

# PERENCANAAN PRODUKSI AGREGAT DENGAN METODE HEURISTIK DAN TRANSPORTASI PADA PT FREMONT NUSAMETAL INDONESIA

## *HEURISTIC METHOD AND TRANSPORTATION METHOD FOR AGGREGATE PRODUCTION PLANNING IN PT FREMONT NUSAMETAL INDONESIA*

Rochsi Syhadha<sup>1)</sup>, Ishardita Pambudi Tama<sup>2)</sup>, Rahmi Yuniarti<sup>3)</sup>  
Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik-Universitas Brawijaya  
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia  
Email: [rochsi.lesai@gmail.com](mailto:rochsi.lesai@gmail.com)<sup>1)</sup>, [kangdith@ub.ac.id](mailto:kangdith@ub.ac.id)<sup>2)</sup>, [rahmi\\_yuniarti@ub.ac.id](mailto:rahmi_yuniarti@ub.ac.id)<sup>3)</sup>

### Abstrak

Semakin ketat dan kompetitifnya persaingan industri di Indonesia menuntut para pelaku bisnis untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi di segala bidang. Begitu pula yang terjadi pada PT. Fremont Nusametal yang bergerak pada industri peleburan logam dengan menghasilkan produk tembaga dan aluminium. Seiring dengan permintaan yang cenderung meningkat, maka permasalahan yang berkaitan dengan produksi mulai muncul. Salah satunya adalah kurangnya tenaga kerja di saat permintaan yang cukup tinggi. Perencanaan produksi usulan pada penelitian ini dimulai dengan peramalan permintaan dengan menggunakan metode *moving average* (MA), *weighted moving average* (WMA), dan *exponential smoothing* (ES). Dari ketiga metode tersebut dipilih salah satu metode yang hasilnya dapat digunakan sebagai data permintaan dalam perencanaan produksi agregat. Hasil perencanaan produksi agregat menggunakan metode heuristik dan transportasi dengan pendekatan simulasi dibandingkan dengan total biaya produksi dan rata-rata kekurangan aktual setiap periode dari perencanaan produksi perusahaan. Sehingga diperoleh rencana produksi untuk periode Januari – Desember 2014 dengan total biaya produksi antara Rp 14.354.500.530,00 – Rp 14.356.452.702,00 dan rata-rata kekurangan aktual setiap periodenya antara 2072,5 jam - 5696,3 jam. Sedangkan untuk perencanaan produksi perusahaan diperoleh total biaya produksi sebesar Rp 13.500.223.744,00 dengan rata-rata kekurangan aktual setiap periode antara 4666,8 jam - 8290,6 jam.

**Kata kunci:** peramalan permintaan, perencanaan produksi agregat, metode heuristik, metode transportasi

### 1. Pendahuluan

Semakin ketat dan kompetitifnya persaingan industri di Indonesia menuntut para pelaku bisnis untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi di segala bidang. Efektifitas dan efisiensi dapat diwujudkan dengan sistem perencanaan produksi yang baik, sehingga proses produksi akan berjalan dengan lancar. Perencanaan produksi ini bertujuan untuk menyusun suatu rencana produksi untuk memenuhi permintaan pada waktu yang tepat dengan menggunakan sumber-sumber atau alternatif-alternatif yang tersisa dengan biaya yang paling minimum dari keseluruhan produk (Baroto, 2002).

Industri peleburan logam merupakan salah satu industri yang potensial untuk dikembangkan di Indonesia. Hal ini didasarkan pada semakin meningkatnya permintaan terhadap produk logam baik dari dalam negeri maupun luar negeri. Begitu pula yang terjadi pada PT. Fremont Nusametal. Perusahaan ini termasuk industri peleburan logam yang menghasilkan produk tembaga dan aluminium

yang terus mengalami peningkatan permintaan dalam beberapa tahun terakhir.

Seiring dengan permintaan yang cenderung meningkat, maka permasalahan yang berkaitan dengan produksi mulai muncul. Salah satunya adalah kurangnya tenaga kerja di saat permintaan yang cukup tinggi. Selama ini PT. Fremont Nusametal Indonesia belum menerapkan perencanaan yang terorganisir dalam melakukan kegiatan produksinya. Perencanaan yang ada hanya berdasarkan perkiraan dan pengalaman dari tahun-tahun sebelumnya. Ketika ada sejumlah pesanan yang harus diselesaikan, maka tidak ada pedoman secara detail yang dijadikan sebagai acuan produksi.

Menurut Kusuma (2004), perusahaan yang tidak melakukan perencanaan produksi agregat akan menghadapi beberapa permasalahan seperti, tidak optimalnya penggunaan sumber daya manusia, hingga tidak sesuai rencana strategi perusahaan dengan rencana penjualan dan rencana produksi. Berdasarkan permasalahan di atas, penelitian ini dapat memberikan rekomendasi perencanaan

produksi agregat agar perusahaan dapat mengalokasikan sumber daya yang dimiliki secara optimal.

## 2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian deskriptif, yaitu penelitian yang ciri utamanya adalah memberikan penjelasan objektif, komparasi, dan evaluasi sebagai bahan pengambilan keputusan bagi yang berwenang (Arikunto, 1998).

### 2.1 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan akan menjadi input pada tahap pengolahan data. Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain:

#### 1. Data Primer

Data primer adalah data yang secara langsung diambil dari objek penelitian oleh peneliti perorangan maupun organisasi yang diantaranya adalah hasil pengamatan, hasil pengukuran, dan hasil wawancara terhadap pihak terkait. Adapun data primer yang dibutuhkan adalah pengamatan langsung mengenai proses produksi di PT. Fremont Nusametal Indonesia.

#### 2. Data Sekunder

Data sekunder didapatkan dari data historis yang merupakan arsip atau dokumen di perusahaan. Data tersebut antara lain tinjauan umum PT. Fremont Nusametal Indonesia, permintaan produk tembaga dan alumunium Januari 2010 – Desember 2013, jumlah hari kerja Januari – Desember 2014, jam kerja reguler yang tersedia, jam kerja lembur yang tersedia, jam kerja kontrak yang tersedia, biaya tenaga kerja, biaya simpan, biaya penambahan tenaga kerja.

### 2.2 Pengolahan Data

Pengolahan data bertujuan untuk melakukan penyelesaian dari masalah yang diteliti. Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengolahan data meliputi:

#### 1. Penentuan peramalan permintaan

Penentuan peramalan permintaan dengan menggunakan metode MA, WMA dan ES yang akan meramalkan permintaan tiap bulan pada tahun mendatang dengan menggunakan dasar pola data pada tahun-tahun sebelumnya.

#### 2. Penentuan distribusi dan parameter

Penentuan distribusi dilakukan dengan menduga distribusi probabilitas harapan yang paling mendekati pola data permintaan yang digunakan. Selain itu pada dasarnya setiap distribusi memiliki parameter dan kegunaan masing-masing sehingga dapat lebih mudah dalam penentuan distribusi.

#### 3. *Generate data*

Pembangkitan bilangan acak dilakukan sebanyak 12 data sebanyak 5 replikasi untuk menguji apakah model dapat diimplementasikan untuk bulan berikutnya dan mengetahui berbagai total biaya yang muncul.

#### 4. Validasi data pembangkitan bilangan acak

Validasi dilakukan untuk menilai validitas data produk tembaga dan alumunium yang telah dibangkitkan.

#### 5. Perencanaan produksi agregat

Perencanaan produksi agregat disusun berdasarkan jumlah permintaan dan faktor-faktor terkait yang telah dianalisis. Metode yang digunakan untuk mengetahui perencanaan produksi yang optimal adalah *Transportasi* dan *Heuristic* dengan pendekatan simulasi.

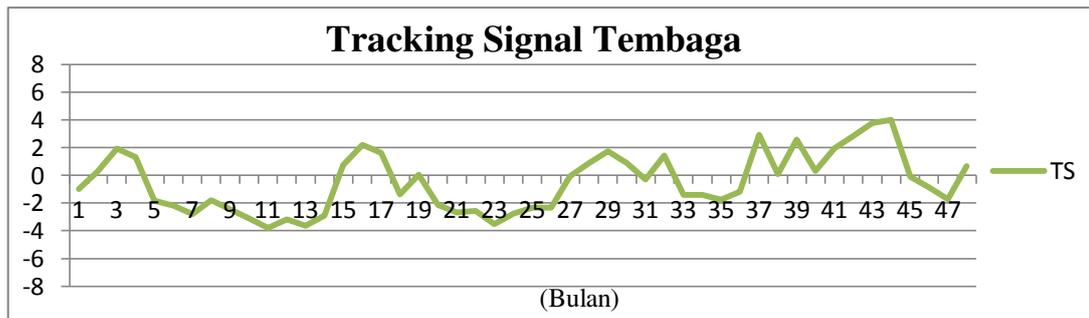
## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Penentuan Peramalan Permintaan

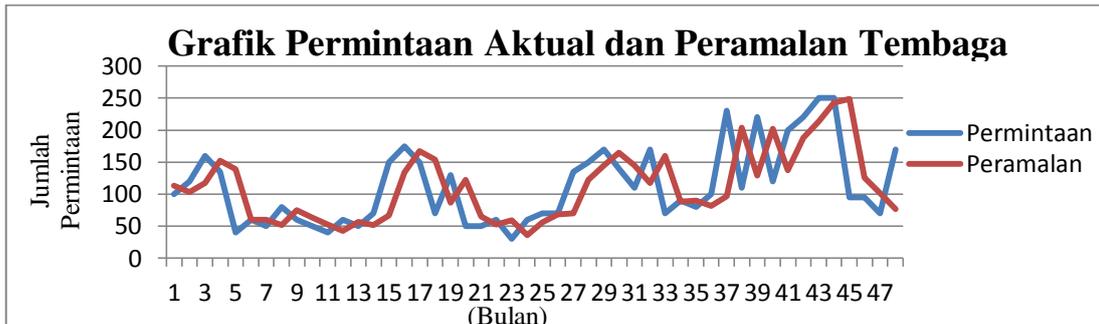
Peramalan permintaan dilakukan selama satu tahun pada produk tembaga dan alumunium dengan menggunakan metode *Moving Average (MA)*, *Weighted Moving Average (WMA)*, dan *Exponential Smoothing (ES)*. Dari ketiga metode tersebut akan dipilih salah satu metode yang memiliki *mean absolute deviation (MAD)* terkecil dan dapat diandalkan sebagai perencanaan produksi satu tahun ke depan dengan melihat dari *tracking signal (TS)* apakah data masih di dalam batas-batas yang dapat diterima (maksimum  $\pm 4$ ).

#### 3.1.1 Peramalan Permintaan Tembaga

Peramalan permintaan tembaga dengan menggunakan metode MA, WMA, dan ES diperoleh hasil peramalan yang lebih sesuai dengan menggunakan metode ES ( $\alpha = 0,8$ ). Dengan nilai MAD sebesar 40,4 dan untuk peta kontrol *tracking signal* dapat dilihat pada Gambar 1. Selanjutnya untuk membuktikan apakah hasil peramalan dari model ES(0,8) memiliki pola yang sama dengan permintaan



Gambar 1. Peta Kontrol *Tracking Signal* Model Peramalan ES(0,8) Produk Tembaga



Gambar 2. Grafik Permintaan Aktual dan Peramalan Tembaga

aktual, maka dilakukan perbandingan antara permintaan aktual dengan hasil peramalan yang dapat dilihat pada Gambar 2.

Dari Gambar 2 tampak bahwa permintaan aktual dan peramalan dengan menggunakan metode *Exponential Smoothing* ( $\alpha = 0,8$ ) memiliki pola data yang hampir sama. Sehingga metode *Exponential Smoothing* ( $\alpha = 0,8$ ) dapat digunakan sebagai acuan permintaan tembaga selama satu tahun ke depan. Hasil peramalan permintaan tembaga untuk satu tahun ke depan periode Januari – Desember 2014 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Peramalan Permintaan Tembaga

| Periode   | Peramalan (Ton) |
|-----------|-----------------|
| Januari   | 152             |
| Februari  | 92              |
| Maret     | 140             |
| April     | 102             |
| Mei       | 133             |
| Juni      | 109             |
| Juli      | 129             |
| Agustus   | 113             |
| September | 126             |
| Oktober   | 116             |
| November  | 124             |
| Desember  | 118             |

### 3.1.2 Peramalan Permintaan Aluminium

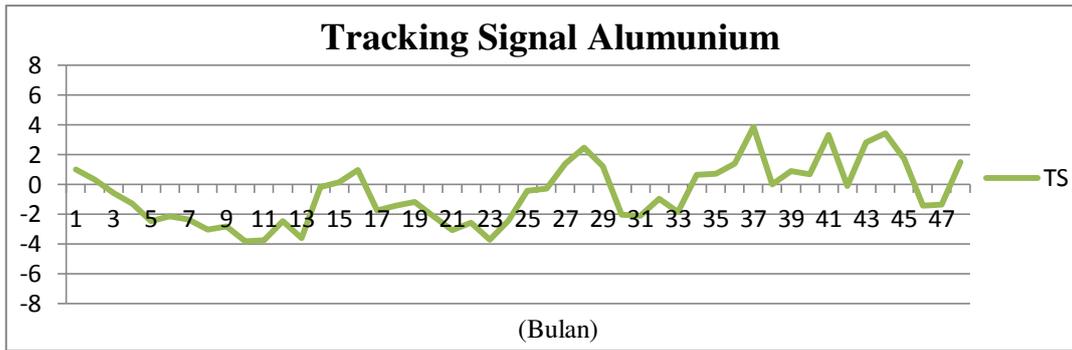
Peramalan permintaan aluminium dengan menggunakan metode MA, WMA, dan ES

diperoleh hasil peramalan yang lebih sesuai dengan menggunakan metode ES ( $\alpha = 0,8$ ). Dengan nilai MAD sebesar 30,1 dan untuk peta kontrol *tracking signal* dapat dilihat pada Gambar 3. Selanjutnya untuk membuktikan apakah hasil peramalan dari model ES(0,8) memiliki pola yang sama dengan permintaan aktual, maka dilakukan perbandingan antara permintaan aktual dengan hasil peramalan yang dapat dilihat pada Gambar 4.

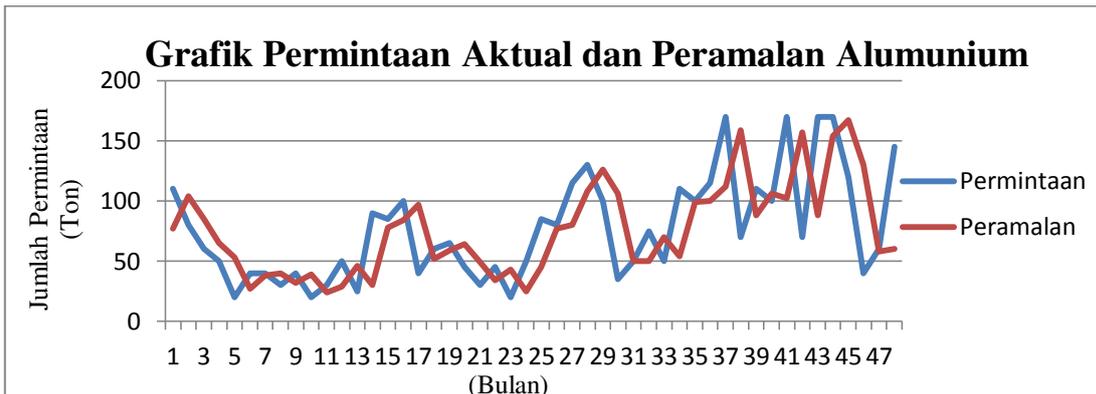
Dari Gambar 4 tampak bahwa permintaan aktual dan peramalan dengan menggunakan metode *Exponential Smoothing* ( $\alpha = 0,8$ ) memiliki pola data yang hampir sama. Sehingga metode *Exponential Smoothing* ( $\alpha = 0,8$ ) dapat digunakan sebagai acuan permintaan aluminium selama satu tahun ke depan. Hasil peramalan permintaan aluminium untuk satu tahun ke depan periode Januari – Desember 2014 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Peramalan Permintaan Aluminium

| Periode   | Peramalan (Ton) |
|-----------|-----------------|
| Januari   | 128             |
| Februari  | 74              |
| Maret     | 118             |
| April     | 83              |
| Mei       | 111             |
| Juni      | 89              |
| Juli      | 107             |
| Agustus   | 93              |
| September | 105             |
| Oktober   | 96              |
| November  | 104             |
| Desember  | 98              |



Gambar 3. Peta Kontrol Tracking Signal Model Peramalan ES(0,8) Produk Aluminium



Gambar 4. Grafik Permintaan Aktual dan Peramalan Aluminium

### 3.2 Penentuan Distribusi dan Parameter

Penentuan distribusi dilakukan dengan menduga distribusi probabilitas harapan yang paling mendekati pola data permintaan yang digunakan. Selain itu pada dasarnya setiap distribusi memiliki parameter sehingga dapat lebih mudah dalam penentuan distribusi.

#### 3.2.1 Tembaga

Data permintaan tembaga sesuai dengan distribusi uniform karena data secara acak bervariasi. Grafik data permintaan tembaga dapat dilihat pada Gambar 5.

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan *kolmogorov-smirnov* untuk menentukan apakah suatu data permintaan tembaga yang diharapkan sama dengan data permintaan tembaga yang diperoleh dari suatu distribusi harapan. Perhitungan *kolmogorov-smirnov* berikut dilakukan untuk memastikan apakah data berdistribusi uniform atau tidak. Formulasi hipotesis pengujian ini adalah:

$H_0$  = Data permintaan tembaga berdistribusi uniform.

$H_1$  = Data permintaan tembaga tidak berdistribusi uniform.

$H_0$  diterima jika D hitung maksimum  $\leq D_{critical}$

Contoh perhitungan *Kolmogorov-Smirnov*

Test untuk  $i = 11$  adalah sebagai berikut.

$$X_i = 40$$

$$f_a = \frac{n \text{ (banyak data)}}{N \text{ (jumlah data)}} \quad (\text{Pers. 1})$$

$$= \frac{2}{48}$$

$$= 0,041667$$

$$F_a = \text{kumulatif dari } f_a \quad (\text{Pers. 2})$$

$$= 0,0625$$

$$f_e = \frac{1}{(\text{permintaan maksimum} - \text{permintaan minimum})}$$

$$= \frac{1}{(250 - 30)} \quad (\text{Pers. 3})$$

$$= 0,004545$$

$$F_a = \text{kumulatif dari } f_e \quad (\text{Pers. 4})$$

$$= 0,045455$$

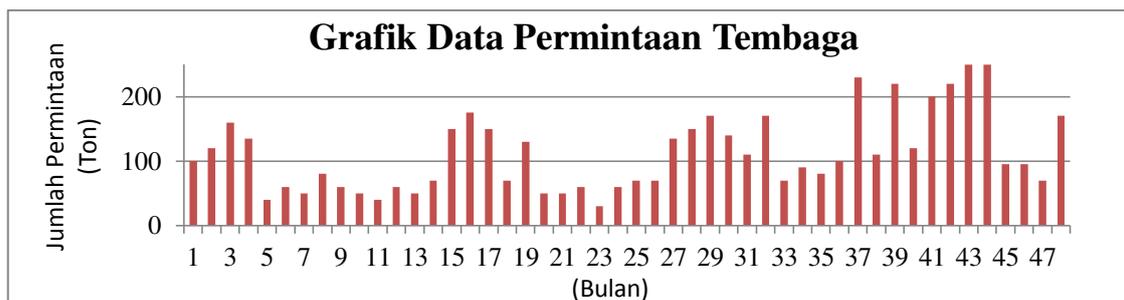
$$D \text{ hitung} = |F_a - F_e| \quad (\text{Pers. 5})$$

$$D \text{ hitung} = |0,0625 - 0,045455|$$

$$D \text{ hitung} = 0,017045$$

Hasil perhitungan data tembaga dengan uji *Kolmogorov-Smirnov* dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3, nilai D hitung maksimum  $\leq D_{critical}$  ( $0,225379 \leq 0,231$ ) maka dapat disimpulkan data permintaan tembaga berdistribusi uniform dengan menggunakan parameter nilai minimum dan maksimumnya yaitu 30 dan 250 dimana parameter tersebut akan digunakan dalam melakukan pembangkitan bilangan acak untuk implementasi model pada periode berikutnya.



Gambar 5. Grafik Data Permintaan Tembaga

Tabel 3. Hasil Perhitungan dengan Uji Kolmogorov-Smirnov Tembaga

| I   | $X_i$ (Ton) | $f_a$ (Aktual) | $F_a$ (Kumulatif Aktual) | $f_e$ (Harapan) | $F_e$ (Kumulatif Harapan) | D hitung        |
|---|-------------|----------------|--------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|
| 1   | 30          | 0,020833       | 0,020833                 | 0               | 0                         | 0,020833        |
| 2   | 31          | 0              | 0,020833                 | 0,004545        | 0,004545                  | 0,016288        |
| 3   | 32          | 0              | 0,020833                 | 0,004545        | 0,009091                  | 0,011742        |
| 4   | 33          | 0              | 0,020833                 | 0,004545        | 0,013636                  | 0,007197        |
| 5   | 34          | 0              | 0,020833                 | 0,004545        | 0,018182                  | 0,002652        |
| ...   | ...         | ...            | ...                      | ...             | ...                       | ...             |
| <b>D hitung maksimum</b>                      |             |                |                          |                 |                           | <b>0,225379</b> |
| <b>D critical (<math>\alpha=0,005</math>)</b> |             |                |                          |                 |                           | <b>0,231</b>    |

Berdasarkan Tabel 3, nilai D hitung maksimum  $\leq D_{critical}$  ( $0,225379 \leq 0,231$ ) maka dapat disimpulkan data permintaan tembaga berdistribusi uniform dengan menggunakan parameter nilai minimum dan maksimumnya yaitu 30 dan 250 dimana parameter tersebut akan digunakan dalam melakukan pembangkitan bilangan acak untuk implementasi model pada periode berikutnya.

### 3.2.2 Aluminium

Data permintaan aluminium sesuai dengan distribusi uniform karena data secara acak bervariasi. Grafik data permintaan aluminium dapat dilihat pada Gambar 6.

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan kolmogorov-smirnov untuk menentukan apakah suatu data permintaan aluminium yang diharapkan sama dengan data permintaan aluminium yang diperoleh dari suatu distribusi harapan. Perhitungan kolmogorov-smirnov berikut dilakukan untuk memastikan apakah data berdistribusi uniform atau tidak, dengan menggunakan parameter nilai minimum dan maksimumnya yaitu sebesar 20 dan 170 secara berturut-turut. Formulasi hipotesis pengujian ini adalah:

$H_0$  = Data permintaan aluminium berdistribusi uniform.

$H_1$  = Data permintaan aluminium tidak berdistribusi uniform.

$H_0$  diterima jika  $D$  hitung maksimum  $\leq D_{critical}$

Contoh perhitungan Kolmogorov-Smirnov Test untuk  $i = 6$  adalah sebagai berikut.

$$X_i = 25$$

$$f_a = \frac{n \text{ (banyak data)}}{N \text{ (jumlah data)}} \quad \text{(Pers. 6)}$$

$$= \frac{1}{48} = 0,020833$$

$$F_a = \text{kumulatif dari } f_a \quad \text{(Pers. 7)}$$

$$= 0,083333$$

$$f_e = \frac{1}{(\text{permintaan maksimum} - \text{permintaan minimum})} \quad \text{(Pers. 8)}$$

$$= \frac{1}{(170 - 20)} = 0,006667$$

$$F_e = \text{kumulatif dari } f_e \quad \text{(Pers. 9)}$$

$$= 0,033333$$

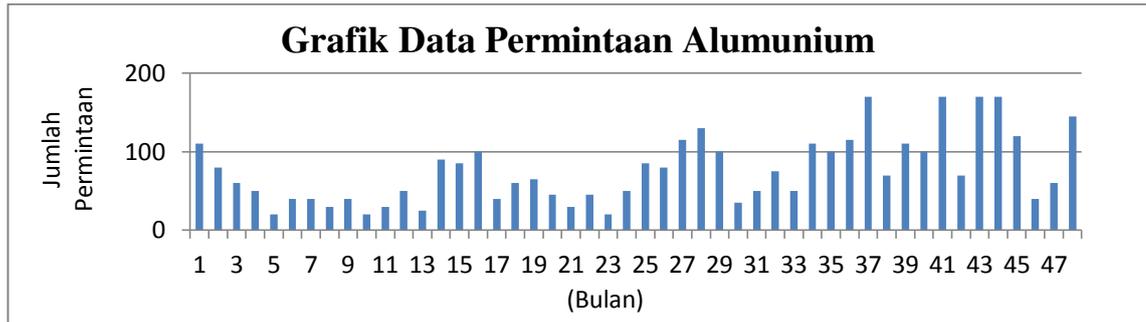
$$D \text{ hitung} = |F_a - F_e| \quad \text{(Pers. 10)}$$

$$D \text{ hitung} = |0,083333 - 0,033333|$$

$$D \text{ hitung} = 0,05$$

Hasil perhitungan data aluminium dengan uji Kolmogorov-Smirnov dapat dilihat pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4, nilai D hitung maksimum  $\leq D_{critical}$  ( $0,220833 \leq 0,231$ ) maka dapat disimpulkan data permintaan aluminium berdistribusi uniform dengan menggunakan parameter nilai minimum dan maksimumnya yaitu 20 dan 170 dimana parameter tersebut akan digunakan dalam melakukan pembangkitan bilangan acak untuk implementasi model pada periode berikutnya.



Gambar 6. Grafik Data Permintaan Alumunium

Tabel 4. Hasil Perhitungan dengan Uji Kolmogorov-Smirnov Aluminium

| I   | $X_i$ (Ton) | $f_a$ (Aktual) | $F_a$ (Kumulatif Aktual) | $f_e$ (Harapan) | $F_e$ (Kumulatif Harapan) | D hitung        |
|---|-------------|----------------|--------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|
| 1   | 20          | 0,0625         | 0,0625                   | 0               | 0                         | 0,0625          |
| 2   | 21          | 0              | 0,0625                   | 0,006667        | 0,006667                  | 0,055833        |
| 3   | 22          | 0              | 0,0625                   | 0,006667        | 0,013333                  | 0,049167        |
| 4   | 23          | 0              | 0,0625                   | 0,006667        | 0,02                      | 0,0425          |
| 5   | 24          | 0              | 0,0625                   | 0,006667        | 0,026667                  | 0,035833        |
| ...   | ...         | ...            | ...                      | ...             | ...                       | ...             |
| <b>D hitung maksimum</b>                      |             |                |                          |                 |                           | <b>0,220833</b> |
| <b>D critical (<math>\alpha=0,005</math>)</b> |             |                |                          |                 |                           | <b>0,231</b>    |

Tabel 5. Hasil Pembangkitan Bilangan Acak dalam Satuan Ton

|           | JenisProduk | Replikasi 1 | Replikasi 2 | Replikasi 3 | Replikasi 4 | Replikasi 5 |
|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Januari   | Tembaga     | 223         | 226         | 243         | 222         | 217         |
|           | Aluminium   | 133         | 104         | 86          | 126         | 109         |
| Februari  | Tembaga     | 87          | 211         | 238         | 112         | 143         |
|           | Aluminium   | 69          | 76          | 149         | 161         | 36          |
| Maret     | Tembaga     | 207         | 244         | 68          | 246         | 168         |
|           | Aluminium   | 54          | 46          | 29          | 118         | 84          |
| April     | Tembaga     | 213         | 86          | 222         | 177         | 232         |
|           | Aluminium   | 52          | 23          | 162         | 60          | 110         |
| Mei       | Tembaga     | 52          | 57          | 226         | 33          | 198         |
|           | Aluminium   | 21          | 133         | 82          | 127         | 125         |
| Juni      | Tembaga     | 242         | 190         | 136         | 239         | 225         |
|           | Aluminium   | 123         | 117         | 114         | 129         | 149         |
| Juli      | Tembaga     | 166         | 184         | 239         | 228         | 66          |
|           | Aluminium   | 157         | 57          | 38          | 116         | 125         |
| Agustus   | Tembaga     | 90          | 161         | 114         | 135         | 97          |
|           | Aluminium   | 109         | 126         | 167         | 134         | 64          |
| September | Tembaga     | 132         | 171         | 205         | 110         | 220         |
|           | Aluminium   | 65          | 64          | 96          | 31          | 63          |
| Oktober   | Tembaga     | 87          | 140         | 55          | 108         | 133         |
|           | Aluminium   | 59          | 151         | 135         | 74          | 47          |
| November  | Tembaga     | 143         | 118         | 53          | 220         | 42          |
|           | Aluminium   | 63          | 132         | 100         | 111         | 56          |
| Desember  | Tembaga     | 174         | 47          | 97          | 59          | 73          |
|           | Aluminium   | 165         | 103         | 108         | 22          | 123         |

### 3.3 Generate Data

Pembangkitan bilangan acak dilakukan sebanyak 12 data sebanyak 5 replikasi untuk menguji apakah model dapat diimplementasikan untuk bulan berikutnya. Permintaan tembaga dan aluminium hasil dari

pembangkitan bilangan acak dengan 5 replikasi dapat dilihat pada Tabel 5.

### 3.4 Validasi Data Pembangkitan Bilangan Acak

Validasi dilakukan untuk menilai validitas data produk tembaga dan aluminium yang telah dibangkitkan.

### 3.4.1 Validasi Data Pembangkitan Bilangan Acak Produk Tembaga

Pengujian validitas data ini menggunakan uji kesamaan dua rata-rata dari dua populasi atau uji *Mann-Whitney*, yaitu data permintaan produk tembaga dari sistem nyata dan data permintaan produk tembaga hasil dari pembangkitan bilangan acak. Hasil rekapitulasi uji kesamaan dua rata-rata antara data permintaan produk tembaga sistem nyata dengan hasil pembangkitan bilangan acak dapat dilihat pada Tabel 6.

### 3.4.2 Validasi Data Pembangkitan Bilangan Acak Produk Aluminium

Pengujian validitas data ini menggunakan uji kesamaan dua rata-rata dari dua populasi atau uji *Mann-Whitney*, yaitu data permintaan produk aluminium dari sistem nyata dan data permintaan produk aluminium hasil dari pembangkitan bilangan acak. Hasil rekapitulasi uji kesamaan dua rata-rata antara data permintaan produk aluminium sistem nyata dengan hasil pembangkitan bilangan acak dapat dilihat pada Tabel 7.

### 3.5 Perencanaan Produksi Agregat

Perencanaan agregat adalah suatu proses penentuan kuantitas dan waktu produksi pada jangka menengah, biasanya antara 3 hingga 18 bulan ke depan untuk memenuhi permintaan yang diprediksi dengan menyesuaikan nilai produksi, tingkat tenaga kerja, tingkat persediaan, pekerjaan lembur, tingkat sub kontrak dan variabel lain yang bisa dikendalikan (Heizer dan Render, 2005).

#### 3.5.1 Penentuan Kapasitas Produksi

Perhitungan kapasitas produksi digunakan untuk mengetahui jumlah produk yang mampu dihasilkan oleh fasilitas yang dimiliki oleh perusahaan. Kapasitas produksi merupakan jumlah produk yang dapat diproduksi dalam satuan waktu tertentu. Perhitungan kapasitas produksi nantinya digunakan untuk perencanaan dan perhitungan biaya produksi. Kapasitas jam produksi reguler, *overtime*, dan kontrak yang tersedia per periode selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 8.

**Tabel 6.** Rekapitulasi Uji Kesamaan Dua Rata-Rata Data Permintaan Tembaga

|             | Nilai P | Hasil              | Keterangan     |
|-------------|---------|--------------------|----------------|
| Replikasi 1 | 0,0543  | $0,0543 \geq 0,05$ | $H_0$ Diterima |
| Replikasi 2 | 0,0591  | $0,0591 \geq 0,05$ | $H_0$ Diterima |
| Replikasi 3 | 0,0742  | $0,0742 \geq 0,05$ | $H_0$ Diterima |
| Replikasi 4 | 0,0603  | $0,0603 \geq 0,05$ | $H_0$ Diterima |
| Replikasi 5 | 0,0836  | $0,0836 \geq 0,05$ | $H_0$ Diterima |

**Tabel 7.** Rekapitulasi Uji Kesamaan Dua Rata-Rata Data Permintaan Aluminium

|             | Nilai P | Hasil              | Keterangan     |
|-------------|---------|--------------------|----------------|
| Replikasi 1 | 0,3178  | $0,3178 \geq 0,05$ | $H_0$ Diterima |
| Replikasi 2 | 0,1180  | $0,1180 \geq 0,05$ | $H_0$ Diterima |
| Replikasi 3 | 0,0656  | $0,0656 \geq 0,05$ | $H_0$ Diterima |
| Replikasi 4 | 0,0567  | $0,0567 \geq 0,05$ | $H_0$ Diterima |
| Replikasi 5 | 0,1768  | $0,1768 \geq 0,05$ | $H_0$ Diterima |

**Tabel 8.** Kapasitas Produksi Reguler, *Overtime*, dan Kontrak yang Tersedia

| Periode   | Kapasitas Produksi |                       |               |
|-----------|--------------------|-----------------------|---------------|
|           | Reguler (jam)      | <i>Overtime</i> (jam) | Kontrak (jam) |
| Januari   | 144                | 96                    | 144           |
| Februari  | 144                | 96                    | 144           |
| Maret     | 150                | 100                   | 150           |
| April     | 150                | 100                   | 150           |
| Mei       | 138                | 92                    | 138           |
| Juni      | 150                | 100                   | 150           |
| Juli      | 138                | 92                    | 138           |
| Agustus   | 150                | 100                   | 150           |
| September | 156                | 104                   | 156           |
| Oktober   | 156                | 104                   | 156           |
| November  | 150                | 100                   | 150           |
| Desember  | 150                | 100                   | 150           |

### 3.5.2 Konversi Permintaan Ke Satuan Jam Kerja

Permintaan produk setiap bulan harus diubah satuannya menjadi satuan jam dengan cara mengalikan permintaan tiap-tiap produksi dengan waktu yang dibutuhkan produk tersebut. Konversi ini digunakan untuk melakukan perencanaan agregat. Hasil perhitungan permintaan agregat selengkapnya dari Januari – Desember 2014 dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Permintaan Agregat dalam Satuan Jam

| Periode      | Permintaan   |
|--------------|--------------|
| Januari      | 3920         |
| Februari     | 2324         |
| Maret        | 3612         |
| April        | 2590         |
| Mei          | 3416         |
| Juni         | 2772         |
| Juli         | 3304         |
| Agustus      | 2884         |
| September    | 3234         |
| Oktober      | 2968         |
| November     | 3192         |
| Desember     | 3024         |
| <b>Total</b> | <b>34216</b> |

Untuk jumlah penjualan dengan pendekatan simulasi yang harus dipenuhi dalam jam dapat diketahui dengan perhitungan yang sama seperti memperoleh jumlah permintaan yang harus diproduksi. Hasil perhitungan data penjualan dengan pendekatan simulasi dapat dilihat pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Data Penjualan dengan Pendekatan Simulasi dalam Satuan Jam

| Periode      | Replikasi 1  | Replikasi 2  | Replikasi 3  | Replikasi 4  | Replikasi 5  |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Januari      | 4984         | 4620         | 4606         | 4872         | 4564         |
| Februari     | 2184         | 4018         | 5418         | 3822         | 2506         |
| Maret        | 3654         | 4060         | 1358         | 5096         | 3528         |
| April        | 3710         | 1526         | 5376         | 3318         | 4788         |
| Mei          | 1022         | 2660         | 4312         | 2240         | 4522         |
| Juni         | 5110         | 4298         | 3500         | 5152         | 5236         |
| Juli         | 4522         | 3374         | 3878         | 4816         | 2674         |
| Agustus      | 2786         | 4018         | 3934         | 3766         | 2254         |
| September    | 2758         | 3290         | 4214         | 1974         | 3962         |
| Oktober      | 2044         | 4074         | 2660         | 2548         | 2520         |
| November     | 2884         | 3500         | 2142         | 4634         | 1372         |
| Desember     | 4746         | 2100         | 2870         | 1134         | 2744         |
| <b>Total</b> | <b>40404</b> | <b>41538</b> | <b>44268</b> | <b>43372</b> | <b>40670</b> |

### 3.5.3 Perhitungan Biaya Produksi Agregat

Perhitungan biaya produksi agregat didapatkan dengan merata-ratakan biaya tiap jenis produk, yang kemudian seluruh biaya tersebut dijumlahkan. Untuk mendapatkan rata-ratanya dengan menghitung presentase kebutuhan jam produksi masing-masing produk terhadap total kebutuhan jam produksi semua produk. Hasil perhitungan seluruhnya dapat dilihat pada Tabel 11.

### 3.5.4 Perencanaan Produksi Usulan

Perencanaan produksi usulan dilakukan dengan menggunakan metode agregat dengan dua metode berbeda yaitu metode heuristik dan transportasi. Dari dua metode tersebut akan dipilih metode yang paling tepat bagi perusahaan serta dapat menghemat biaya produksi yang dikeluarkan oleh perusahaan. Metode heuristik dan transportasi dipilih sebagai perencanaan produksi usulan karena kedua metode ini mengijinkan penggunaan produksi reguler, *overtime*, *inventory*, dan produksi subkontrak atau kontrak.

#### 1. Metode Heuristik

Metode Heuristik adalah metode yang sederhana namun solusi yang dihasilkan tidak menjamin optimal (Smith, 1989). Hasil perencanaan produksi usulan dengan metode heuristik pada replikasi 1 dapat dilihat pada Tabel 12. Sedangkan hasil perbandingan perencanaan usulan dan permintaan aktual dengan metode heuristik pada replikasi 1 dapat dilihat pada Tabel 13.

**Tabel 11.** Biaya Produksi Agregat Reguler, *Overtime*, Kontrak, dan Biaya Simpan Per Jam

| Jenis Produk | Kebutuhan Jam Produksi | % Kebutuhan Jam Produksi | Biaya rata-rata (Rp/jam) |                |                |              |
|--------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|----------------|--------------|
|              |                        |                          | Reguler                  | Overtime       | Kontrak        | Simpan       |
| Tembaga      | 20356                  | 54,66                    | 310.492                  | 311.955        | 312.054        | 3.683        |
| Alumunium    | 16884                  | 45,34                    | 73.859                   | 75.072         | 75.154         | 1.071        |
| <b>Total</b> | <b>34216</b>           | <b>100,00</b>            | <b>384.351</b>           | <b>387.027</b> | <b>387.208</b> | <b>4.754</b> |

**Tabel 12.** Perencanaan Produksi Usulan dengan Metode Heuristik Replikasi 1 dalam Satuan Jam

| Periode      | GD           | ND           | Hari Aktif | JTR | JTK | JPR          | JPK      | Ov           | K          | Hire     | L        | I          | TP           |
|--------------|--------------|--------------|------------|-----|-----|--------------|----------|--------------|------------|----------|----------|------------|--------------|
| 1            | 3920         | 3920         | 24         | 14  | 0   | 2016         | 0        | 1344         | 560        | 4        | 0        | 16         | 3936         |
| 2            | 2324         | 2308         | 24         | 14  | 0   | 2016         | 0        | 308          | 0          | 0        | 4        | 16         | 2324         |
| 3            | 3612         | 3596         | 25         | 14  | 0   | 2100         | 0        | 1400         | 96         | 1        | 0        | 54         | 3650         |
| 4            | 2590         | 2536         | 25         | 14  | 0   | 2100         | 0        | 448          | 0          | 0        | 1        | 12         | 2548         |
| 5            | 3416         | 3404         | 23         | 14  | 0   | 1932         | 0        | 1288         | 184        | 2        | 0        | 92         | 3496         |
| 6            | 2772         | 2680         | 25         | 14  | 0   | 2100         | 0        | 588          | 0          | 0        | 2        | 8          | 2688         |
| 7            | 3304         | 3296         | 23         | 14  | 0   | 1932         | 0        | 1288         | 76         | 1        | 0        | 62         | 3358         |
| 8            | 2884         | 2822         | 25         | 14  | 0   | 2100         | 0        | 728          | 0          | 0        | 1        | 6          | 2828         |
| 9            | 3234         | 3228         | 26         | 14  | 0   | 2184         | 0        | 1064         | 0          | 0        | 0        | 20         | 3248         |
| 10           | 2968         | 2948         | 26         | 14  | 0   | 2184         | 0        | 784          | 0          | 0        | 0        | 20         | 2968         |
| 11           | 3192         | 3172         | 25         | 14  | 0   | 2100         | 0        | 1092         | 0          | 0        | 0        | 20         | 3192         |
| 12           | 3024         | 3004         | 25         | 14  | 0   | 2100         | 0        | 924          | 0          | 9        | 0        | 20         | 3024         |
| <b>Total</b> | <b>37240</b> | <b>36914</b> |            |     |     | <b>24864</b> | <b>0</b> | <b>11256</b> | <b>916</b> | <b>8</b> | <b>8</b> | <b>346</b> | <b>37260</b> |

**Tabel 13.** Hasil Perbandingan Perencanaan Usulan dan Permintaan Aktual dengan Metode Heuristik Replikasi 1 dalam Satuan Jam

| Periode      | DA           | TP           | IA         | S            |
|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|
| 1            | 4984         | 3936         | 0          | 1048         |
| 2            | 2184         | 2324         | 0          | 908          |
| 3            | 3654         | 3650         | 0          | 912          |
| 4            | 3710         | 2548         | 0          | 2074         |
| 5            | 1022         | 3496         | 400        | 0            |
| 6            | 5110         | 2688         | 0          | 2022         |
| 7            | 4522         | 3358         | 0          | 3186         |
| 8            | 2786         | 2828         | 0          | 3144         |
| 9            | 2758         | 3248         | 0          | 2654         |
| 10           | 2044         | 2968         | 0          | 1730         |
| 11           | 2884         | 3192         | 0          | 1422         |
| 12           | 4746         | 3024         | 0          | 3144         |
| <b>Total</b> | <b>40404</b> | <b>37260</b> | <b>308</b> | <b>21844</b> |

Keterangan :

- GD = *Gross demand* atau kebutuhan kotor
- ND = *Nett demand* atau kebutuhan bersih
- JTR = Jumlah tenaga kerja reguler
- JTK = Jumlah tenaga kerja kontrak
- JPR = Jumlah produksi reguler
- JPK = Jumlah produksi kontrak
- Ov = *Overtime*
- K = Kekurangan
- I = *Inventory*

- DA = Permintaan aktual
- IA = *Inventory* aktual
- S = Kekurangan aktual
- TP = Total produksi

Berdasarkan perhitungan biaya perencanaan produksi usulan dengan metode heuristik diperoleh rata-rata total biaya produksi antara Rp 14.356.997.896,00 - Rp 14.355.096.296,00 dengan rata-rata kekurangan aktual setiap periode antara 1820,3 - 5364,7 jam.

## 2. Metode Transportasi

Metode Transportasi adalah metode yang merupakan bagian dari perencanaan produksi program linear dengan mengizinkan penggunaan produksi reguler, *overtime*, *inventory*, *backorder* dan subkontrak. Metode transportasi mempunyai fleksibilitas yang besar untuk menyertakan berbagai macam biaya dan relatif mudah diformulasikan serta digunakan (Buffa, 1983). Hasil perencanaan produksi usulan dengan metode transportasi pada replikasi 1 dapat dilihat pada Lampiran 1.

Berdasarkan Lampiran 1, biaya perencanaan produksi usulan dengan metode

transportasi diperoleh rata-rata total biaya produksi antara Rp 14.356.997.896,00-Rp 14.355.096.296,00 dengan rata-rata kekurangan aktual setiap periode antara 1820,3 - 5364,7 jam. Dengan demikian, hasil perencanaan produksi usulan dengan metode heuristik dan metode transportasi menghasilkan rencana produksi dengan rata-rata total biaya produksi yang sama. Akan tetapi terdapat perbedaan total biaya produksi dan rata-rata kekurangan aktual setiap periode dari kelima replikasi.

### 3.1.1 Perencanaan Produksi Perusahaan

Perencanaan produksi perusahaan didasarkan pada kapasitas tenaga kerja reguler ditambah dengan *overtime*. Hasil perhitungan perencanaan produksi perusahaan dalam satuan jam periode Januari – Desember 2014 dapat dilihat pada Tabel 14.

**Tabel 14.** Perencanaan Produksi Perusahaan dalam Satuan Jam

| Periode      | Permintaan   |
|--------------|--------------|
| Januari      | 2688         |
| Februari     | 2688         |
| Maret        | 2800         |
| April        | 2800         |
| Mei          | 2576         |
| Juni         | 2800         |
| Juli         | 2576         |
| Agustus      | 2800         |
| September    | 2912         |
| Oktober      | 2912         |
| November     | 2800         |
| Desember     | 2800         |
| <b>Total</b> | <b>33152</b> |

Sedangkan untuk perhitungan biaya perencanaan produksi perusahaan seluruhnya dapat dilihat pada Tabel 15.

Hasil perencanaan produksi perusahaan dengan metode heuristik pada replikasi 1 dapat dilihat pada Tabel 16. Sedangkan hasil perbandingan perencanaan perusahaan dan permintaan aktual dengan metode heuristik pada replikasi 1 dapat dilihat pada Tabel 17.

Berdasarkan perhitungan biaya perencanaan produksi perusahaan dengan metode heuristik diperoleh rata-rata total biaya produksi sebesar Rp 13.500.223.744,00 dengan rata-rata kekurangan aktual setiap periode antara 4414,7 – 8107,2 jam. Hasil perencanaan produksi perusahaan dengan metode transportasi pada replikasi 1 dapat dilihat pada Lampiran 2.

Berdasarkan Lampiran 2, dapat dilihat bahwa perhitungan rata-rata total biaya perencanaan produksi perusahaan dengan metode transportasi sebesar Rp 13.500.223.744,00 dengan rata-rata kekurangan aktual setiap periode antara 4414,7 – 8107,2 jam. Sehingga hasil perencanaan produksi perusahaan dengan metode heuristik dan metode transportasi menghasilkan rencana produksi dengan rata-rata total biaya produksi yang sama. Akan tetapi terdapat perbedaan pada rata-rata kekurangan aktual setiap periode dari kelima replikasi.

**Tabel 15.** Biaya Produksi Perencanaan Perusahaan Reguler, *Overtime*, Kontrak, dan Biaya Simpan Per Jam

| Jenis Produk | Kebutuhan Jam Produksi | % Kebutuhan Jam Produksi | Biaya rata-rata (Rp/jam) |                 |                |              |
|--------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|----------------|--------------|
|              |                        |                          | Reguler                  | <i>Overtime</i> | Kontrak        | Simpan       |
| Tembaga      | 19936                  | 60,14                    | 341.621                  | 343.230         | 343.339        | 4.052        |
| Aluminium    | 13216                  | 39,86                    | 64.932                   | 65.999          | 66.071         | 942          |
| <b>Total</b> | <b>33152</b>           | <b>100,00</b>            | <b>406.553</b>           | <b>409.229</b>  | <b>409.410</b> | <b>4.994</b> |

**Tabel 16.** Perencanaan Produksi Perusahaan dengan Metode Heuristik Replikasi 1 dalam Satuan Jam

| Periode      | GD           | ND           | Hari Aktif | JTR | JTK | JPR          | JPK      | Ov          | K        | Hire     | L        | I        | TP           |
|--------------|--------------|--------------|------------|-----|-----|--------------|----------|-------------|----------|----------|----------|----------|--------------|
| 1            | 2688         | 2688         | 24         | 14  | 0   | 2016         | 0        | 672         | 0        | 0        | 0        | 0        | 2688         |
| 2            | 2688         | 2688         | 24         | 14  | 0   | 2016         | 0        | 672         | 0        | 0        | 0        | 0        | 2688         |
| 3            | 2800         | 2800         | 25         | 14  | 0   | 2100         | 0        | 700         | 0        | 0        | 0        | 0        | 2800         |
| 4            | 2800         | 2800         | 25         | 14  | 0   | 2100         | 0        | 700         | 0        | 0        | 0        | 0        | 2800         |
| 5            | 2576         | 2576         | 23         | 14  | 0   | 1932         | 0        | 644         | 0        | 0        | 0        | 0        | 2576         |
| 6            | 2800         | 2800         | 25         | 14  | 0   | 2100         | 0        | 700         | 0        | 0        | 0        | 0        | 2800         |
| 7            | 2576         | 2576         | 23         | 14  | 0   | 1932         | 0        | 644         | 0        | 0        | 0        | 0        | 2576         |
| 8            | 2800         | 2800         | 25         | 14  | 0   | 2100         | 0        | 700         | 0        | 0        | 0        | 0        | 2800         |
| 9            | 2912         | 2912         | 26         | 14  | 0   | 2184         | 0        | 728         | 0        | 0        | 0        | 0        | 2912         |
| 10           | 2912         | 2912         | 26         | 14  | 0   | 2184         | 0        | 728         | 0        | 0        | 0        | 0        | 2912         |
| 11           | 2800         | 2800         | 25         | 14  | 0   | 2100         | 0        | 700         | 0        | 0        | 0        | 0        | 2800         |
| 12           | 2800         | 2800         | 25         | 14  | 0   | 2100         | 0        | 700         | 0        | 0        | 0        | 0        | 2800         |
| <b>Total</b> | <b>33152</b> | <b>33152</b> |            |     |     | <b>24864</b> | <b>0</b> | <b>8288</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>0</b> | <b>33152</b> |

**Tabel 17.** Hasil Perbandingan Perencanaan Perusahaan dan Permintaan Aktual dengan Metode Heuristik Replikasi 1 dalam Satuan Jam

| Periode      | DA           | TP           | IA       | S            |
|--------------|--------------|--------------|----------|--------------|
| 1            | 4984         | 2688         | 0        | 2296         |
| 2            | 2184         | 2688         | 0        | 1792         |
| 3            | 3654         | 2800         | 0        | 2646         |
| 4            | 3710         | 2800         | 0        | 3556         |
| 5            | 1022         | 2576         | 0        | 2002         |
| 6            | 5110         | 2800         | 0        | 4312         |
| 7            | 4522         | 2576         | 0        | 6258         |
| 8            | 2786         | 2800         | 0        | 6244         |
| 9            | 2758         | 2912         | 0        | 6090         |
| 10           | 2044         | 2912         | 0        | 5222         |
| 11           | 2884         | 2800         | 0        | 5306         |
| 12           | 4746         | 2800         | 0        | 7252         |
| <b>Total</b> | <b>40404</b> | <b>33152</b> | <b>0</b> | <b>52976</b> |

**Tabel 18.** Perbandingan Perencanaan Produksi Usulan dengan Perencanaan Produksi Perusahaan

|                                   | Perencanaan Produksi Usulan*    | Perencanaan Produksi Perusahaan* |
|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| <b>Rata-rata Total Biaya (Rp)</b> | 14.354.500.530 - 14.356.452.702 | 13.500.223.744                   |
| <b>Rata-rata Kekurangan (Jam)</b> | 2072,5 - 5696,3                 | 4666,8 - 8290,6                  |

Berdasarkan perhitungan perencanaan produksi usulan dan perencanaan produksi perusahaan didapatkan perbandingan yang dapat dilihat pada Tabel 18. Untuk mendapatkan hasil *confidence interval* dari hasil perencanaan dapat diketahui dengan perhitungan sebagai berikut.

*Confidence Interval* = Rata-rata hasil perencanaan replikasi 1 sampai dengan 5 -  $(t_{\frac{\alpha}{2}} \times \frac{\text{Standar deviasi}}{\sqrt{n}})$  sampai dengan rata-rata hasil perencanaan replikasi 1 sampai dengan 5 +  $(t_{\frac{\alpha}{2}} \times \frac{\text{Standar deviasi}}{\sqrt{n}})$  (Pers. 11)

*Confidence Interval* Total Biaya Perencanaan Produksi Usulan  
 = 14.355.476.616 -  $(2,571 \times \frac{850421,4}{\sqrt{5}})$  sampai dengan 14.355.476.616 +  $(2,571 \times \frac{850421,4}{\sqrt{5}})$   
 = 14.354.500.530 sampai dengan 14.356.452.702

Dari Tabel 18, dapat dilihat bahwa perhitungan perencanaan produksi usulan menghasilkan rata-rata total biaya produksi yang lebih besar dari perencanaan produksi perusahaan. Sedangkan rata-rata kekurangan aktual setiap periode pada perencanaan produksi usulan lebih rendah dibandingkan dengan perencanaan produksi perusahaan. Untuk perencanaan produksi usulan diperoleh hasil *confidence interval* antara Rp 14.354.500.530 - 14.356.452.702 dan rata-rata

kekurangan aktual setiap periodenya antara 2072,5 jam - 5696,3 jam. Sedangkan untuk perencanaan produksi perusahaan diperoleh total biaya produksi sebesar Rp 13.500.223.744,00 dan rata-rata kekurangan aktual setiap periode antara 4666,8 jam - 8290,6 jam.

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Peramalan permintaan yang tepat untuk PT. Fremont Nusametal Indonesia dengan menggunakan metode *Moving Average* (MA), *Weighted Moving Average* (WMA), dan *Exponential Smoothing* (ES) adalah berdasarkan nilai *mean absolute deviation* (MAD) terkecil dan dengan melihat *tracking signal* (TS) apakah data masih di dalam batas-batas yang dapat diterima (maksimum  $\pm 4$ ) untuk membuktikan bahwa metode tersebut dapat diandalkan sebagai perencanaan produksi satu tahun ke depan. Sehingga diperoleh metode ES ( $\alpha = 0,8$ ) yang sesuai untuk produk tembaga dan aluminium.
2. Perencanaan produksi agregat yang tepat untuk PT. Fremont Nusametal Indonesia adalah berdasarkan pengoptimalan kapasitas produksi reguler dan *overtime* dan jika masih terdapat kekurangan maka akan dilakukan penambahan tenaga kerja

kontrak yang sesuai dengan kebutuhan periode tersebut dan sebisa mungkin meminimalkan tingkat *inventory*. Sehingga diperoleh penambahan tenaga kerja sebanyak 8 orang dalam kurun waktu satu tahun.

3. Besarnya total biaya produksi pada PT. Fremont Nusamteal Indonesia yang diperoleh dari perencanaan perusahaan sebesar Rp 13.500.223.744,00 dan rata-rata kekurangan aktual setiap periode antara 4666,8 jam - 8290,6 jam. Sedangkan total biaya produksi perencanaan produksi usulan antara Rp 14.354.500.530,00 - Rp 14.356.452.702,00 dan rata-rata kekurangan aktual setiap periodenya antara 2072,5 jam - 5696,3 jam.

#### DAFTAR PUSTAKA

Arikunto, Suharsimi, (1998). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktek*, Jakarta: Bima Aksara.

Baroto, T. (2002). *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Jakarta: Ghalia Indonesia.

Buffa, E. S. (1983). *Manajemen Produksi/Operasi*. Jakarta: Erlangga.

Kusuma, H. (2004). *Manajemen Produksi : Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Yogyakarta: Andi Offset.

Render, Barry, dan Heizer, Joy. (2005). *Manajemen Operasi Edisi Ketujuh Terjemahan*. Jakarta: Salemba Empat.

Smith, S. B. (1989). *Computer Based Production and Inventory Control*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, Inc.

**Lampiran 1.** Perencanaan Produksi Usulan dengan Metode Transportasi Replikasi 1 dalam Satuan Jam

| Periode   |    | Periode     |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |      | Kapasitas | IA   | S    | H   | L   |
|-----------|----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|-----------|------|------|-----|-----|
|           |    | 1           | 2           | 3           | 4           | 5           | 6           | 7           | 8           | 9           | 10          | 11          | 12          | 13   |           |      |      |     |     |
| 1         | Rt | 2016        |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |      | 2016      | 0    | 1048 | 4   | 0   |
|           | Ov | 1344        |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |      | 1344      |      |      |     |     |
|           | Kt | 560         | 16          |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |      | -         |      |      |     |     |
| 2         | Rt |             | 2016        |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |      | 2016      | 0    | 908  | 0   | 4   |
|           | Ov |             | 292         | 16          |             |             |             |             |             |             |             |             |             |      | 1344      |      |      |     |     |
|           | Kt |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |      | -         |      |      |     |     |
| 3         | Rt |             |             | 2100        |             |             |             |             |             |             |             |             |             |      | 2100      | 0    | 912  | 1   | 0   |
|           | Ov |             |             | 1400        |             |             |             |             |             |             |             |             |             |      | 1400      |      |      |     |     |
|           | Kt |             |             | 96          | 54          |             |             |             |             |             |             |             |             |      | -         |      |      |     |     |
| ...       | Rt | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...  | ...       | ...  | ...  | ... | ... |
|           | Ov | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...  | ...       |      |      |     |     |
|           | Kt | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...  | ...       |      |      |     |     |
| 10        | Rt |             |             |             |             |             |             |             |             | 2184        |             |             |             | 2184 | 0         | 1730 | 0    | 0   |     |
|           | Ov |             |             |             |             |             |             |             |             | 764         | 20          |             |             | 1456 |           |      |      |     |     |
|           | Kt |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | -    |           |      |      |     |     |
| 11        | Rt |             |             |             |             |             |             |             |             |             | 2100        |             |             | 2100 | 0         | 1422 | 0    | 0   |     |
|           | Ov |             |             |             |             |             |             |             |             |             | 1072        | 20          |             | 1400 |           |      |      |     |     |
|           | Kt |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | -    |           |      |      |     |     |
| 12        | Rt |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | 2100        |             | 2100 | 0         | 3144 | 0    | 0   |     |
|           | Ov |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | 904         | 20          | 1400 |           |      |      |     |     |
|           | Kt |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | -    |           |      |      |     |     |
| <b>D</b>  |    | <b>3920</b> | <b>2324</b> | <b>3612</b> | <b>2590</b> | <b>3416</b> | <b>2772</b> | <b>3304</b> | <b>2884</b> | <b>3234</b> | <b>2968</b> | <b>3192</b> | <b>3024</b> |      |           |      |      |     |     |
| <b>DA</b> |    | <b>4984</b> | <b>2184</b> | <b>3654</b> | <b>3710</b> | <b>1022</b> | <b>5110</b> | <b>4522</b> | <b>2786</b> | <b>2758</b> | <b>2044</b> | <b>2884</b> | <b>4746</b> |      |           |      |      |     |     |

**Lampiran 2.** Perencanaan Produksi Perusahaan dengan Metode Transportasi Replikasi 1 dalam Satuan Jam

| Periode   | Periode |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | Kapasitas | IA   | S    | H   | L   |
|-----------|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|------|------|-----|-----|
|           | 1       | 2           | 3           | 4           | 5           | 6           | 7           | 8           | 9           | 10          | 11          | 12          | 13          |           |      |      |     |     |
| 1         | Rt      | 2016        |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | 2016      | 0    | 2296 | 0   | 0   |
|           | Ov      | 672         |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | 1344      |      |      |     |     |
|           | Kt      |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | -         |      |      |     |     |
| 2         | Rt      |             | 2016        |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | 2016      | 0    | 1792 | 0   | 0   |
|           | Ov      |             | 672         |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | 1344      |      |      |     |     |
|           | Kt      |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | -         |      |      |     |     |
| 3         | Rt      |             |             | 2100        |             |             |             |             |             |             |             |             |             | 2100      | 0    | 2646 | 0   | 0   |
|           | Ov      |             |             | 700         |             |             |             |             |             |             |             |             |             | 1400      |      |      |     |     |
|           | Kt      |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | -         |      |      |     |     |
| ...       | Rt      | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...       | ...  | ...  | ... | ... |
|           | Ov      | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...       |      |      |     |     |
|           | Kt      | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...         | ...       |      |      |     |     |
| 10        | Rt      |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | 2184        | 0         | 5222 | 0    | 0   |     |
|           | Ov      |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | 728         |           |      |      |     |     |
|           | Kt      |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |           |      |      |     | -   |
| 11        | Rt      |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | 2100        | 0         | 5306 | 0    | 0   |     |
|           | Ov      |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | 700         |           |      |      |     |     |
|           | Kt      |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |           |      |      |     | -   |
| 12        | Rt      |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | 2100        | 0         | 7252 | 0    | 0   |     |
|           | Ov      |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             | 700         |           |      |      |     |     |
|           | Kt      |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |           |      |      |     | -   |
| <b>D</b>  |         | <b>2688</b> | <b>2688</b> | <b>2800</b> | <b>2800</b> | <b>2576</b> | <b>2800</b> | <b>2576</b> | <b>2800</b> | <b>2912</b> | <b>2912</b> | <b>2800</b> | <b>2800</b> |           |      |      |     |     |
| <b>DA</b> |         | <b>4984</b> | <b>2184</b> | <b>3654</b> | <b>3710</b> | <b>1022</b> | <b>5110</b> | <b>4522</b> | <b>2786</b> | <b>2758</b> | <b>2044</b> | <b>2884</b> | <b>4746</b> |           |      |      |     |     |