin kemudian dikemas dalam dos oleh mesin *packaging* dan disimpan dalam gudang.

**3. Data Awal**

**3.1 Data Permintaan Masa Lalu**

Data permintaan aktual selama 3 tahun yaitu dari April 1998 sampai dengan Maret 2001 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Data Permintaan April 1998 hingga Maret 2001

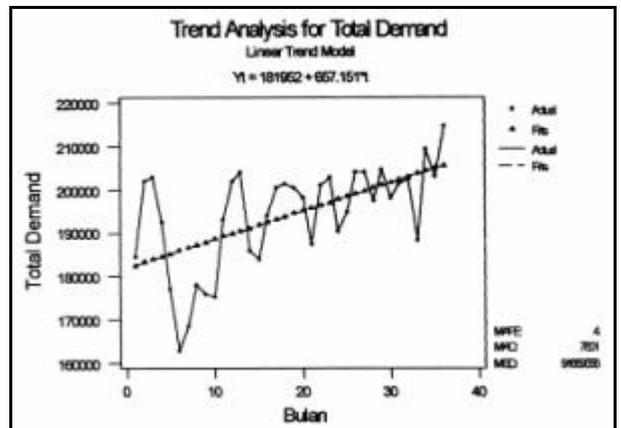
**3.2 Test Faktor Trend**

Dilakukan uji t statistik dengan taraf signifikansi 5%.

Hipotesa :  $H_0 : \rho = 0$  (tidak ada trend)

$H_1 : \rho = 1$  (menunjukkan adanya trend)

Tolak  $H_0$  jika  $t_{hit} > t_{tabel}$  ( $t_{\alpha/2}$ ,  $df = n-2$ ). Diperoleh  $t_{hit} = r \sqrt{[(n-2)/(1-r^2)]} = 4,162 > 2,0323$ . Tolak  $H_0$ , berarti ada faktor trend, dapat dilihat pada Gambar 2.

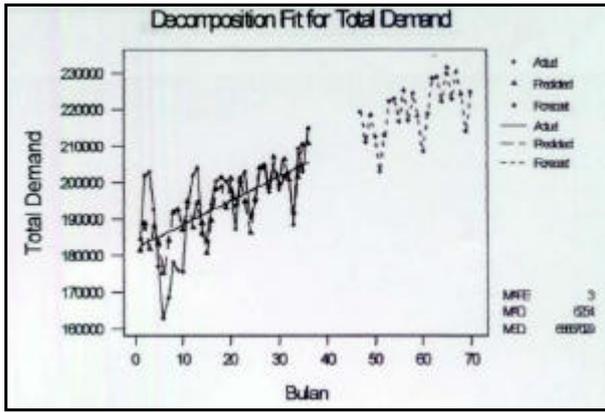


Gambar 2. Faktor Trend

**3.3 Peramalan**

Metode peramalan yang cocok untuk kondisi berfaktor trend adalah *double exponential smoothing*, *winter multiplicative* dan *multiplicative decomposition*.

Dari ketiga metode tersebut, dipilih metode peramalan dengan MAD terkecil dan hasil peramalan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peramalan dengan Metode *Multiplicative Decomposition*

**3.4 Data Mesin**

**Tabel 1. Data Mesin**

Jenis Mesin	Jumlah	Harga (Rp)	Umur (Th)	Depresiasi (% / th)	Biaya Operasional (Rp/ periode)	Biaya Maintenance (Rp/ periode)
Ball Mill	7	200 juta	10	6	27.760.594,29	3.000.000,-
Spray Dryer	1	100 juta	20	4	21.340.800,-	3.000.000,-
Press	4	700 juta	20	4	60.572.640,-	3.500.000,-
Horizontal Dryer	4	300 juta	20	4	116.524.032,-	1.500.000,-
Glazing Line :						
• Engobe	6	200 juta	15	5	2.134.080,-	2.000.000,-
• Glasir	6	200 juta	15	5	4.268.160,-	2.000.000,-
• Printing	6	100 juta	15	5	512.179,20	1.500.000,-
Kiln	2	1 miliar	20	4	22.621.248,-	4.000.000,-
Sorting Line						
• Visual sort	2	40 juta	15	5	1.707.264,-	1.000.000,-
• Calibre sort	2	200 juta	20	4	1.707.264,-	2.000.000,-
• Packaging	2	50 juta	15	5	1.707.264,-	1.500.000,-

**3.5 Waktu Baku**

Penggunaan mesin secara otomatis mengakibatkan semua waktu proses di set-up melalui sistem komputerisasi dengan data seperti pada tabel dibawah ini.

**Tabel 2. Waktu Baku**

Proses	Waktu Normal (detik/keping)	Allowance (%)	Waktu Baku (detik/keping)	Keluaran baku (keping/detik)
Ball Mill	3,365	2,540	3,453	0,290
Spray Dryer	0,491	1,429	0,498	2,008
Press	1,5	32,811	2,233	0,448
Horizontal Dryer	2,381	26,445	3,237	0,309
Glazing Line :				
• Engobe	3	7,661	3,249	0,369
• Glasir	3	5,500	3,175	0,315
• Printing	3	2,464	3,076	0,325
Kiln	1,571	23,159	2,044	0,489
Sorting Line				
• Visual sort	2	0,168	2,003	0,499
• Calibre sort	2	4,704	2,099	0,476
• Packaging	1	0,030	1	1

**3.6 Kapasitas Produksi**

Perhitungan waktu baku digunakan untuk menentukan kapasitas produksi tiap mesin seperti ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

**Tabel 3. Kapasitas Produksi**

Proses	Kapasitas mesin (keping / hari)	Kapasitas mesin (dos / hari)
Ball Mill	25056	2277
Spray Dryer	173491	15771
Press	38707	3518
Horizontal Dryer	26697	2427
Glazing Line :		
• Engobe	27216	2474
• Glasir	27216	2474
• Printing	27216	2474
Kiln	42249	3840
Sorting Line		
• Visual sort	41126	3738
• Calibre sort	41126	3738
• Packaging	86400	7854

**3.7 Data Pekerja**

Total pekerja 108 orang yang terbagi dalam 3 shift. Data pekerja pada masing-masing bagian adalah sebagai berikut :

**Tabel 4. Data Pekerja**

Bagian	Jumlah pekerja
Ball Mill	7
Spray Dryer	1
Press	4
Horizontal Dryer	4
Glazing Line :	12
Kiln	2
Sorting Line	6

Kebijaksanaan perusahaan dalam hal tenaga kerja adalah :

- Hari kerja sebulan 26 hari dengan 8 jam kerja per hari
- Jam lembur maksimal 8 jam per minggu, dilaksanakan pada hari minggu
- Sistem pengupahan :
  - o Upah pokok : Rp. 20.500,- per hari
  - o Upah lembur : Rp. 6.161,85 per jam
- Pemutusan hubungan kerja dan perekrutan :
  - o Pesangon PHK : 6 bulan gaji = Rp. 3.198.000,-
  - o Biaya rekrut : 2 stel seragam = Rp. 35.000,-

**4. Model Integrasi**

Perencanaan produksi dilakukan untuk 24 bulan yang terbagi dalam 8 periode perencanaan.

**4.1 Perencanaan Produksi Agregat**

Pada perencanaan ini ditentukan tingkat produksi dan tingkat tenaga kerja yang meminimalkan biaya produksi untuk memenuhi permintaan pada tiap periode perencanaan. Model ini mengasumsikan bahwa jam kerja *overtime*

tidak digunakan secara penuh, dimana mesin menyesuaikan dengan jam kerja tenaga manual.

Pengelompokan produk pada perencanaan agregat dilakukan berdasarkan *body* ubin keramik, yaitu *body* polos kilap dan *body* bergelombang, dimana :

- *body* polos kilap : SYG, SYC, SYR, Malibu
- *body* bergelombang : ROB, ROGreen, ROT, Ob, O'c, Safari

Pengelompokan dilakukan karena kesamaan dalam proses produksi maupun bahan baku yang digunakan.

Model Perencanaan Agregat :

Variabel keputusan : **P**, **I**, **S**, **Lr**, **Lo**, **Lu**, **L<sup>+</sup>**, **L<sup>-</sup>**

Minimasi :

$$TC = \sum_{t=1}^N \{ [C_t P_t + Crh_t Lr_t + Coh_t Lo_t + CiI_t + Cph_t L_t^+ + Cmh_t L_t^-] (1+i)^{t-1} \}$$

Kendala :

$$P_t - I_{t-1} + I_t = D_t \quad ; \forall t$$

$$Lr_t = Lr_{t-1} + L_t^+ - L_t^- \quad ; \forall t$$

$$Lo_t - Lu_t = mP - Lr_t \quad ; \forall t$$

$$P_t, I_t, Lr_t, Lo_t, Lu_t, L_t^+, L_t^- \geq 0 \quad ; \forall t$$

$$P_t, I_t, L_t^+, L_t^- \text{ integer } ; \forall t$$

$$t = 1, 2, 3, \dots, 8$$

#### 4.2 Perencanaan Kebutuhan Mesin

Model ini digunakan untuk menentukan jumlah mesin atau peralatan kerja sesuai dengan jumlah permintaan pada tiap periode perencanaan. Pada model ini diasumsikan *overtime* dapat digunakan secara penuh, jadi tenaga kerja menyesuaikan dengan jam kerja mesin.

Model Perencanaan Kebutuhan Mesin :

Variabel keputusan : **P**, **I**, **M**, **M<sup>o</sup>**

Minimasi

$$TC = \sum_{t=1}^N \{ [C_t P_t + Cp_t (M_t - M_{t-1})^+ - Cd_t (M_t - M_{t-1})^- + Cr_t (\frac{P_t}{R} - \frac{h_0}{h_t} M_t^o) + Co_t M_t^o + Ci_t I_t^+ + Cs_t I_t^-] (1+i)^{t-1} \} - Cd_N M_N (1+i)^{-N}$$

Kendala :

$$I_t = I_{t-1} + P_t - D_t \quad ; \forall t$$

$$\frac{P_t}{R} \leq M_t + \frac{h_0}{h_t} M_t^o \quad ; \forall t$$

$$M_t^o \leq M_t \quad ; \forall t$$

$$M_t, M_t^o, P_t \geq 0 \quad ; \forall t$$

$$M_t, P_t \text{ integer}$$

Model ini menggunakan notasi :

$$(a)^+ = \max \{a, 0\} \text{ dan } (a)^- = \max \{-a, 0\}$$

yang menyebabkan model menjadi non-linier. Model Kebutuhan mesin diatas dapat dilinierkan dengan transformasi :

$$X_t = (M_t - M_{t-1})^+ \text{ dan } X'_t = (M_t - M_{t-1})^-$$

Pada kendala ditambahkan

$$M_t - M_{t-1} = X_t - X'_t$$

$$I_t = I_t^+ - I_t^-$$

#### 4.3 Model Integrasi

Pada model perencanaan agregat dan perencanaan kebutuhan mesin, tidak diperhitungkan adanya ketergantungan antara tingkat tenaga kerja dan mesin. Pada model perencanaan agregat biasanya diasumsikan kapasitas mesin cukup besar untuk memenuhi tingkat perencanaan produksi untuk pekerja. Sedangkan model perencanaan mesin mengasumsikan bahwa tenaga kerja yang tersedia selalu dapat memenuhi kebutuhan jumlah tenaga kerja manual untuk memproduksi suatu produk.

Model integrasi menggabungkan kedua model tersebut sehingga diperhitungkan semua biaya baik yang terkait dengan mesin maupun tenaga kerja sebagai berikut :

Variabel keputusan : **P**, **I**, **W**, **M**, **M<sup>o</sup>**

Minimasi:

$$TC = \sum_{t=1}^N \{ [C_t P_t + Cp_t (M_t - M_{t-1})^+ - Cd_t (M_t - M_{t-1})^- + Cr_t (\frac{P_t}{R} - \frac{h_0}{h_t} M_t^o) + Co_t M_t^o + Crw W_t + Cow KRM_t^o + Ch (W_t - W_{t-1})^+ + Cf (M_t - M_{t-1})^- + Ci_t I_t^+ + Cs_t I_t^-] (1+i)^{t-1} \} - Cd_N M_N (1+i)^{-N}$$

Kendala :

$$I_t = I_{t-1} + P_t - D_t \quad ; \forall t$$

$$\frac{P_t}{R} \leq M_t + \frac{h_0}{h_t} M_t^o \quad ; \forall t$$

$$KP_t \leq W_t + \frac{h_0}{h_t} KRM_t^o \quad ; \forall t$$

$$M_t^o \leq M_t \quad ; \forall t$$

$$KRM_t^o \leq W_t \quad ; \forall t$$

$$W_t, M_t, M_t^o, P_t \geq 0 \quad ; \forall t$$

$$W_t, M_t, P_t \text{ integer}$$

Model ini juga menggunakan notasi  $(a)^+$  dan  $(a)^-$  yang nantinya akan dilinierkan dengan transformasi yang sama seperti pada perencanaan kebutuhan mesin.

### 5. Hasil Perhitungan Dan Analisa

Pada saat model perencanaan agregat yang digunakan, akan didapatkan perencanaan tingkat tenaga kerja yang paling optimal, sedangkan jumlah mesin dan penggunaannya akan menyesuaikan dari hasil ini. Dengan cara sama, saat model kebutuhan mesin yang digunakan maka tingkat tenaga kerja menyesuaikan berdasarkan jumlah optimal dan penggunaan optimal dari mesin. Hasil dari Perencanaan Agregat dan Perencanaan Kebutuhan Mesin dapat dilihat pada tabel 5 dan 6 sedangkan hasil dari model integrasi dapat dilihat pada tabel 7.

Pada model perencanaan agregat terlihat bahwa penggunaan tingkat tenaga kerja adalah lebih tinggi daripada pada kedua model perencanaan lainnya, namun tidak ada penun-

gasan *over time*. Rendahnya biaya perekrutan dan pemecatan dibandingkan dengan biaya operasional keseluruhan proses produksi menyebabkan begitu mudahnya terjadi pengurangan dan penambahan tenaga kerja. Misalnya untuk model perencanaan agregat, pada periode 1 terjadi pemecatan 25 tenaga kerja tetapi pada periode 4, 6 dan 7 dimana demand relatif tinggi maka terjadi penambahan karyawan. Pada model integrasi juga terjadi pemecatan 51 orang tenaga kerja pada periode 1 dan dengan peningkatan penggunaan mesin pada *over time* maka periode selanjutnya tidak memerlukan penambahan tenaga kerja.

Pada kenyataannya, menurut pengamatan yang dilakukan peneliti pada perusahaan ubin keramik ini, memang terjadi kurangnya efektifitas kerja dari tenaga kerja yang ada saat ini karena banyak tenaga kerja yang terlihat

**Tabel 5. Perencanaan Produksi Agregat**

t	Demand	Workforce					Machine					Production	Inventory
		Hired	Fired	On Hand	Regular time	Over time	Procured	Salvage	On Hand	Regular time	Over time		
1	688862	0	25	83	83	0	4	6	30	29,159	0	688862	0
2	628430	0	0	83	83	0	0	0	30	29,159	0	628430	0
3	661890	0	0	83	83	0	0	0	30	29,159	0	661890	0
4	666838	1	0	84	84	0	0	0	30	29,510	0	666838	0
5	645680	0	0	84	84	0	0	0	30	29,510	0	645680	0
6	679894	2	0	86	86	0	1	0	31	30,213	0	679894	0
7	684814	1	0	87	87	0	0	0	31	30,564	0	684814	0
8	662929	0	0	87	87	0	0	0	31	30,564	0	662929	0

**Tabel 6. Perencanaan Kebutuhan Mesin**

t	Demand	Workforce					Machine					Production	Inventory
		Hired	Fired	On Hand	Regular time	Over time	Procured	Salvage	On Hand	Regular time	Over time		
1	688862	0	45	63	62,89	62,89	1	6	21	21	21	688862	0
2	628430	0	0	63	62,89	62,89	0	0	21	21	21	628430	0
3	661890	0	0	63	62,89	62,89	0	0	21	21	21	661890	0
4	666838	0	0	63	62,89	62,89	0	0	21	21	21	666838	0
5	645680	0	0	63	62,89	62,89	0	0	21	21	21	645680	0
6	679894	0	0	63	62,89	62,89	0	0	21	21	21	679894	0
7	684814	0	0	63	62,89	62,89	0	0	21	21	21	684814	0
8	662929	0	0	63	62,89	62,89	0	0	21	21	21	662929	0

**Tabel 7. Perencanaan Dengan Model Integrasi**

t	Demand	Workforce					Machine					Production	Inventory
		Hired	Fired	On Hand	Regular time	Over time	Procured	Salvage	On Hand	Regular time	Over time		
1	688862	1	51	58	58	0	1	6	21	21	0	688862	0
2	628430	0	0	58	58	0	0	0	21	21	0	628430	0
3	661890	0	0	58	58	0	0	0	21	21	0	661890	0
4	666838	0	0	58	58	0	0	0	21	21	0	666838	0
5	645680	0	0	58	58	0	0	0	21	21	0	645680	0
6	679894	0	0	58	58	3,178	0	0	21	21	1,309	679894	0
7	684814	0	0	58	58	5,348	0	0	21	21	1,883	684814	0
8	662929	0	0	58	58	0	0	0	21	21	0	662929	0

mengganggu. Mesin yang beroperasi secara penuh dan terus menerus adalah mesin kiln. Karena itu dengan penambahan mesin kiln maka biaya produksi akan dapat lebih ditekan.

Sedangkan pada perencanaan kebutuhan mesin, jumlah mesin yang dioperasikan pada *regular time* sama dengan pada model integrasi. Tetapi pada perencanaan kebutuhan mesin semua mesin tersebut dioperasikan secara penuh pada *over time*, sedangkan pada model integrasi hanya mesin *ball-mill* yang dioperasikan secara *over time* namun tidak sepenuhnya, pada periode ke 6 dan 7. Selain itu tingkat tenaga kerja yang digunakan pada model perencanaan kebutuhan mesin lebih tinggi daripada pada model integrasi.

Ketiga model perencanaan di atas menghasilkan keputusan bahwa pada tiap periode produksi tidak ada inventory. Faktor yang mempengaruhi unjuk kerja model integrasi terhadap kedua model lainnya adalah rasio kontribusi operator dan mesin terhadap proses produksi. Rasio ini dapat ditentukan dengan  $T/T_w$  dimana  $T$  adalah *machining time* yang diperlukan untuk memproduksi satu unit produk (jam/unit) dan  $T_w$  adalah muatan kerja manual dari satu unit produk (jam/unit). Rasio ini dapat pula ditentukan dengan  $KR$  dimana  $K$  adalah kebutuhan tenaga kerja per unit produk (periode-pekerja/unit) dan  $R$  adalah output mesin berupa produk yang baik dari tiap mesin (unit/periode). Semakin besar rasio ini berarti ketergantungan terhadap tenaga kerja akan semakin besar sehingga model perencanaan agregat akan lebih cocok. Begitu pula bila rasio ini semakin kecil, yang berarti peran mesin lebih dominan daripada peran tenaga manual, maka unjuk kerja model perencanaan kebutuhan mesin akan semakin meningkat. Analisa ini mendukung hasil penelitian diatas bahwa dengan  $KR > 2$  maka penghematan model integrasi terhadap model perencanaan kebutuhan mesin lebih besar dibandingkan terhadap model perencanaan agregat.

Perhitungan total biaya dengan model perencanaan agregat adalah Rp.89.540.209.100,- sedangkan dengan model perencanaan kebutuhan mesin adalah Rp.89.830.819.050,- dan dengan model integrasi adalah Rp.89.360.756.070,- yang menunjukkan total biaya terkecil.

## 6. Penutup

Pada makalah ini telah disajikan penggunaan model integrasi pada suatu proses pembuatan ubin keramik dan perbandingannya

dengan model perencanaan agregat dan model perencanaan kebutuhan mesin. Pada penyusunan model-model tersebut telah dilakukan pengamatan langsung di lapangan untuk mendapatkan dan menghitung data-data operasional dan perawatan mesin, waktu kerja, kapasitas produksi, permintaan dan data penunjang lainnya yang sangat signifikan untuk berhasilnya penelitian ini. Meskipun demikian, ada beberapa data yang tidak dapat diberikan oleh pihak perusahaan berkaitan dengan kerahasiaan maka telah diambil asumsi-asumsi yang diyakini tidak akan mempengaruhi hasil penelitian ini.

Hasil yang didapatkan pada akhir penelitian adalah sesuai dengan yang diharapkan yaitu bahwa model integrasi memberikan penghematan dibandingkan model perencanaan agregat maupun model perencanaan kebutuhan mesin.

## Daftar Pustaka

1. Bedworth, David D., and Bailey, James E., *Integrated Production Control Systems*, Arizona State University, Wiley & Sons, New York, 1987.
2. Behnezhad, Ali R., and Khoshnevis, Behrokh, "Integration of Machine Requirement Planning and Aggregate Planning", *Planning and Production Control Journal*, vol. 7 ,292-298, 1996.
3. Elsayed, Elsayed A., and Boucher, Thomas O., *Analysis and Control of Production Systems*, Englewood Cliffs, Prentice-Hall, New Jersey, Inc, 1985.
4. Buffa, Elwood S., and Sarin, Rakesh K., *Manajemen Operasi dan Produksi Modern*, Terjemahan oleh Ir. Agus Maulana MSM., Bina Rupa Aksara, Jakarta, 1996.