

# Sebuah Formulasi Permasalahan Optimalisasi Produksi Tambang Galian Marmer

Hijir Ismail<sup>1</sup>

## Abstrak

Optimalisasi produksi tambang galian marmer dapat diselesaikan dengan menggunakan pendekatan model/formulasi matematis. Linear Programming menjadi salah satu pilihan terbaik dalam pemecahan masalah yang kompleks dalam berbagai kasus produksi tambang marmer. Sebagai suatu perusahaan, maka objective function ( $Z$ ) adalah seoptimal mungkin memperoleh keuntungan (*profit*) dari suatu kegiatan produksi dengan tetap memperhitungkan fungsi kendala secara benar. Formulasi dengan Linear Programming memberikan nasehat atas kualitas dan kuantitas marmer yang seyogyanya diproduksi sesuai perkembangan pasar (*demand*) dan waktu kontrak.

**Kata Kunci:** Optimalisasi, tambang galian marmer, Linear Programming.

## 1. Pendahuluan

Industri marmer di Sulawesi-Selatan yang telah berkembang pesat sejak 1990 dan relatif bertahan hingga saat ini, telah memberikan kontribusi yang besar bagi pendapatan daerah. Industri marmer mengakibatkan terbukanya lapangan pekerjaan, bertumbuhnya sarana prasarana jalan, berkembangnya ekonomi masyarakat (*multiflyer efect*) di sekitar wilayah pertambangan seperti sewa atas lahan, rumah-rumah kos bagi karyawan perusahaan, warung-warung nasi, usaha perdagangan kecil/campuran, toko bangunan, bengkel sepeda motor dan lain sebagainya serta ikut tumbuhnya segi sosial masyarakat sekitar (*community development*) dan berbagai dampak positif lainnya, baik bersifat langsung maupun tak langsung.

Produksi pertambangan marmer terdiri dari produksi dalam bentuk “*blok marmer*” yang diperoleh dari kegiatan penambangan, dan produksi dalam bentuk “*tile*” dan “*slab*” dari kegiatan pengolahan di dalam pabrik.

Sudah menjadi masalah umum dalam kegiatan produksi marmer, dimana *resource marmer* di alam tidak monoton, baik warna, tekstur maupun strukturnya sebagai akibat kontrol geologi, sehingga diperlukan strategi untuk menghasilkan produk yang sesuai keinginan pasar (*demand*) dan berdaya saing tinggi.

Dengan mengacu pada kontrak jual beli marmer antara pihak produsen dengan pihak konsumen, tidak jarang pihak produsen berada pada posisi yang lemah disebabkan output produksinya tidak sesuai dengan kualitas, jumlah pesanan dan waktu produksi tidak seimbang. Hal ini berakibat ditolakannya pesanan yang berdampak pada kerugian di sisi produsen. Oleh karena itu, karenanya dibutuhkan strategi yang baik oleh pihak produsen, baik strategi dalam mempertahankan kualitas produk, jumlah produk dan waktu produksinya dengan memberlakukan manajemen pemanfaatan dan pengaturan berbagai sumber daya secara tepat, baik sumber daya manusia, cadangan marmer yang tersedia, teknologi dan peralatan yang terpakai secara efektif dan efisien serta pemahaman yang detail atas suatu permintaan konsumen.

---

<sup>1</sup> Staf Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Propinsi Sulawesi Selatan, email: [hijirismail@yahoo.com](mailto:hijirismail@yahoo.com)

Disebabkan kerumitan kondisi geologi bahan galian marmer yang tidak seragam atau relatif kompleks, sehingga produk yang dihasilkan menjadi bervariasi dari sisi kualitas (tipe 1, tipe 2, tipe 3,...) dan harga ( $H_1, H_2, H_3, \dots$ ). Dalam kondisi seperti ini, maka perusahaan berada pada masalah pilihan produksi yang tepat, baik jumlah produksi maupun kualitas (tipe) produksi yang dihasilkan sehingga dapat menghasilkan profit yang optimal.

Solusi dari permasalahan di atas dapat ditentukan dengan melakukan formulasi ke dalam bentuk permasalahan optimalisasi yang dapat diselesaikan dengan berbagai macam metode.

## 2. Pembahasan

### 2.1. Kondisi Umum Produksi Bahan Galian Marmer

Pada bagian ini diuraikan mengenai beberapa sifat, istilah dan definisi yang melatar belakangi pembahasan utama.

Produksi marmer hanya dapat berjalan apabila suatu perusahaan tambang marmer telah memiliki 5 (lima) variabel, yaitu: ketersediaan modal (*capital*), tersedianya tenaga kerja (*labour*) dengan keahlian tertentu, adanya sumber daya marmer yang telah disetujui kelayakannya baik secara teknis maupun ekonomis (*natural resources*), adanya teknologi yang mampu diterapkan untuk menghasilkan produksi marmer (*mining recovery*), dan adanya permintaan (*demand*) sebagai alasan untuk menghasilkan produk sesuai jumlah dan kualitasnya yang dapat dirumuskan sebagai :

$$Q = \{K, L, R, T, D\},$$

dimana :

- Q : Fungsi terhadap produksi
- K : Kapital
- L : Labour
- R : Natural Resources
- T : Teknologi
- D : Demand

Sebagai sebuah perusahaan yang padat modal dan teknologi, maka orientasi mendapatkan profit ( $\Pi$ ) secara optimal tentu menjadi sebuah tujuan utama, dimana profit ( $\Pi$ ) tersebut ditentukan oleh natural resources (R), cost (C), production (Q), harga (H) dan Taxable (Tax) atau dirumuskan sebagai berikut:

$$profit (\Pi) = \{R, C, Q, H, Tax\}.$$

Memperhatikan kondisi di atas, maka sebuah pemodelan matematika sederhana yang dapat menjadi acuan dari manajemen suatu perusahaan digambarkan sebagai berikut:

Misalkan marmer yang akan diproduksi mempunyai karakteristik sebagai berikut:

- Tipe marmer ada 3 : Tipe-1, Tipe-2 dan Tipe-3
- Cadangan : Tipe-1= $R_1$ , Tipe-2= $R_2$  dan Tipe-3= $R_3$ .  
dengan  $R_1 < R_2 < R_3$
- Harga marmer : Tipe-1= $H_1$ , Tipe-2= $H_2$  dan Tipe-3= $H_3$ .

- Production Cost : dengan  $H_1 > H_2 > H_3$   
: Tipe-1= $C_1$ , Tipe-2= $C_2$  dan Tipe-3= $C_3$
- Mining Recovery : dengan  $C_1 > C_2 > C_3$   
: Tipe-1= $MR_1$ , Tipe-2= $MR_2$  dan Tipe-3= $MR_3$   
dengan  $MR_1 < MR_2 < MR_3$
- Taxable/Pajak : Tax Tipe 1 > Tax Tipe 2 > Tax tipe 3  
(masing-masing 20% dari Nilai Jual)

Agar perusahaan tersebut dapat menghasilkan produksi yang optimum dengan profit yang optimum, maka dilakukan pemodelan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Z_1 &= a_1R_1 + a_2R_2 + a_3R_3 \\ Z_2 &= b_1H_1 + b_2H_2 + b_3H_3 \\ Z_3 &= c_1C_1 + c_2C_2 + c_3C_3 \\ Z_4 &= d_1T_1 + d_2T_2 + d_3T_3 \end{aligned}$$

## 2.2. Formulasi Optimisasi Bahan Galian Marmer

Marmer yang saat ini dikelola oleh beberapa perusahaan di Kabupaten Maros dan Kabupaten Pangkep umumnya terbentuk akibat pengaruh struktur geologi, sehingga secara geologi masih dinamakan batuan *meta limestone*. Sifatnya di alam tidak sepenuhnya utuh, akan tetapi sering dijumpai telah hancur, banyak kekar/rekahan-rekahan, warna tidak konstan dan tekstur cukup variatif. Sementara itu, konsumen batu marmer juga cukup variatif.

Menjadi tugas seorang ahli geologi dan pertambangan yang bekerja di perusahaan marmer untuk dapat menginventarisir seluruh karakteristik bahan galian marmer yang terdapat dalam Wilayah Izin Usaha Pertambangannya, meliputi : tipe marmer (tipe 1, tipe 2, tipe 3..) dan besaran deposit/cadangan masing-masing ( $R_1, R_2, R_3...$ ). Untuk masing-masing tipe marmer tersebut juga memiliki harga yang tidak sama ( $H_1, H_2, H_3...$ ). Tentu saja dengan pengalaman sebelumnya, perusahaan tersebut telah memiliki cukup data bahwa untuk menghasilkan produk marmer dengan tipe tertentu diperlukan biaya yang tidak sama ( $C_1, C_2, C_3...$ ). Selain itu, dalam 1 blok marmer (panjang : 9 meter, lebar 3 meter dan tebal 2 meter) misalnya setelah dilakukan pemotongan dengan *Diamond Wire Sawing* (DWS) dan alat potong lainnya tidak akan diperoleh bentuk yang utuh disebabkan adanya losses atau yang dapat diproduksi/dihasilkan (*mining recovery*) juga menjadi bervariasi ( $T_1, T_2, T_3...$ ). Semua ini sangat tergantung pada sifat-sifat fisik marmer tersebut dan sifat-sifat permintaan yang tersedia.

Pertimbangan-pertimbangan tersebut di atas menjadi titik awal diperlukannya pemikiran dan kajian optimalisasi produk galian marmer. Dalam kaitan ini, diperlukan keputusan mengenai kombinasi tipe marmer dan volume produksi sehingga keuntungan maksimal dapat dicapai dengan biaya produksi seminimal mungkin. Sebuah permasalahan real yang umum terjadi pada suatu tambang galian marmer dapat diformulasikan sebagai berikut (nilai pada tabel berbeda untuk setiap perusahaan).

Suatu perusahaan tambang marmer dengan luas sekitar 25 Ha, memiliki cadangan marmer mencapai jutaan  $M^3$ . Terdapat 3 (tiga) klasifikasi marmer dalam Wilayah Izin Usaha Pertambangannya (WIUP) yaitu : berwarna putih terang dan mengkilap, padat dan kurang rekahan ( $C_1$ ), berwarna putih gading hingga cream dan relatif padat ( $C_2$ ), dan berwarna kelabu-kelabu kehitaman ( $C_3$ ). Untuk memenuhi permintaan konsumen, maka mining division perusahaan telah menyiapkan 3 (tiga) front tambang (ft), yaitu ft-1, ft-2 dan ft-3. Masing-masing front tambang (ft) dapat menghasilkan produksi marmer dengan 3 tipe ( $C_1, C_2, C_3$ ), namun

demikian dengan tingkat kesulitan yang berbeda-beda (lihat Tabel 1). Karenanya, dengan kapasitas peralatan produksi yang sama pada semua front tambang, front tambang 1 maksimal hanya mampu menghasilkan produksi blok marmer sebesar  $210 \text{ M}^3$  perbulan, front tambang 2 sebesar  $560 \text{ M}^3$  perbulan, dan front tambang 3 sebesar  $230 \text{ M}^3$  per bulan yang masing-masing terdiri atas tipe  $C_1, C_2$  dan  $C_3$ . Ekspektasi perusahaan, produksi 1 blok  $C_1$  akan menghasilkan laba sebesar \$500,  $C_2$  sebesar \$250 dan  $C_3$  sebesar \$125. Perusahaan bermaksud mengoptimalkan laba ( $Z$ ) perusahaan dengan menghasilkan kombinasi 3 produksi blok marmer ( $C_1, C_2$  dan  $C_3$ ).

Tabel 1. Data Produksi Masing-Masing Front Tambang.

| Front Tambang | $C_1$<br>( $\text{M}^3$ ) | $C_2$<br>( $\text{M}^3$ ) | $C_3$<br>( $\text{M}^3$ ) | Kapasitas<br>( $\text{M}^3/\text{bulan}$ ) |
|---------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--|
| ft-1          | 25                        | 65                        | 100                       | 210  |
| ft-2          | 7                         | 125                       | 39                        | 560  |
| ft-3          | 6                         | 48                        | 115                       | 230  |

Dengan data di atas, maka untuk memaksimalkan  $Z$ , akan ditentukan berapa besar kombinasi masing-masing tipe ( $C_1, C_2$  dan  $C_3$ ) produksi marmer serta ekspektasi nilai laba ( $Z$ ). Besarnya nilai masing-masing tipe diperoleh dengan menyelesaikan model yang diformulasikan sebagai berikut:

*Maksimisasi fungsi objektif*

$$Z := 500 X_1 + 250 X_2 + 125 X_3$$

*Fungsi Kendala :*

$$\begin{aligned} 25 X_1 + 65 X_2 + 100 X_3 &< 210 \\ 7 X_4 + 125 X_5 + 39 X_6 &< 560 \\ 6 X_7 + 48 X_8 + 115 X_9 &< 230 \\ X_1 > 0, X_2 > 0 \text{ dan } X_3 > 0 \end{aligned}$$

Tersedia berbagai metode untuk menyelesaikan kasus pemrograman linier tersebut, seperti metode Eliminasi Fourier-Motzkin, Metode Simpleks, Metode titik interior, dan masih banyak lagi yang lain.

### 3. Penutup

Kebijakan yang tepat dari manajemen suatu perusahaan tambang galian marmer sangat ditentukan oleh pengetahuan mengenai kombinasi jumlah produksi untuk masing-masing kategori marmer. Kombinasi yang optimal dalam artian menghasilkan keuntungan terbesar dengan resiko kerugian yang kecil diperoleh melalui kajian yang diformulasikan dalam bentuk pemrograman linier.

**Daftar Pustaka**

- [1] Suparmoko, 1989. *Ekonomi Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. Pusat Antar Universitas Studi Ekonomi, Universitas Gajah Madah Yogyakarta.
- [2] Partanto dan Arif I., 1995. *Pengantar Teknologi Mineral Penambangan*. Jurusan Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [3] Dantzig G.B. dan Thapa M.N., 1997. *Linear Programming 1: Introduction*. Springer-Verlag New York.
- [4] Sultan A., 1993. *Linear Programming: An Introduction with Applications*. Academic Press Inc., San Diego.