

**OPTIMASI PRODUKSI DAN PENJADWALAN ALAT GALI-MUAT DAN ALAT
ANGKUT PADA PENAMBANGAN BIJIH NIKEL DI PT. SUMBER PERMATA
MINERAL, MALINO, KABUPATEN MOROWALI UTARA,
PROVINSI SULAWESI TENGAH**

*PRODUCTION OPTIMIZATION AND SCHEDULING OF LOADING AND UNLOADING
EQUIPMENT AND TRANSPORT EQUIPMENT IN NICKEL ORE MINING AT PT. SUMBER
PERMATA MINERAL, MALINO, NORTH MOROWALI REGENCY,
CENTRAL SULAWESI PROVINCE*

Marco De Aviano Raka, Yusuf Rumbino dan Robertho Kadji

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana
e-mail: Mrcpratama47@gmail.com, yusufrumbino@staf.undana.ac.id dan
roberthokadji@staf.undana.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan produksi dan menyusun penjadwalan alat gali-muat serta alat angkut pada kegiatan penambangan bijih nikel di PT. Sumber Permata Mineral. Fokus penelitian dilakukan pada tim 2 Manis yang beroperasi di pit A dan berencana membuka area baru di pit B. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis analisis teknis-operasional dengan variabel utama meliputi produktivitas alat, efisiensi kerja, cycle time, dan keserasian alat (*match factor*). Optimasi penjadwalan dilakukan menggunakan metode *Integer Linear Programming* (ILP) dengan jumlah alat tetap dan variabel keputusan berupa waktu kerja (bulan) untuk mencapai target produksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi aktual di pit A mampu melampaui target produksi 30.000 ton/bulan, namun jumlah alat angkut yang terbatas menyebabkan target pengangkutan belum optimal. Penambahan dump truck dari dua menjadi empat unit meningkatkan *match factor* dari 0,5 menjadi 1 sehingga produksi bulanan ke *stockpile* tercapai. Berdasarkan hasil optimasi ILP, kapasitas *backfilling* OB dengan empat *excavator* mencapai 316.689 ton/bulan, sedangkan kapasitas *ore getting* dengan tiga *excavator* sebesar 51.417 ton/bulan. Hasil penjadwalan menunjukkan keseimbangan antara kegiatan OB dan *ore* perlu dijaga melalui rotasi alat antar pit untuk meminimalkan waktu tunggu (*idle time*).

Kata kunci: *Optimasi produksi, penjadwalan alat, Integer Linear Programming, bijih nikel, excavator, dump truck, match factor*

Abstract

This research was conducted to optimize production and schedule loading and hauling equipment in nickel ore mining operations at PT Sumber Permata Mineral. The study focused on Team 2 Manis, which operates in Pit A and plans to open a new area in Pit B. A quantitative approach based on technical-operational analysis was used, including calculations of equipment productivity, work efficiency, cycle time, and equipment compatibility (match factor). The scheduling optimization was carried out using the Integer Linear Programming (ILP) method, with a fixed number of equipment and the decision variable being the working time (in months) required to achieve the production target. The analysis results show that under current conditions, production in Pit A exceeds the monthly target of 30,000 tons. However, the limited number of haul trucks causes suboptimal transportation capacity. Increasing the number of dump trucks from two to four units improves the match factor from 0.5 to 1, allowing the monthly production to reach the stockpile target. Based on the ILP optimization results, the backfilling capacity for overburden (OB) using four excavators is approximately 316,689 tons per month, while ore getting activities with three excavators can achieve 51,417 tons per month. The optimized scheduling results indicate that maintaining a balance between OB and ore activities through equipment rotation between pits is necessary to minimize idle time and ensure production continuity.

Keywords: *Production optimization, equipment scheduling, Integer Linear Programming, nickel ore, excavator, dump truck, match factor*

PENDAHULUAN

Nikel merupakan salah satu komoditas penting yang digunakan dalam industri baja tahan karat, baterai, dan komponen elektronik. Untuk mencapai target produksi yang stabil dan efisien, dibutuhkan sistem pengelolaan alat mekanis yang optimal, terutama dalam operasi tambang terbuka. PT. Sumber Permata Mineral memiliki target produksi 30.000 ton bijih nikel per bulan dengan kadar *Cut of Grade* (COG) 1,4%.

Kendala utama yang dihadapi adalah ketidakseimbangan antara alat gali-muat dan alat angkut yang menyebabkan penurunan efisiensi produksi. Oleh karena itu, diperlukan optimasi konfigurasi dan penjadwalan alat agar kegiatan penambangan dapat berjalan efektif baik di pit A maupun pit B.

DASAR TEORI

Tahapan Penambangan Bijih Nikel

Menurut Dzakir dkk. (2023), tahapan utama penambangan nikel terdiri dari: (1) *Land clearing*; (2) pengupasan tanah penutup (*overburden removal*); (3) penggalian bahan galian (*ore getting*); (4) *ore blending*; (5) pemuatan dan pengangkutan; serta (6) reklamasi. Pada sistem tambang terbuka, tahapan tersebut dilakukan secara berurutan agar operasi berjalan efisien.

Produktivitas Alat Mekanis

Produktivitas alat gali-muat dan alat angkut sangat dipengaruhi oleh waktu edar (*cycle time*), kapasitas alat, dan efisiensi kerja. Rumus umum produktivitas alat gali-muat adalah:

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{C}$$

dengan Q= produktivitas per jam (BCM/jam), q= kapasitas bucket $\times$ fill factor, EK= efisiensi kerja (%), dan CT= cycle time (menit). (Oemiati dkk., 2020)

Match Factor

Match factor menunjukkan keserasian antara alat gali-muat dengan alat angkut, dihitung dengan rumus:

$$M = \frac{N_u \times n \times CT_m}{N_m \times CT_u}$$

Nilai MF = 1 menunjukkan kondisi ideal di mana alat gali dan angkut bekerja seimbang.

Efisiensi dan Ketersediaan Alat

Efisiensi kerja menunjukkan perbandingan antara waktu efektif dengan waktu kerja tersedia. Ketersediaan alat dihitung melalui *Mechanical Availability* (MA), *Physical Availability* (PA), *Use of Availability* (UA), dan *Effective Utilization*

(EU) untuk menggambarkan kesiapan alat dalam operasi (Ramaddandy & Zakri, 2022).

Teori Optimasi dan Penjadwalan

Optimasi produksi merupakan proses penentuan konfigurasi terbaik dari sumber daya terbatas agar target produksi tercapai secara efisien (Poerwadarminta, 2003). Metode *Integer Linear Programming* (ILP) digunakan untuk menentukan kombinasi optimal alat gali-muat dan alat angkut dengan variabel keputusan berupa waktu kerja. Fungsi tujuan umum ILP adalah:

$$\text{Maximize } Z = \sum_{i=1}^n P_i X_i$$

dengan kendala jumlah alat, kapasitas, dan waktu kerja. Metode ini menghasilkan penjadwalan optimal berbasis model matematis (Nemhauser & Wolsey, 1988).

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di wilayah IUP PT. Sumber Permata Mineral, Malino, Kabupaten Morowali Utara, Sulawesi Tengah. Metode yang digunakan adalah analisis kuantitatif teknis-operasional, dengan tahapan:

1. Pengumpulan data primer dan sekunder.
2. Analisis *cycle time*, efisiensi kerja, dan produktivitas alat.
3. Perhitungan *match factor* untuk keserasian alat.
4. Penerapan model Integer Linear Programming untuk menentukan waktu kerja dan alokasi alat optimal antar pit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Aktual

Tim Manis menggunakan 10 unit *excavator* (Cat 323 GC dan Cat 330 GC) serta 4 unit *dump truck* (Sinotruck Howo 400). Pit A sudah berproduksi (*ore getting*), sedangkan pit B baru dibuka untuk pengupasan OB.

Parameter Produktivitas

- *Swell factor* OB = 1,2 ton/m³
- *Swell factor ore* = 1,3 ton/m³
- *Fill factor* OB = 105%; *ore* = 100%; *blending ore* = 90%
- Efisiensi kerja rata-rata excavator 82%, *dump truck* 78%.

Hasil Optimasi dan Penjadwalan

Sebelum optimasi, *match factor* = 0,5 (alat tidak seimbang). Setelah penambahan *dump truck* menjadi 4 unit, *match factor* meningkat menjadi 1 (ideal).

Hasil ILP menunjukkan:

- Kapasitas *backfilling* OB (4 *excavator*) = 316.689 ton/bulan.
- Kapasitas *ore getting* (3 *excavator*) = 51.417 ton/bulan. Penjadwalan hasil optimasi menjaga keseimbangan antara pekerjaan OB dan ore agar tidak terjadi idle time.

KESIMPULAN

1. Konfigurasi alat optimal terdiri dari 10 *excavator* dan 4 *dump truck* dengan *match factor* = 1.
2. Produksi optimal diperoleh sebesar 316.689 ton/bulan untuk OB dan 51.417 ton/bulan untuk ore.
3. Penjadwalan menggunakan ILP efektif menjaga keseimbangan kegiatan antar pit dan meningkatkan efisiensi alat.

SARAN

1. Perusahaan perlu melakukan monitoring produktivitas harian berbasis digital.

2. Evaluasi keserasian alat dilakukan secara berkala.
3. Penelitian lanjutan disarankan mempertimbangkan aspek biaya operasional dan konsumsi bahan bakar.

DAFTAR PUSTAKA

- Dzakir, M., dkk. (2023). Teknis Penambangan Nikel.
- Nemhauser, G., & Wolsey, L. (1988). Integer and Combinatorial Optimization. Wiley.
- Oemiati, S., Wibowo, H., & Suprpto, A. (2020). Teknik Mekanisasi Tambang Terbuka.
- Poerwadarminta, W. (2003). Kamus Umum Bahasa Indonesia.
- Ramaddandy, M., & Zakri, R. (2022). Analisis Ketersediaan Alat Berat di Tambang Nikel.
- Smith, R. (2019). Mine Planning and Equipment Scheduling. CRC Press.