

**OPTIMALISASI PRODUKSI PADA INDUSTRI PEMBUATAN KEMASAN GELAS DENGAN METODE *GOAL PROGRAMMING* (STUDI KASUS PADA PT. IGLAS)****Ariyati**

Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya  
Email: itsmiariyati@gmail.com

**Yusuf Fuad**

Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya  
Email: unesayfuad2013@yahoo.com

**Abstrak**

PT. IGLAS sebagai salah satu industri pembuatan kemasan gelas, khususnya botol di Indonesia dituntut untuk membenahi kinerjanya sehingga mampu bersaing dengan industri-industri yang sejenis. Karena itu perlu dilakukan optimalisasi produksi. Dalam upaya optimalisasi produksi, perusahaan memiliki beberapa tujuan (multi-objective) yang ingin dicapai, seperti memaksimalkan keuntungan, total produksi, serta meminimalkan biaya produksi sering tidak sejalan antara satu dengan yang lain dan memiliki prioritas pencapaian yang berbeda. Untuk memberikan solusi optimal yang merupakan titik temu dari beberapa tujuan yang telah ditetapkan, metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *goal programming*. Hasil penerapan metode *goal programming* dengan *software* LINDO memberikan hasil untuk memaksimalkan keuntungan diperoleh total nilai penjualan sebesar Rp 59.350.000; memaksimalkan total produksi diperoleh 367.000 botol dan untuk meminimalkan anggaran biaya tercapai sebesar Rp 34.241.020. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tujuan yang telah ditetapkan tercapai secara optimal. Analisis sensitivitas untuk biaya produksi dapat dilakukan dengan cara menurunkan sasaran menjadi Rp 34.240.750 dan dapat menaikkan sasaran tersebut sampai tak terbatas (infinite). Sedangkan untuk sasaran mencapai keuntungan dapat dinaikkan dengan cara mencapai total nilai penjualan produk antara Rp 59.350.000 sampai Rp 59.350.220.

**Kata kunci:** Analisis sensitivitas, goal programming, multi objektif, optimalisasi produksi.

**Abstract**

PT. IGLAS as one of glass packaging industries, especially bottle in Indonesia have target to straighten up their performance with the result that able to compete with the similar industries. Therefore, the company need production optimization. In production optimization, The Company has multiple objectives, which are maximizing profit, maximizing production, and minimizing the production cost which often asynchronous with each other and contains different result priorities. To provide an optimal solution as intersection from those objectives which has determined, the applied method on this research is the goal programming. The result of goal programming method with LINDO software is maximize profit of total selling until Rp 59.350.000; maximize amount of production which obtained 367.000 bottle and minimize the production cost into Rp 34.241.020. The result of research showed that those objectives are achieved optimally. For sensitivity analysis of production cost can be decrease become Rp 34.240.750 and can be increase up to infinity. While for the maximize profit can be increased by achieve total value of selling product in interval Rp 59.350.000 until Rp 59.350.220.

**Keywords:** Goal programming, multi-objective, production optimization, sensitivity analysis.

**PENDAHULUAN**

PT. IGLAS merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak di bidang pembuatan kemasan gelas khususnya botol. PT. IGLAS menyuplai kebutuhan industri dengan komposisi konsumen lokal sebesar 60%, sedangkan untuk pangsa ekspor 40% dengan tujuan kurang lebih 30 negara di kawasan Asia dan Pasifik. PT. IGLAS menerapkan sistem manajemen

yang menyesuaikan dengan peningkatan globalisasi dan kebutuhan konsumen.

Oleh karena itu, selalu ada tuntutan bagi PT. IGLAS untuk melakukan perbaikan sistem kerja, optimalisasi sumber daya bahan baku maupun tenaga kerja dan efisiensi mesin supaya dapat terus bertahan dan bersaing dengan industri-industri sejenis lainnya. Mengingat ketatnya persaingan dan permintaan industri yang masih banyak membutuhkan kemasan gelas maka PT. IGLAS berupaya memenuhi permintaan konsumen

baik dari model, kualitas, harga dan pelayanan. Sehingga PT. IGLAS dituntut untuk memaksimalkan total produksi.

PT. IGLAS selama beroperasi sebagai industri yang terus berkembang juga menginginkan keuntungan. Dalam mencapai tujuan memaksimalkan keuntungan tersebut juga memperhitungkan kebijakan lainnya seperti memaksimalkan total produk dengan keterbatasan bahan baku, dan meminimalkan biaya produksi. Keseluruhan tujuan tersebut diharapkan tercapai optimal. Sering terjadi pemenuhan satu tujuan biasanya mengabaikan tujuan yang lain karena sumber daya yang dimiliki terbatas. Oleh karena itu, permasalahan tersebut sangat kompleks dan banyak melibatkan kriteria tujuan.

Berdasarkan uraian diatas, maka diperlukan solusi matematika yang tepat untuk menyelesaikan masalah tersebut. Sebelumnya telah dibahas suatu alternatif penyelesaian masalah dari industri yang mengharapkan tujuan lebih dari satu (*multi-objective*), diantaranya Fauziyah (2010) yang berjudul “Penerapan Metode *Goal Programming* pada Permasalahan Optimasi Produk Industri Kertas: Studi Kasus pada PT Gangsar Jaya”. Masalah yang dibahas yaitu memaksimalkan total nilai penjualan (memaksimalkan keuntungan), memaksimalkan volum produksi dan meminimalkan biaya produksi. Maulana (2012) yang berjudul “Aplikasi *Goal Programming* untuk Menentukan Persediaan Optimal Bahan Bakar Minyak (BBM) di PT. PERTAMINA (persero) UPMS V Surabaya”. Masalah yang dibahas yaitu menentukan persediaan optimal bagi tiap-tiap jenis BBM dengan kendala tingkat persediaan, target keuntungan, kapasitas produksi bahan bakar, serta kapasitas gudang. Sedangkan pada penelitian ini akan dibahas mengenai optimalisasi produksi khususnya untuk memaksimalkan total produksi, keuntungan, serta meminimalkan biaya produksi dengan kendala yang lebih banyak dan menerapkan metode *goal programming* dengan studi kasus pada PT. IGLAS.

**KAJIAN PUSTAKA**

**A. Permasalahan Optimasi dan Program Linear**

Masalah memaksimumkan atau meminimumkan sebuah besaran tertentu yang disebut tujuan objektif (*objectiv*) yang bergantung pada sejumlah berhingga variabel masukan (*input variabels*) disebut sebagai masalah optimasi. Variabel-variabel tersebut dapat tidak saling bergantung, atau saling bergantung melalui satu atau lebih kendala (*constraints*). Permasalahan optimasi merupakan permasalahan mencari nilai numerik terbesar (maksimasi) atau nilai numerik terkecil (minimasi) yang mungkin dari sebuah fungsi dan sejumlah variabel tertentu. Persoalan optimasi tersebut dapat diselesaikan dengan menggunakan program linear.

**B. Goal Programming**

*Goal programming* merupakan pengembangan dari program linier. *Goal programming* diperkenalkan Charnes dan Cooper pada awal tahun enam puluhan. *Goal programming* merupakan salah satu teknik optimasi dengan tujuan ganda yang dikembangkan dari program linier dalam riset operasi.

Menurut Ravindran (2000), Model matematis metode *goal programming* dengan faktor prioritas didalam strukturnya, secara umum dapat dirumuskan sebagai berikut :

Mencari  $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_j)$  yang meminimumkan fungsi tujuan

$$Z = \sum_k P_k \sum_i (w_{ik}^+ d_i^+ + w_{ik}^- d_i^-) \tag{1}$$

Syarat ikatan:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n + d_1^- - d_1^+ &= b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n + d_2^- - d_2^+ &= b_2 \\ \vdots & \vdots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n + d_m^- - d_m^+ &= b_m \end{aligned} \tag{2}$$

Dinotasikan  $\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j + d_i^- - d_i^+ = b_i$  kendala sasaran

untuk  $i = 1, 2, \dots, m$

$\sum_{i=1}^m g_{kj} x_j \leq$  atau  $\geq C_k$  kendala struktural

untuk  $k = 1, 2, \dots, p$

$j = 1, 2, \dots, n$

dan  $x_j, d_i^+$  dan  $d_i^- \geq 0$

dalam hal ini:

$x_j$  = variabel keputusan ke -  $j$ .

$b_i$  = target atau tujuan ke -  $i$ .

$a_{ij}$  = koefisien fungsi kendala ke -  $i$  untuk variabel keputusan ke -  $j$ .

$k$  = jumlah seluruh tingkat prioritas yang ada pada model.

$d_i^+$  = variabel deviasi yang menyatakan tingkat pencapaian di atas sasaran.

$d_i^-$  = variabel deviasi yang menyatakan tingkat pencapaian di bawah sasaran.

$w_{ik}^+, w_{ik}^-$  = bobot untuk masing-masing variabel deviasi

$d_i^-$  dan  $d_i^+$  pada prioritas ke-  $k$ .

$g_{kj}$  = koefisien fungsi kendala biasa.

$C_k$  = jumlah sumber daya  $k$  yang tersedia.

$P_k$  = faktor-faktor prioritas yang sesuai dengan  $w_{ik}^+, w_{ik}^-$

**METODE PENELITIAN**

Metode yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan adalah:

1. Identifikasi masalah.
2. Perumusan tujuan.
3. Pengamatan pendahuluan.
4. Studi pustaka.
5. Pengumpulan data dilakukan pada saat jam kerja di PT. IGLAS dalam kurun waktu tanggal 9 sampai 16 Februari 2011. Penelitian ini dilakukan dengan cara menghitung waktu menggunakan stopwatch untuk pembuatan produk mulai dari awal bahan masuk mesin satu pindah ke mesin selanjutnya sampai dihasilkan seratus unit produk.
6. Mengidentifikasi Kendala.
7. Perumusan model matematika dengan menggunakan metode *goal programming*.
  - a. Penetapan variabel keputusan.
  - b. Perumusan fungsi kendala.
  - c. Fungsi kendala jam kerja langsung dan mesin.
  - d. Fungsi kendala bahan baku.
  - e. Fungsi kendala Permintaan.
  - f. Perumusan fungsi tujuan/sasaran.
  - g. Sasaran mencapai anggaran biaya yang tersedia.
  - h. Sasaran memaksimalkan total produksi.
  - i. Sasaran memaksimalkan keuntungan.
  - j. Penentuan prioritas .
  - k. Perumusan fungsi pencapaian.
8. Penyelesaian model optimasi dengan *software* LINDO 6.1.
9. Analisis solusi.
10. Simpulan dan saran.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Hasil Penelitian**

**1) PT. IGLAS dan Hasil Produksinya**

Saat penelitian ini berlangsung, produk dari PT. IGLAS yang dikerjakan adalah produk botol minuman ringan dan minuman beralkohol, antara lain: caroline pepsi tipe 1-5, sting tipe 1-5, rc cola tipe 1-5, squash abc tipe 1-5, new vodka tipe 1-5, dan Indofood tipe 1-5.

**2) Proses Produksi**

Secara garis besar proses utama dalam pembuatan botol di PT. IGLAS meliputi beberapa tahap, yaitu:

1. Pencampuran bahan baku atau *batch plant*.
2. Peleburan bahan (*melting*).
3. Pembentukan bahan (*forming*).

4. Pendinginan (*annealing*).
5. Sortir dan pengawasan mutu.
6. Pencetakan gambar (*printing*).
7. Pendinginan setelah proses pencetakan (*decorating lehr*).
8. Penyamakan / pelapisan (*coating*).
9. Pengemasan produk (*packing*).

**B. Perumusan Bentuk Model**

**1) Penentuan Variabel Keputusan**

Tabel 1 Penentuan Variabel Keputusan

| No. | Produk                | Notasi   | No. | Produk            | Notasi   |
|-----|-----------------------|----------|-----|-------------------|----------|
| 1.  | Caroline pepsi tipe 1 | $x_1$    | 16. | Squash ABC tipe 1 | $x_{16}$ |
| 2.  | Caroline pepsi tipe 2 | $x_2$    | 17. | Squash ABC tipe 2 | $x_{17}$ |
| 3.  | Caroline pepsi tipe 3 | $x_3$    | 18. | Squash ABC tipe 3 | $x_{18}$ |
| 4.  | Caroline pepsi tipe 4 | $x_4$    | 19. | Squash ABC tipe 4 | $x_{19}$ |
| 5.  | Caroline pepsi tipe 5 | $x_5$    | 20. | Squash ABC tipe 5 | $x_{20}$ |
| 6.  | Sting tipe 1          | $x_6$    | 21. | New Vodca tipe 1  | $x_{21}$ |
| 7.  | Sting tipe 2          | $x_7$    | 22. | New Vodca tipe 2  | $x_{22}$ |
| 8.  | Sting tipe 3          | $x_8$    | 23. | New Vodca tipe 3  | $x_{23}$ |
| 9.  | Sting tipe 4          | $x_9$    | 24. | New Vodca tipe 4  | $x_{24}$ |
| 10. | Sting tipe 5          | $x_{10}$ | 25. | New Vodca tipe 5  | $x_{25}$ |
| 11. | RC Cola tipe 1        | $x_{11}$ | 26. | Indofood tipe 1   | $x_{26}$ |
| 12. | RC Cola tipe 2        | $x_{12}$ | 27. | Indofood tipe 2   | $x_{27}$ |
| 13. | RC Cola tipe 3        | $x_{13}$ | 28. | Indofood tipe 3   | $x_{28}$ |
| 14. | RC Cola tipe 4        | $x_{14}$ | 29. | Indofood tipe 4   | $x_{29}$ |
| 15. | RC Cola tipe 5        | $x_{15}$ | 30. | Indofood tipe 5   | $x_{30}$ |

**2) Perumusan Fungsi Kendala**

**a. Fungsi Kendala Jam Kerja Tenaga Kerja**

Model matematika kendala jam kerja dengan metode *goal programming* adalah:

$$\left( \sum_{j=1}^{30} t_j x_j \right) - d_i^+ + d_i^- = T \tag{3}$$

dengan :

$x_j$  = Banyaknya produksi untuk produk ke  $-j$ .

$t_j$  = Jumlah jam kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan 100 unit produk  $-j$  tiap hari.

$T$  = Kapasitas jam kerja yang dimiliki PT IGLAS dalam satu hari.

$d_i^+$  = Nilai penyimpangan di atas kapasitas jam kerja.



$d_i^-$  = Nilai penyimpangan di bawah kapasitas jam kerja.

**b. Fungsi Kendala Jam Kerja Mesin**

Pemakaian setiap jenis mesin yang dimiliki PT. IGLAS untuk produksi sebanyak 24 jam sehari. Model matematika kendala kapasitas mesin dengan metode *goal programming* adalah:

$$\left( \sum_{j=1}^{30} m_j x_j \right) - d_i^+ + d_i^- = TM \tag{4}$$

dengan :

$x_j$  = Banyaknya produksi untuk produk ke -j.

$m_j$  = Waktu pemakaian mesin yang dibutuhkan untuk menyelesaikan 100 unit produk -j setiap hari.  
 $TM$  = Kapasitas pemakaian mesin yang dimiliki PT. IGLAS dalam satu hari.

$d_i^+$  = Nilai penyimpangan di atas kapasitas pemakaian mesin.

$d_i^-$  = Nilai penyimpangan di bawah kapasitas pemakaian mesin.

Karena jumlah jam tenaga kerja dan jam kerja mesin yang digunakan dalam proses produksi harus lebih kecil atau sama dengan jam tenaga kerja dan jam kerja mesin yang tersedia maka kontribusi fungsi pencapaian ( $a_1$ ) adalah meminimumkan deviasi positif.

**c. Fungsi kendala bahan baku**

Model matematika kendala bahan baku dengan metode *goal programming* adalah:

$$\left( \sum_{j=1}^{30} x_j \right) - d_i^+ + d_i^- = P_j \tag{5}$$

dengan:

$x_j$  = Banyaknya produksi untuk produk ke -j.

$P_j$  = Kapasitas bahan baku yang tersedia dalam satu hari.

$d_i^+$  = Nilai penyimpangan di atas kapasitas bahan baku.

$d_i^-$  = Nilai penyimpangan di bawah kapasitas bahan baku.

Karena jumlah bahan baku yang digunakan dalam produksi harus lebih kecil atau sama dengan kapasitas bahan baku yang tersedia maka kontribusi fungsi pencapaian ( $a_2$ ) dari kendala sistem berupa kebutuhan bahan baku adalah meminimumkan deviasi positif.

**d. Fungsi Kendala Permintaan**

Model matematika kendala permintaan dengan metode *goal programming* adalah:

$$\left( \sum_{j=1}^{30} x_j \right) + d_i^- - d_i^+ = \sum_{j=1}^{30} K_j \tag{6}$$

dengan :

$x_j$  = Banyaknya produksi untuk produk ke -j.

$K_j$  = Permintaan produk jenis ke-j dalam satu hari.

$d_i^-$  = Nilai penyimpangan di bawah permintaan.

$d_i^+$  = Nilai penyimpangan di atas permintaan.

Karena jumlah produk yang diproduksi harus sama dengan estimasi permintaan produk maka kontribusi fungsi pencapaian ( $a_3$ ) dari kendala sistem berupa permintaan adalah meminimumkan deviasi positif dan deviasi negatif.

**3) Perumusan Fungsi Tujuan**

**a. Sasaran Mencapai Anggaran Biaya Yang Tersedia**

Model matematika sasaran mencapai anggaran biaya dengan metode *goal programming* adalah :

$$\left( \sum_{j=1}^{30} c_j x_j \right) - d_i^+ + d_i^- = L_j \tag{7}$$

dengan :

$x_j$  = Banyaknya produksi untuk produk ke -j.

$c_j$  = Biaya produksi ke -j.

$L_j$  = Total biaya yang dianggarkan untuk satu periode.

$d_i^+$  = Nilai penyimpangan di atas total biaya yang dianggarkan.

$d_i^-$  = Nilai penyimpangan di bawah total biaya yang dianggarkan.

Karena total biaya yang digunakan dalam produksi diijinkan paling banyak atau sama dengan anggaran biaya yang disediakan maka kontribusi fungsi pencapaian ( $a_4$ ) adalah meminimumkan deviasi positif.

**b. Sasaran Memaksimumkan Total Produksi**

Model matematika sasaran memaksimumkan total produksi dengan metode *goal programming* adalah:

$$\left( \sum_{j=1}^{30} x_j \right) + d_i^- - d_i^+ = T_j \tag{8}$$

dengan :

$x_j$  = Banyaknya produksi untuk produk ke -j.

$T_j$  = Total produksi yang ditetapkan selama satu periode.

$d_i^-$  = Nilai penyimpangan di bawah total produksi.

$d_i^+$  = Nilai penyimpangan di atas total produksi.

Karena total produk yang dihasilkan paling sedikit atau sama dengan total produksi yang ditetapkan selama satu periode maka kontribusi fungsi pencapaian ( $a_5$ ) adalah meminimumkan deviasi negatif.

**c. Sasaran Memaksimumkan Keuntungan PT. IGLAS**

Model matematika memaksimumkan keuntungan dengan metode *goal programming* adalah:

$$\left( \sum_{j=1}^{30} x_j h_j \right) + d_i^- - d_i^+ = o_j \tag{9}$$

dengan :

$x_j$  = Banyaknya produksi untuk produk ke -  $j$ .

$h_j$  = Harga jual produk ke- $j$  per seratus unit.

$o_j$  = Total penjualan yang menjadi target PT. IGLAS.

$d_i^-$  = Nilai penyimpangan di bawah total penjualan.

$d_i^+$  = Nilai penyimpangan di atas total penjualan.

Karena total penjualan yang diinginkan paling sedikit atau sama dengan target total penjualan yang ditetapkan PT. IGLAS untuk mencapai keuntungan maksimal maka kontribusi fungsi pencapaian ( $a_6$ ) adalah meminimumkan deviasi negatif.

**4) Fungsi Pencapaian Tujuan dan Model Matematika**

Fungsi pencapaian tujuan merupakan sekumpulan fungsi pencapaian pada tiap kendala, sedangkan bentuk matematika yang dimaksud adalah sekumpulan dari fungsi kendala dan fungsi tujuan yang telah diformulasikan sebelumnya.

Minimumkan:

$$Z = P_1(a_1 + a_2 + a_3) + P_2 a_4 + P_3 a_5 + P_4 a_6$$

$$= P_1 \left( \begin{array}{l} d_1^+ + d_2^+ + d_3^+ + d_4^+ + d_5^+ + d_6^+ + d_7^+ + d_8^+ + d_9^+ + \\ d_{10}^+ + d_{11}^+ + d_{12}^+ + d_{13}^+ + d_{14}^+ + d_{15}^+ + d_{16}^+ + d_{17}^+ + d_{18}^+ + \\ d_{19}^+ + d_{20}^+ + d_{21}^+ + d_{22}^+ + d_{23}^+ + d_{24}^+ + d_{25}^+ + d_{26}^+ + d_{27}^+ + \\ d_{28}^+ + d_{29}^+ + d_{30}^+ + d_{31}^+ + d_{32}^+ + d_{33}^+ + d_{34}^+ + d_{35}^+ + d_{36}^+ + \\ d_{37}^+ + d_{37}^- + d_{38}^+ + d_{38}^- + d_{39}^+ + d_{39}^- + d_{40}^+ + d_{40}^- + d_{41}^+ + \\ d_{41}^- + d_{42}^+ + d_{42}^- + d_{43}^+ + d_{43}^- + d_{44}^+ + d_{44}^- + d_{45}^+ + d_{45}^- + \\ d_{46}^+ + d_{46}^- + d_{47}^+ + d_{47}^- + d_{48}^+ + d_{48}^- + d_{49}^+ + d_{49}^- + d_{50}^+ + \\ d_{50}^- + d_{51}^+ + d_{51}^- + d_{52}^+ + d_{52}^- + d_{53}^+ + d_{53}^- + d_{54}^+ + d_{54}^- + \\ d_{55}^+ + d_{55}^- + d_{56}^+ + d_{56}^- + d_{57}^+ + d_{57}^- + d_{58}^+ + d_{58}^- + d_{59}^+ + \\ d_{59}^- + d_{60}^+ + d_{60}^- + d_{61}^+ + d_{61}^- + d_{62}^+ + d_{62}^- + d_{63}^+ + d_{63}^- + \\ d_{64}^+ + d_{64}^- + d_{65}^+ + d_{65}^- + d_{66}^+ + d_{66}^- \end{array} \right) +$$

$$P_2(d_{67}^+) + P_3(d_{68}^-) + P_4(d_{69}^-)$$

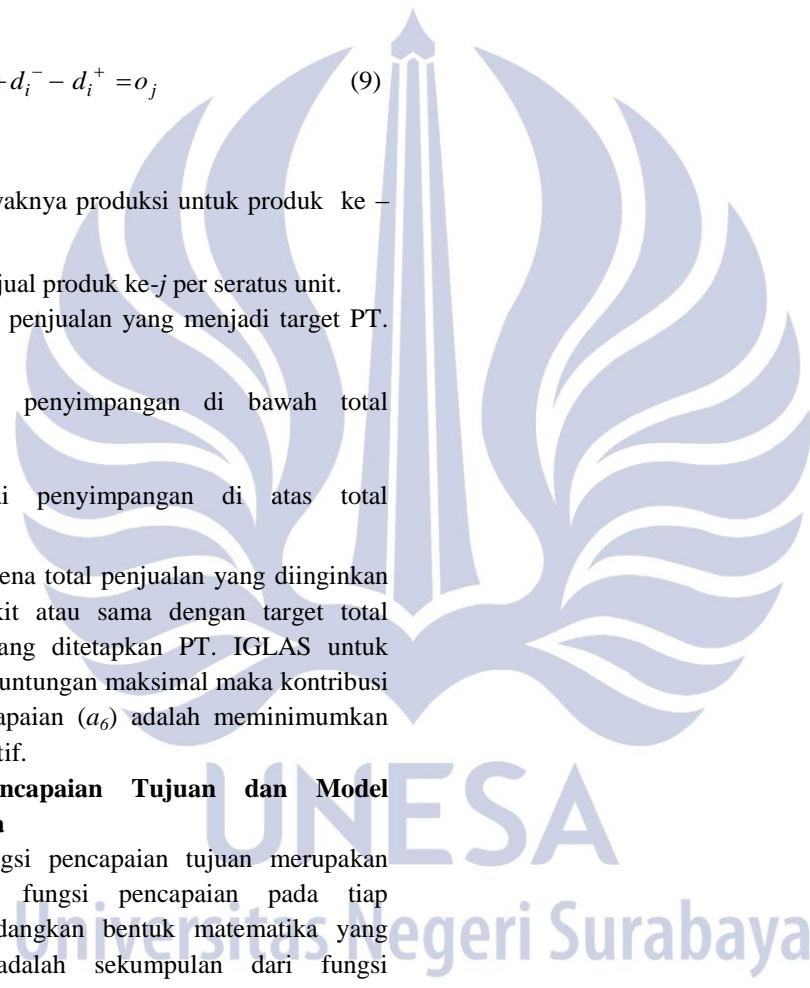
Dengan kendala:

Kendala jam tenaga kerja adalah:

$$0,196x_1 + 0,196x_2 + 0,196x_3 + 0,196x_4 + 0,196x_5 + \\ 0,324x_6 + 0,324x_7 + 0,324x_8 + 0,324x_9 + 0,324x_{10} + \\ 0,489x_{11} + 0,489x_{12} + 0,489x_{13} + 0,489x_{14} + 0,489x_{15} + \\ 0,250x_{16} + 0,250x_{17} + 0,250x_{18} + 0,250x_{19} + 0,250x_{20} + \\ 0,254x_{21} + 0,254x_{22} + 0,254x_{23} + 0,254x_{24} + 0,54x_{25} + \\ 0,247x_{26} + 0,247x_{27} + 0,247x_{28} + 0,247x_{29} + 0,247x_{30} -$$

$$d_1^+ + d_1^- = 6335 \tag{3.a}$$

Kendala jam kerja mesin adalah:



$$\sum_{j=1}^{15} 0,0037x_j + \sum_{j=16}^{30} 0,0035x_j - d_2^+ + d_2^- = 24 \quad (4.a)$$

$$\sum_{j=1}^{15} 0,00415x_j - d_3^+ + d_3^- = 24 \quad (4.b)$$

$$\sum_{j=16}^{30} 0,00546x_j - d_4^+ + d_4^- = 24 \quad (4.c)$$

$$\sum_{j=1}^5 0,015x_j - d_5^+ + d_5^- = 24 \quad (4.d)$$

$$\sum_{j=6}^{10} 0,0181x_j - d_6^+ + d_6^- = 24 \quad (4.e)$$

$$\sum_{j=11}^{15} 0,028x_j - d_7^+ + d_7^- = 24 \quad (4.f)$$

$$\sum_{j=16}^{20} 0,019x_j - d_8^+ + d_8^- = 24 \quad (4.g)$$

$$\sum_{j=21}^{25} 0,021x_j - d_9^+ + d_9^- = 24 \quad (4.h)$$

$$\sum_{j=26}^{30} 0,025x - d_{10}^+ + d_{10}^- = 24 \quad (4.i)$$

$$\sum_{j=1}^5 0,015x_j - d_{11}^+ + d_{11}^- = 24 \quad (4.j)$$

$$\sum_{j=6}^{10} 0,018x_j - d_{12}^+ + d_{12}^- = 24 \quad (4.k)$$

$$\sum_{j=11}^{15} 0,028x_j - d_{13}^+ + d_{13}^- = 24 \quad (4.l)$$

$$\sum_{j=16}^{20} 0,019x_j - d_{14}^+ + d_{14}^- = 24 \quad (4.m)$$

$$\sum_{j=21}^{25} 0,021x_j - d_{15}^+ + d_{15}^- = 24 \quad (4.n)$$

$$\sum_{j=26}^{30} 0,025x_j - d_{16}^+ + d_{16}^- = 24 \quad (4.o)$$

$$\sum_{j=6}^{10} 0,021x_j - d_{17}^+ + d_{17}^- = 24 \quad (4.p)$$

$$\sum_{j=11}^{15} 0,046x_j - d_{18}^+ + d_{18}^- = 24 \quad (4.q)$$

Kendala bahan baku adalah:

$$\left( \sum_{j=1}^{30} 0,0010x_j \right) - d_{19}^+ + d_{19}^- = 3,85 \quad (5.a)$$

$$\left( \sum_{j=1}^{30} 0,0975x_j \right) - d_{20}^+ + d_{20}^- = 357,95 \quad (5.b)$$

$$\left( \sum_{j=1}^{30} 0,0077x_j \right) - d_{21}^+ + d_{21}^- = 28,26 \quad (5.c)$$

$$\left( \sum_{j=1}^{30} 0,0003x_j \right) - d_{22}^+ + d_{22}^- = 1,20 \quad (5.d)$$

$$\left( \sum_{j=1}^{30} 0,0054x_j \right) - d_{23}^+ + d_{23}^- = 19,88 \quad (5.e)$$

$$\left( \sum_{j=1}^{30} 0,0153x_j \right) - d_{24}^+ + d_{24}^- = 56 \quad (5.f)$$

$$\left( \sum_{j=1}^{30} 0,0422x_j \right) - d_{25}^+ + d_{25}^- = 155 \quad (5.g)$$

$$\left( \sum_{j=1}^{30} 0,278x_j \right) - d_{26}^+ + d_{26}^- = 1021 \quad (5.h)$$

$$\left( \sum_{j=1}^{30} 0,1237x_j \right) - d_{27}^+ + d_{27}^- = 454 \quad (5.i)$$

$$\left( \sum_{j=1}^{30} 0,0569x_j \right) - d_{28}^+ + d_{28}^- = 209 \quad (5.j)$$

$$\left( \sum_{j=1}^{30} 0,4768x_j \right) - d_{29}^+ + d_{29}^- = 1750 \quad (5.k)$$

$$\left( \sum_{j=1}^{30} 0,7038x_j \right) - d_{30}^+ + d_{30}^- = 2583 \quad (5.l)$$

$$\left( \sum_{j=1}^{30} 0,2005x_j \right) - d_{31}^+ + d_{31}^- = 736 \quad (5.m)$$

$$\left( \sum_{j=1}^{30} 0,1845x_j \right) - d_{32}^+ + d_{32}^- = 677 \quad (5.n)$$

$$\left( \sum_{j=1}^{30} 0,0956x_j \right) - d_{33}^+ + d_{33}^- = 350,88 \quad (5.o)$$

$$\left( \sum_{j=1}^{30} 0,0322x_j \right) - d_{34}^+ + d_{34}^- = 118 \quad (5.p)$$

$$\left( \sum_{j=1}^{30} 0,0013x_j \right) - d_{35}^+ + d_{35}^- = 4,68 \quad (5.q)$$

$$\left( \sum_{j=1}^{30} 0,0148x_j \right) - d_{36}^+ + d_{36}^- = 54,245 \quad (5.r)$$

Kendala Permintaan Produk adalah:

$$x_1 - d_{37}^+ + d_{37}^- = 230 \quad (6.a)$$

$$x_2 - d_{38}^+ + d_{38}^- = 230 \quad (6.b)$$

$$x_3 - d_{39}^+ + d_{39}^- = 230 \quad (6.c)$$

$$x_4 - d_{40}^+ + d_{40}^- = 230 \quad (6.d)$$

$$x_5 - d_{41}^+ + d_{41}^- = 230 \quad (6.e)$$

$$x_6 - d_{42}^+ + d_{42}^- = 132 \quad (6.f)$$

- $x_7 - d_{43}^+ + d_{43}^- = 132$  (6.g)
- $x_8 - d_{44}^+ + d_{44}^- = 132$  (6.h)
- $x_9 - d_{45}^+ + d_{45}^- = 132$  (6.i)
- $x_{10} - d_{46}^+ + d_{46}^- = 132$  (6.j)
- $x_{11} - d_{47}^+ + d_{47}^- = 56$  (6.k)
- $x_{12} - d_{48}^+ + d_{48}^- = 56$  (6.l)
- $x_{13} - d_{49}^+ + d_{49}^- = 56$  (6.m)
- $x_{14} - d_{50}^+ + d_{50}^- = 56$  (6.n)
- $x_{15} - d_{51}^+ + d_{51}^- = 56$  (6.o)
- $x_{16} - d_{52}^+ + d_{52}^- = 126$  (6.p)
- $x_{17} - d_{53}^+ + d_{53}^- = 126$  (6.q)
- $x_{18} - d_{54}^+ + d_{54}^- = 126$  (6.r)
- $x_{19} - d_{55}^+ + d_{55}^- = 126$  (6.s)
- $x_{20} - d_{56}^+ + d_{56}^- = 126$  (6.t)
- $x_{21} - d_{57}^+ + d_{57}^- = 64$  (6.u)
- $x_{22} - d_{58}^+ + d_{58}^- = 64$  (6.v)
- $x_{23} - d_{59}^+ + d_{59}^- = 64$  (6.w)
- $x_{24} - d_{60}^+ + d_{60}^- = 64$  (6.x)
- $x_{25} - d_{61}^+ + d_{61}^- = 64$  (6.y)
- $x_{26} - d_{62}^+ + d_{62}^- = 126$  (6.z)
- $x_{27} - d_{63}^+ + d_{63}^- = 126$  (6.aa)
- $x_{28} - d_{64}^+ + d_{64}^- = 126$  (6..bb)
- $x_{29} - d_{65}^+ + d_{65}^- = 126$  (6.cc)
- $x_{30} - d_{66}^+ + d_{66}^- = 126$  (6.dd)

dan  $d_i^+ \geq 0, i=1,2,\dots,69$   
 $d_i^- \geq 0, i=1,2,\dots,69$   
 $x_j \geq 0, j=1,2,\dots,69$

Dimana nilai  $P_1, P_2, P_3,$  dan  $P_4$  bukan merupakan nilai parameter tapi hanya menunjukkan bahwa prioritas  $P_k$  lebih penting dari pada  $P_{k+1}$ , dimana untuk pencapaiannya, prioritas  $P_k$  lebih diutamakan. Hubungannya adalah *preemptive priority* yang dinyatakan sebagai  $P_1 \gg P_2 \gg P_3 \gg P_4$ .

**C. Pembahasan**

**1) Solusi Optimum**

Model yang dikembangkan terdiri dari 30 variabel keputusan, 138 variabel deviasi, 66 buah kendala dan empat prioritas dengan urutan prioritas sebagai berikut:

- P1: Terpenuhinya kendala sistem berupa jam kerja manusia, jam kerja mesin, bahan baku, permintaan.
- P2: Terpenuhinya sasaran anggaran yang tersedia.
- P3: Terpenuhinya sasaran total produksi.
- P4: Tercapainya sasaran keuntungan yang diinginkan perusahaan.

Program LINDO menggunakan prinsip algoritma simpleks untuk menghasilkan penyelesaian yang optimal. Dari program ini diperoleh penyelesaian yang optimal setelah iterasi ke-36.

Tabel 2 Solusi Optimum Untuk 30 Produk

| Pri<br>o<br>rita<br>s | Sasaran                    | Hasil yang<br>Diinginkan | Hasil Lindo | Pencapai<br>an | Ket    |   |
|-----------------------|----------------------------|--------------------------|-------------|----------------|--------|---|
| I                     | Kendala sistem berupa      |                          |             |                |        |   |
|                       | a. Jam kerja               |                          |             |                |        |   |
|                       | 1. tenaga kerja            | 6335                     | DN1=5364,4  | DP1=0          | 970,6  | T |
|                       | 2. batch house             | 24                       | DN2=10,73   | DP2=0          | 13,27  | T |
|                       | 3. dapur peleburan G1      | 24                       | DN3=15,32   | DP3=0          | 8,68   | T |
|                       | 4. dapur peleburan G2      | 24                       | DN4=15,37   | DP4=0          | 8,63   | T |
|                       | 5. foreheatt keluaran G1   |                          |             |                |        |   |
|                       | 5.1 IS8/DG                 | 24                       | DN5=6,75    | DP5=0          | 17,25  | T |
|                       | 5.2 IS6/DG                 | 24                       | DN6=12,05   | DP6=0          | 11,95  | T |
|                       | 5.3 IS6/DG                 | 24                       | DN7=16,16   | DP7=0          | 7,84   | T |
|                       | 6. foreheatt keluaran G2   |                          |             |                |        |   |
|                       | 6.1 IS8/DG                 | 24                       | DN8=12,03   | DP8=0          | 11,97  | T |
|                       | 6.2 IS6/DG                 | 24                       | DN9=17,28   | DP9=0          | 6,72   | T |
|                       | 6.3 IS6/DG                 | 24                       | DN10=8,25   | DP10=0         | 15,75  | T |
|                       | 7. annealing lehr1         | 24                       | DN11=6,75   | DP11=0         | 17,25  | T |
| 8. annealing lehr12   | 24                         | DN12=12,12               | DP12=0      | 11,88          | T      |   |
| 9. annealing lehr3    | 24                         | DN13=16,16               | DP13=0      | 7,84           | T      |   |
| 10. annealing lehr4   | 24                         | DN14=12,03               | DP14=0      | 11,97          | T      |   |
| 11. annealing lehr5   | 24                         | DN15=17,28               | DP15=0      | 6,72           | T      |   |
| 12. annealing lehr6   | 24                         | DN16=8,25                | DP16=0      | 15,75          | T      |   |
| 13. mesin cetak ACL 1 | 24                         | DN17=10,14               | DP17=0      | 13,86          | T      |   |
| 14. mesin cetak ACL 2 | 24                         | DN18=11,12               | DP18=0      | 12,88          | T      |   |
| b. Bahan baku         |                            |                          |             |                |        |   |
|                       | 1. Soda ash USA            | 3,85                     | DN19=0,18   | DP19=0         | 3,85   | T |
|                       | 2. Soda ash Magadi         | 357,95                   | DN20=0,12   | DP20=0         | 357,95 | T |
|                       | 3. Sodium sulphate         | 28,26                    | DN21=0,001  | DP21=0         | 28,26  | T |
|                       | 4. Sodium bichromate       | 1,2                      | DN22=0,09   | DP22=0         | 1,2    | T |
|                       | 5. Aluminium hydroxide     | 19,88                    | DN23=0,06   | DP23=0         | 19,88  | T |
|                       | 6. Pasir.MI flint ex Tuban | 56                       | DN24=0,21   | DP24=0         | 55,79  | T |
|                       | 7. Pasir.MII Amber         | 155                      | DN25=0,126  | DP25=0         | 155    | T |
|                       | 8. Pasir.MI UVA            | 1021                     | DN26=0,005  | DP26=0         | 1021   | T |
|                       | 9. Baling kristal cucian   | 454                      | DN27=0,02   | DP27=0         | 454    | T |
|                       | 10. Baling kristal kotor   | 209                      | DN28=0,17   | DP28=0         | 209    | T |
|                       | 11. Baling bijau cucian    | 1750                     | DN29=0,14   | DP29=0         | 1750   | T |
|                       | 12. Baling bijau kotor     | 2583                     | DN30=0,05   | DP30=0         | 2583   | T |
|                       | 13. Baling coklat cucian   | 736                      | DN31=0,16   | DP31=0         | 736    | T |
|                       | 14. Baling coklat kotor    | 677                      | DN32=0,23   | DP32=0         | 676,77 | T |
| 15. Limestone         | 350,88                     | DN33=0,02                | DP33=0      | 350,8          | T      |   |

Fungsi sasaran/tujuan:

Sasaran meminimumkan anggaran biaya produksi adalah:

$$\sum_{j=1}^5 82,358x_j + \sum_{j=6}^{10} 74,670x_j + \sum_{j=11}^{15} 194,594x_j + \sum_{j=16}^{20} 81,094x_j + \sum_{j=21}^{25} 65,241x_j + \sum_{j=26}^{30} 114,228x_j - d_{67}^+ + d_{67}^- = 342.410,2 \quad (7.a)$$

Sasaran memaksimalkan total produksi adalah:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{20} + x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} + x_{27} + x_{28} + x_{29} + x_{30} - d_{68}^+ + d_{68}^- = 3670 \quad (8.a)$$

Sasaran memaksimalkan keuntungan:

$$\sum_{j=1}^5 170x_j + \sum_{j=6}^{10} 140x_j + \sum_{j=11}^{15} 260x_j + \sum_{j=16}^{20} 140x_j + \sum_{j=21}^{25} 97,5x_j + \sum_{j=26}^{30} 180x_j - d_{69}^+ + d_{69}^- = 593.500 \quad (9.a)$$



Tabel 2 Lanjutan Solusi Optimum Untuk 30 Produk

| Pri<br>o<br>rita<br>s | Sasaran                  | Hasil yang<br>Diinginkan | Hasil Lindo |        | Pencapai<br>an | K<br>e<br>t |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|--------|----------------|-------------|
|                       | 16. Dolomite             | 118                      | DN34=0,17   | DP34=0 | 117,83         | T           |
|                       | 17. Arang bubuk          | 4,68                     | DN35=0,26   | DP35=0 | 4,42           | T           |
|                       | 18. Beling kristal Mumi  | 54,245                   | DN36=0,28   | DP36=0 | 53,965         | T           |
|                       | c. Permintaan            |                          |             |        |                |             |
|                       | 1. Caroline pepsi tipe 1 | 230                      | DN37=0      | DP37=0 | 230            | T           |
|                       | 2. Caroline pepsi tipe 2 | 230                      | DN38=0      | DP38=0 | 230            | T           |
|                       | 3. Caroline pepsi tipe 3 | 230                      | DN39=0      | DP39=0 | 230            | T           |
|                       | 4. Caroline pepsi tipe 4 | 230                      | DN40=0      | DP40=0 | 230            | T           |
|                       | 5. Caroline pepsi tipe 5 | 230                      | DN41=0      | DP41=0 | 230            | T           |
|                       | 6. Sting tipe 1          | 132                      | DN42=0      | DP42=0 | 132            | T           |
|                       | 7. Sting tipe 2          | 132                      | DN43=0      | DP43=0 | 132            | T           |
|                       | 8. Sting tipe 3          | 132                      | DN44=0      | DP44=0 | 132            | T           |
|                       | 9. Sting tipe 4          | 132                      | DN45=0      | DP45=0 | 132            | T           |
|                       | 10. Sting tipe 5         | 132                      | DN46=0      | DP46=0 | 132            | T           |
|                       | 11. RC Cola tipe 1       | 56                       | DN47=0      | DP47=0 | 56             | T           |
|                       | 12. RC Cola tipe 2       | 56                       | DN48=0      | DP48=0 | 56             | T           |
|                       | 13. RC Cola tipe 3       | 56                       | DN49=0      | DP49=0 | 56             | T           |
|                       | 14. RC Cola tipe 4       | 56                       | DN50=0      | DP50=0 | 56             | T           |
|                       | 15. RC Cola tipe 5       | 56                       | DN51=0      | DP51=0 | 56             | T           |
|                       | 16. Squash ABC tipe 1    | 126                      | DN52=0      | DP52=0 | 126            | T           |
|                       | 17. Squash ABC tipe 2    | 126                      | DN53=0      | DP53=0 | 126            | T           |
|                       | 18. Squash ABC tipe 3    | 126                      | DN54=0      | DP54=0 | 126            | T           |
|                       | 19. Squash ABC tipe 4    | 126                      | DN55=0      | DP55=0 | 126            | T           |
|                       | 20. Squash ABC tipe 5    | 126                      | DN56=0      | DP56=0 | 126            | T           |
|                       | 21. New vodka tipe 1     | 64                       | DN57=0      | DP57=0 | 64             | T           |
|                       | 22. New vodka tipe 2     | 64                       | DN58=0      | DP58=0 | 64             | T           |
|                       | 23. New vodka tipe 3     | 64                       | DN59=0      | DP59=0 | 64             | T           |
|                       | 24. New vodka tipe 4     | 64                       | DN60=0      | DP60=0 | 64             | T           |
|                       | 25. New vodka tipe 5     | 64                       | DN61=0      | DP61=0 | 64             | T           |
|                       | 26. Indofood tipe 1      | 126                      | DN62=0      | DP62=0 | 126            | T           |
|                       | 27. Indofood tipe 2      | 126                      | DN63=0      | DP63=0 | 126            | T           |
|                       | 28. Indofood tipe 3      | 126                      | DN64=0      | DP64=0 | 126            | T           |
|                       | 29. Indofood tipe 4      | 126                      | DN65=0      | DP65=0 | 126            | T           |
|                       | 30. Indofood tipe 5      | 126                      | DN66=0      | DP66=0 | 126            | T           |
| II                    | Anggaran Produksi        |                          | DN67=0      | DP67=0 |                | T           |
| III                   | Total produksi           | 342410,2                 | DN68=0      | DP68=0 | 34241,02       | T           |
| IV                    | Keuntungan               | 3670                     | DN69=0      | DP69=0 | 3670           | T           |
|                       |                          | 593500                   |             |        | 593500         | T           |

Keterangan:

T: Tercapai

TT: Tidak Tercapai

Berdasarkan tabel 2 dapat dijelaskan bahwa:

Prioritas I: Semua target terpenuhi. Untuk kendala permintaan telah memenuhi permintaan pasar, demikian juga dengan pemakaian bahan baku telah sesuai dengan nilai yang dialokasikan. Namun nilai pencapaian yang diperoleh jam kerja untuk tenaga kerja dan mesin masih dibawah target yang ada. Hal ini dapat dijadikan saran untuk perbaikan kinerja jam kerja bagi PT. IGLAS.

Prioritas II: Sasaran untuk mencapai target anggaran biaya yang tersedia sudah terpenuhi dan sesuai dengan yang telah dianggarkan oleh PT. IGLAS.

Prioritas III: Sasaran untuk mencapai total produksi telah terpenuhi. Kombinasi produk hasil optimasi *goal programming* memiliki jumlah yang sama dengan estimasi permintaan untuk setiap jenis produknya.

Prioritas IV: Sasaran terakhir, yaitu sasaran memaksimalkan keuntungan dengan cara mencapai total nilai penjualan telah terpenuhi. Hasil yang diperoleh dari metode *goal programming* sama dengan hasil yang diinginkan oleh PT. IGLAS.

## 2) Analisis sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan untuk mengetahui perubahan parameter guna melihat seberapa besar perubahan yang dapat diterima sebelum solusi

optimumnya menjadi tidak optimal. Jika terjadi perubahan kecil pada parameter menyebabkan perubahan drastis dalam solusi maka dapat dikatakan bahwa solusi sangat sensitif terhadap parameter tersebut. Apabila terjadi sebaliknya maka disebut solusi relatif insensitif terhadap nilai parameter.

Dari perhitungan analisis sensitivitas ruas kanan kendala menggunakan LINDO dapat diketahui batas atas dan batas bawah nilai ruas kanan kendala jika kita menginginkan perubahan, sehingga kita tidak diperkenankan mengambil angka yang melebihi atau kurang dari hasil yang telah didapat. Jika kita melanggar hal tersebut solusi yang sudah di dapat tidak akan optimal lagi. Terlihat pada hasil tersebut batas atas dan batas bawah setiap jenis produk ada yang berbeda. Hasil mencolok terlihat pada RC Cola tipe 1, 2, 4, 5 dapat dinaikkan sampai 111,9, sedangkan RC Cola tipe 3 dapat dinaikkan sampai tak terbatas. Demikian juga sasaran mencapai anggaran produksi, dalam hal ini kita hanya dapat menurunkan sasaran menjadi 342.407,5 dan dapat menaikkan sasaran tersebut sampai tak terbatas (infinite). Sasaran mencapai keuntungan dapat dinaikkan dengan cara mencapai total nilai penjualan produk antara 593500 sampai 593.502,2. Apabila sasaran mencapai anggaran diturunkan 1 maka nilai dual dari sasaran mencapai anggaran yang sebesar 1 tidak berubah karena perubahan masih dalam interval.

## PENUTUP

### 1. Simpulan

- Dengan menggunakan model matematika *goal programming*, semua sasaran pada masing-masing prioritas terpenuhi namun nilai pencapaian yang telah didapat untuk kapasitas produksi dan jam kerja masih di bawah target yang ada.
- Perusahaan harus memproduksi barang pada kondisi yang sedang terjadi untuk masing-masing tipe 1-5 sebagai berikut: caroline pepsi sebanyak 23.000 botol, sting sebanyak 1.3200 botol, rc cola sebanyak 5.600 botol, squash ABC sebanyak 1.2600 botol, new vodca sebanyak 6.400 botol, dan indofood sebanyak 12.600 botol.
- Dapat diketahui bahwa PT. IGLAS dalam sehari dapat meminimalkan biaya produksi sebesar Rp 34.241.020; dapat memaksimalkan total produksi sebanyak 367.000 botol dengan kombinasi produk sama dengan permintaan pasar yang diinginkan; dapat mencapai total nilai penjualan sebesar Rp 59.350.000, sehingga mampu mencapai keuntungan sebesar Rp 59.350.000 - Rp 34.241.020 = Rp 25.108.980.



- d. Jika PT. IGLAS ingin melakukan perubahan terhadap sasaran mencapai anggaran produksi dengan tidak merubah nilai optimal. Maka perubahan dilakukan dengan cara menurunkan sasaran menjadi Rp 34.240.750 dan dapat menaikkan sasaran tersebut sampai tak terbatas (infinite). Demikian juga untuk sasaran mencapai keuntungan dapat dinaikkan dengan cara mencapai total nilai penjualan produk antara Rp 59.350.000 sampai Rp 59.350.220.

## 2. Saran

- a. Dalam penelitian selanjutnya sebaiknya diperoleh informasi yang lebih mengenai tujuan perusahaan dalam produksi sehingga fungsi tujuan dan fungsi kendalanya lebih banyak agar hasil optimasi yang diperoleh lebih mendekati kondisi nyata perusahaan.
- b. Untuk meningkatkan hasil yang lebih optimal perlu dilakukan penelitian untuk menentukan metode peramalan yang tepat untuk estimasi permintaan produk.
- c. Pada proses penyelesaian bisa dikembangkan dengan menggunakan metode gabungan lainnya, misalnya *fuzzy goal programming*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2011. *Tutorial Penggunaan Lindo*. <http://ko2smath06.wordpress.com/2011/03/11/tutorial-penggunaan-lindo-linear-ineraktive-discrete-optimizer/>, diakses tanggal 20 November 2011 jam 13:29 WIB.
- Charnes, A. Dan Cooper, W. 1961. *Management Models and Industrial Applications of Linear Programming Jilid 1*. New York: Wiley and Sons Inc.
- Fauziah. 2010. *Penerapan Metode Goal Programming pada Permasalahan Optimasi Produk Industri Kertas (Studi Kasus pada PT Gangsar Jaya)*. Skripsi. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Leung S C H and Chan S S W. 2009. *A Goal Programming Model for Aggregate Production Planning with Resource Utilization Constraint*. *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 56, No. 3, pp. 1053-1064.
- Ravindran, Phillips & Solberg. 2000. *Operation Research Principles and Practice*. New York. John wiley & Sons.
- Siswanto, Drs., M.Sc., 2007. *Operation Research Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Website PT. IGLAS. 2011. *Alur Produksi PT. IGLAS*. <http://www.iglas.co.id>, diakses 26 Oktober 2011 jam 12:26 WIB.