

Analisis Penurunan Capaian Target Produksi Bijih Nikel Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* di PT Ifishdeco Provinsi Sulawesi Tenggara

Yosytha P. Parissing¹, Aryanti Virtanti Anas^{1*}, Irzal Nur¹, Sufriadin¹,
Purwanto¹, Meinarni Thamrin¹, Agus Prasetyono²

¹Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino km. 6, Bontomarannu, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan 92171

²PT. Ifishdeco Site Tinanggea, Konawe Selatan
Wadonggo, Tinanggea, Kabupaten Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara 93885

*Email: aryantiv@g.unhas.ac.id

DOI: 10.25042/jpe.052020.07

Abstrak

Proses produksi berarti menghasilkan suatu produk yang bernilai guna. Dalam suatu perusahaan pertambangan, produksi merupakan hal yang sangat penting, sehingga diperlukan perencanaan yang matang. Perusahaan menargetkan jumlah bahan galian yang akan diproduksi baik dalam jangka panjang, menengah maupun jangka pendek. Operasi produksi PT. Ifishdeco menggunakan bantuan alat gali muat *excavator* Komatsu PC 300 dimana terjadi penurunan produksi bijih nikel sebesar 19,94%. Target produksi sebesar 149.934 mt, namun capaian produksi hanya sebesar 116.603mt. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui faktor utama dan nilai probabilitas penyebab turunnya capaian produksi. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis faktor utama penyebab penurunan capaian produksi adalah menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA). Persamaan logika top down dari *Fault Tree Analysis* disubstitusikan ke dalam aljabar Boolean hingga diperoleh *minimal cut set*. *Minimal cut set* merupakan persamaan akhir yang merincikan *top down*. *Top event* penurunan capaian target produksi memiliki empat *top down*, yaitu faktor pengisian, kesiapan fisik alat, efektivitas kerja, dan waktu edar alat gali muat. Berdasarkan nilai probabilitas *basic event* tertinggi yang bernilai 1, maka faktor utama penyebab penurunan capaian produksi adalah dari faktor umur pakai alat tua, penjadwalan perawatan tidak teratur, kualitas alat buruk, dan proses *selective mining*.

Abstract

Analysis of Decrease in Nickel Ore Production Targets Using the Fault Tree Analysis Method in PT Ifishdeco, Southeast Sulawesi Province. Production process meant produce product with beneficial value. At the mining company, production was very important, so it needed to be well-planned. Company was making target amount of digging material to be produced in long term, middle term, and short term. Production operation at PT Ifishdeco utilized digger loader equipment namely excavator Komatsu PC 300. There was decreasing in nickel ore production of 19,94%. Production target was 149,934 mt, but the company was only able to meet 116,603 mt. Objective of this study was to know main factor and probability value which caused the low production performance. One of methods to be used to analyze the main factor was Fault Tree Analysis (FTA). Top down logical equations of Fault Tree Analysis was substituted into Boolean algebra to get minimal cut set. Minimal cut set was a formula of the top down and used to calculate probability. Top event of the decreasing of the production target had four top downs which were filling factor, mechanical availability, effectivity of use, and cycle time of digger loader. Based on the highest probability of basic event which value was equal to 1, the main factor caused the decreasing of productivity were lifetime of equipment, unscheduled of maintenance, low quality of equipment, and selective mining.

Kata Kunci: Boolean, cut set, excavator, probability, work effectivity

1. Pendahuluan

Proses produksi berarti menghasilkan suatu produk yang bernilai guna. Dalam suatu perusahaan pertambangan, produksi merupakan hal yang sangat penting, sehingga diperlukan perencanaan yang matang sebelum melakukannya. Perusahaan menargetkan jumlah

bahan galian yang akan diproduksi baik dalam jangka panjang, menengah maupun jangka pendek, dan target itu pula yang menjadi acuan dalam bekerja [1].

PT. Ifishdeco sebagai salah satu perusahaan pertambangan nikel melakukan produksi bijih nikel berdasarkan target bulanan dan tahunan. Operasi produksi menggunakan bantuan alat gali



muat *excavator* Komatsu PC 300 dimana terjadi penurunan produksi sebesar 19,94%. Target produksi sebesar 149.934 mt, namun capaian produksi hanya sebesar 116.603mt [2].

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis faktor utama penyebab penurunan capaian produksi adalah menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA). FTA ini berguna untuk menggambarkan kejadian dalam suatu sistem yang mungkin bisa menyebabkan kegagalan. Setiap faktor yang memengaruhi kemudian ditentukan probabilitas kesalahannya untuk diketahui seberapa besar pengaruhnya terhadap faktor utama penyebab terjadinya penurunan produksi [3], [4]. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui akar permasalahan penyebab turunya capaian produksi. Rumusan masalah dalam penelitian adalah berapa nilai probabilitas faktor penyebab penurunan capaian target produksi dan apa faktor utama penyebab terjadinya penurunan capaian target produksi alat gali muat. Tujuan dalam penelitian ini adalah menentukan nilai probabilitas faktor penyebab penurunan capaian target produksi dan menganalisis faktor utama penyebab penurunan capaian target produksi.

Manfaat yang dapat diperoleh setelah melakukan penelitian ini adalah mengetahui faktor-faktor penyebab terjadinya penurunan capaian target produksi sehingga dapat dilakukan antisipasi terjadinya kegagalan akibat faktor yang sama. Selain itu penerapan metode *Fault Tree Analysis* dapat dikembangkan pada setiap kejadian yang tidak diharapkan disemua bidang.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian terdiri dari pengumpulan dan pengolahan data. Pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data primer dan sekunder. Pengolahan dan analisis data dilakukan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* untuk mencari akar permasalahan yang menyebabkan terjadinya penurunan capaian produksi bijih nikel.

2.1. Pengambilan Data

Pengumpulan data yang dibutuhkan dalam penelitian diperoleh melalui observasi lapangan, wawancara langsung dengan pekerja, dan perolehan data dari pihak perusahaan. Data yang

berasal dari pihak perusahaan merupakan data sekunder sedangkan data yang diperoleh sendiri dari hasil observasi, pengukuran dan wawancara merupakan data primer. Sampel data yang diambil adalah sampel pada tahun/bulan tertentu saat terjadi penurunan capaian target produksi bijih nikel.

Data yang diambil dalam penelitian ini adalah data yang berkaitan dengan produksi tambang baik dari segi peralatan maupun sumber daya manusia yang terbatas pada proses penambangan, yaitu:

a) Target Produksi

Target produksi merupakan suatu hal yang diharapkan dicapai oleh perusahaan baik secara kualitas maupun kuantitas [1]. Berdasarkan hasil perencanaan produksi perusahaan menargetkan produksi kuantitatif bijih nikel sebesar 149.934 mt bijih nikel dengan kualitas kadar bijih nikel 2,05% Ni sesuai dengan permintaan pasar.

b) Capaian Produksi

Capaian produksi merupakan hasil akhir yang diperoleh perusahaan setelah melakukan produksi berdasarkan perencanaan dan target yang telah disiapkan. Capaian produksi sebanyak 116.603 mt bijih nikel dengan kualitas kadar 2,05% Ni [2].

c) Jenis Alat

Penggunaan alat pada proses penambangan yang sangat berpengaruh pada produksi adalah penggunaan alat gali muat. Pada proses pengambilan bijih PT.Ifishdeco menggunakan jenis *excavator* Komatsu PC 300 dengan kapasitas *bucket* standar sebesar 2,88 mt dan kapasitas *bucket* aktual 2,4 mt.

d) Waktu Kerja

Waktu kerja merupakan waktu yang ditetapkan untuk melaksanakan pekerjaan berdasarkan target yang telah direncanakan.

e) Waktu Edar

Data waktu edar yang diamati adalah data waktu edar alat gali muat *excavator* Komatsu PC 300.

f) Probabilitas

Data probabilitas diperoleh berdasarkan hasil wawancara dengan pekerja..

2.2. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan di Laboratorium Riset Perencanaan dan Valuasi Tambang. Data



yang telah diperoleh dari perusahaan merupakan data yang berhubungan dengan faktor penyebab penurunan produksi. Berdasarkan data tersebut dilakukan analisis kesalahan lalu dibuat dalam bentuk konstruksi *Fault Tree Analysis*, yaitu:

- a) Menentukan kejadian puncak (*top event*)
Menentukan kejadian puncak (*top event*), yaitu penurunan capaian target produksi. *Top event* merupakan masalah pokok yang dibahas dan diuraikan faktor penyebab dasar terjadinya (*basic event*). Penentuan *top event* berdasarkan data yang telah diperoleh sebelumnya [3], [4].
- b) Membuat gambar konstruksi FTA
Membuat gambar konstruksi FTA berdasarkan kejadian turunan (*top down*) dari kejadian puncak (*top event*) yang telah ditentukan klasifikasi penyebab-penyebab penurunan target produksi (*intermediate event*) dan penyebab dasar (*basic event*). *Top event* penurunan capaian target produksi memiliki empat *top down*, yaitu:
 - Faktor Pengisian (Fp)
Faktor pengisian mangkuk merupakan perbandingan antara kapasitas nyata material yang masuk ke dalam mangkuk dengan kapasitas teoritis dari alat muat tersebut yang dinyatakan dalam persen. Faktor isian mangkuk ini menunjukkan bahwa semakin besar faktor isian maka semakin besar produktivitas alat muat tersebut.
 - Kesiapan Fisik Alat (Ma)
Kesiapan alat adalah penilaian terhadap suatu pelaksanaan pekerjaan atau merupakan perbandingan antara waktu yang dipakai untuk bekerja dengan waktu tersedia yang dinyatakan dalam persen (%).
 - Efisiensi Kerja (Eu)
Efisiensi kerja adalah penilaian terhadap suatu pelaksanaan pekerjaan atau merupakan perbandingan antara waktu yang dipakai untuk bekerja dengan waktu tersedia yang dinyatakan dalam persen (%). Efisiensi kerja ini akan memengaruhi kemampuan alat. Faktor manusia, mesin, cuaca, dan kondisi kerja secara keseluruhan akan menentukan besarnya efisiensi kerja.

- *Cycle Time (Ct)*

Cycle time (waktu edar) merupakan waktu yang digunakan oleh alat mekanis untuk melakukan satu siklus kegiatan. Lamanya waktu edar dari alat-alat mekanis akan berbeda antara material yang satu dengan yang lainnya. Hal ini tergantung dari jenis alat dan jenis serta sifat dari material yang ditangani. Waktu edar alat muat merupakan penjumlahan dari waktu menggali, waktu ayunan bermuatan, waktu menumpahkan material, dan waktu ayunan kosong.

- c) Pembagian FTA *Top Down*

FTA *top down* terbagi ke dalam dua bagian pokok, yaitu akibat dari *equipment error* dan *human error*. Kesalahan yang diakibatkan oleh peralatan disebut *equipment error*, sedangkan kesalahan akibat kelalaian manusia disebut *human error*. Faktor-faktor yang memengaruhi penurunan produktivitas kemudian diuraikan hingga kejadian dasar (*basic event*).

- d) Melakukan Substitusi Aljabar Boolean

Setelah kesalahan diuraikan, tahapan selanjutnya adalah melakukan substitusi Aljabar Boolean. Persamaan logika *top down* dari *Fault Tree Analysis* disubstitusi ke dalam aljabar Boolean hingga diperoleh *minimal cut set*. *Minimal cut set* merupakan persamaan akhir yang merincikan *top down*. Pada tahap ini *Fault Tree Analysis* yang telah dibentuk akan diubah ke dalam bentuk persamaan dengan ketentuan:

- OR *gate* menjadi tanda kali (x)
- AND *gate* menjadi tanda tambah (+)

Tahapan akhir adalah menentukan nilai numerik probabilitas setiap kesalahan dan nilai probabilitas *top down* berdasarkan *minimal cut set*. Data probabilitas yang diperoleh merupakan estimasi nilai berdasarkan pengalaman kerja karyawan di lapangan dengan menggunakan pendekatan klasik dan subjektif. Nilai probabilitas setiap kesalahan berkisar antara 0-1. Nilai 0 berarti tidak mungkin terjadi, sedangkan nilai 1 berarti selalu terjadi pada setiap kesalahan. Nilai probabilitas tertinggi merupakan faktor utama penyebab terjadinya penurunan produksi [3], [4].



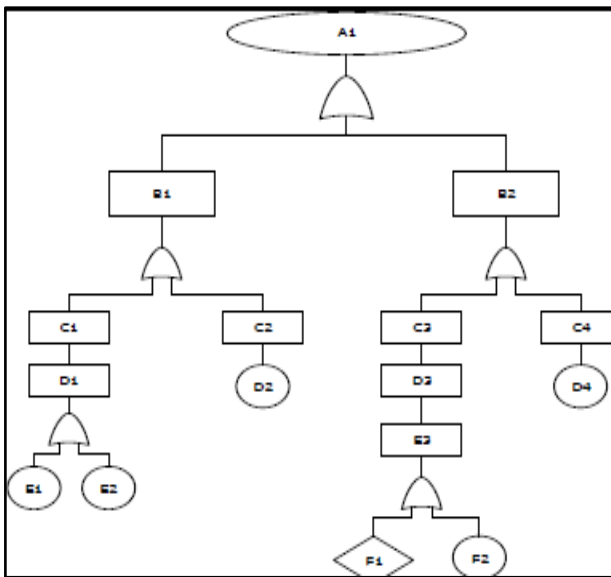
3. Hasil Penelitian

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui kejadian potensial yang menyebabkan kegagalan dari suatu sistem dan probabilitas kejadian tersebut dapat ditentukan dengan *Fault Tree Analysis*. Kejadian potensial atau yang menjadi *top event* pada analisis ini adalah penurunan produksi bijih nikel perusahaan. Terdapat empat *top down* dari *top event* penurunan capaian target produksi bijih nikel, yaitu:

- a) Faktor pengisian alat gali muat (Fp)
- b) Faktor kesiapan fisik alat gali muat (Ma)
- c) Efektivitas kerja alat gali muat (Eu)
- d) Waktu edar alat gali muat (Ct)

3.1. Faktor Pengisian Alat Gali Muat (Fp)

Faktor pengisian ditentukan dengan membandingkan kapasitas *bucket* standar perusahaan dengan kapasitas *bucket* aktual di lapangan. Kapasitas *bucket* aktual sebesar 2,4 mt sedangkan kapasitas *bucket* standar adalah 2,88 mt. Faktor pengisian alat gali muat Komatsu PC 300 yang diperoleh adalah 83,33%. *Fault Tree Analysis* dari faktor pengisian alat gali muat dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Fault tree analysis* faktor pengisian alat gali muat komatsu PC 300

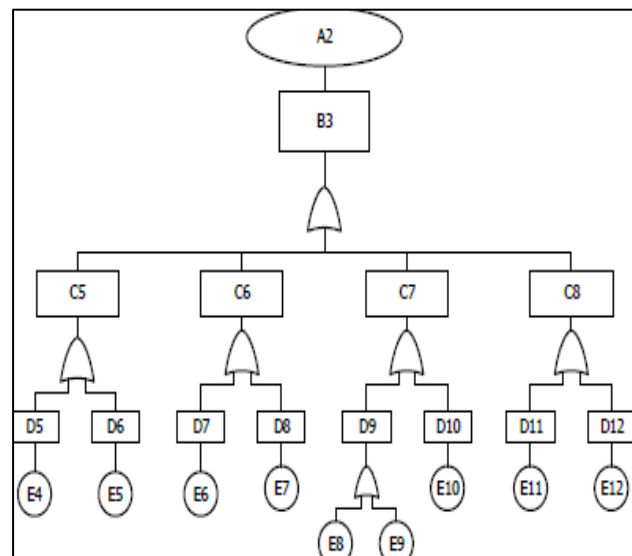
Nilai probabilitas dari *basic event* faktor pengisian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Probabilitas *basic event* faktor pengisian alat gali muat

Simbol	Deskripsi	Probabilitas
E1	Material keras susah digali	0,003
E2	Umur pakai alat tua	1
D2	Operator <i>digging</i> tidak maksimal	0,001
F1	Hujan	0,038
F2	Kelembaban material	0,01
D4	Operator <i>loading</i> tidak maksimal	0,001

3.2. Kesiapan Fisik Alat Gali Muat (Ma)

Kesiapan fisik alat (Ma) merupakan kondisi alat saat berada di lapangan. Parameter ini digunakan untuk mengetahui kondisi mekanis yang sesungguhnya dari alat yang sedang dipergunakan dengan memperhitungkan kehilangan waktu yang digunakan untuk perbaikan mesin, perawatan, dan al as mekanis lainnya. Semakin banyak waktu yang dibutuhkan alat untuk perawatan dan perbaikan maka kesiapan fisiknya semakin rendah. Nilai kesiapan fisik alat gali muat Komatsu PC 300 adalah 81,6%. *Fault Tree Analysis* dari kesiapan fisik alat dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. *Fault tree analysis* kesiapan fisik alat gali muat komatsu PC 300

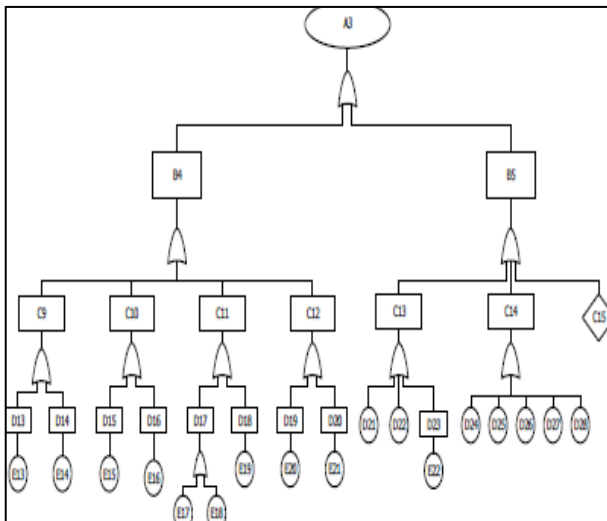
Nilai probabilitas dari *basic event* kesiapan fisik alat yang kurang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Probabilitas *basic event* kesiapan fisik alat gali muat

Simbol	Deskripsi	Probabilitas
E4	Umur pakai alat kesalahan	1
E5	Pemakaian alat (tidak sesuai Prosedur)	0,01
F6	Alat rusak pada bagian tak biasa	0,01
F7	Tidak ada persiapan suku cadang	0,05
F8	Ukuran unit besar pada lahan sempit	0,150
F9	Bagian unit yang rumit susah dibersihkan	0,01
F10	Penjadwalan perawatan tidak teratur	1
F11	Kualitas alat buruk Otomotif lamban	1
F12	(kurang terampil) saat perbaikan	0,02

3.3. Efektivitas Kerja Alat Gali Muat (Eu)

Efektivitas kerja adalah penilaian terhadap pelaksanaan suatu pekerjaan atau merupakan perbandingan antara waktu yang dipakai untuk bekerja dengan waktu yang tersedia. Jadi nilai efektivitas kerja Komatsu PC 300 adalah 63,45%. *Fault Tree Analysis* dari efektivitas kerja dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Fault tree analysis* efektifitas kerja alat gali muat komatsu PC 300

Nilai probabilitas dari *basic event* efektivitas kerja alat yang kurang dapat dilihat pada Tabel 3.

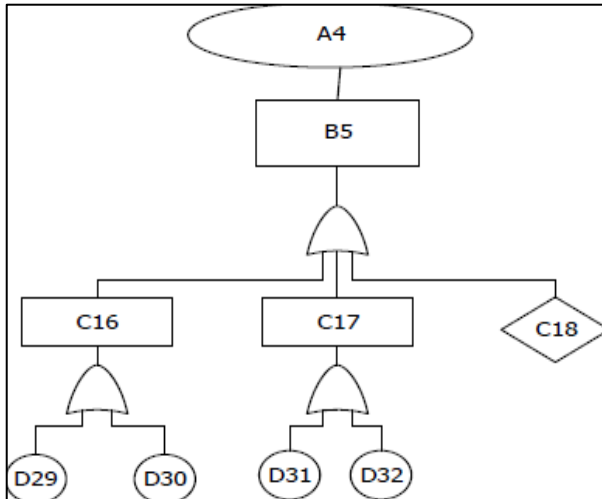
Tabel 3. Probabilitas *basic event* efektivitas kerja alat gali muat

Simbol	Deskripsi	Probabilitas
E13	Umur pakai alat kesalahan	1
E14	Pemakaian alat (tidak sesuai Prosedur)	0,01
F15	Alat rusak pada bagian tak biasa	0,01
F16	Tidak ada persiapan suku cadang	0,05
F17	Ukuran unit besar pada lahan sempit	0,150
F18	Bagian unit yang rumit susah dibersihkan	0,01
F19	Penjadwalan perawatan tidak teratur	1
F20	Kualitas alat buruk Otomotif lamban	1
F21	(kurang terampil) saat perbaikan	0,02
D21	Alat tidak mampu membenahi lokasi	0,03
D22	Alat lamban bergerak, oli tidak bagus/oli kurang	0,03
D25	Operator cepat pulang	0,001
D26	Antri pengisian BBM	0,776
D27	Lokasi kerja belum siap	0,01
D28	Tidak ada operator	0,001

3.4. Waktu Edar Alat Gali Muat (Ct)

Waktu edar adalah waktu yang diperlukan oleh suatu alat untuk melakukan satu siklus kegiatan produksi dari awal sampai akhir dan siap untuk memulai lagi. Pada setiap kegiatan pemindahan tanah mekanis, ala-alat mekanis bekerja menurut pola tertentu yang pada prinsipnya terdiri dari beberapa komponen waktu. Jadi waktu edar alat gali muat Komatsu PC 300 adalah 0,3 menit. *Fault tree analysis* dari peningkatan waktu edar dapat dilihat pada Gambar 4.





Gambar 4. Fault tree analysis waktu edar alat gali muat komatsu PC 300

Nilai probabilitas dari *basic event* waktu edar yang tinggi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Probabilitas *basic event* waktu edar alat gali muat

Simbol	Deskripsi	Probabilitas
C18	Gangguan dari luar (tamu/demo)	0,00001
D29	Alat gali muat lamban bergerak	0,001
D30	Lahan sempit	0,333
D31	Operator kurang profesional/digantikan helper	1,66
E25	Keadaan kadar di lapangan tidak merata	1

Top event penurunan capaian target produksi memiliki empat *top down*, yaitu faktor pengisian, kesiapan fisik alat, efektivitas kerja, dan waktu edar alat gali dan muat. Faktor pengisian alat gali muat bernilai 83,3%, kesiapan fisik alat gali muat bernilai 81,6%. efektivitas kerja alat gali muat berada pada angka 63,45% dan waktu edar alat gali muat Komatsu PC 300 adalah 0,3 menit. Probabilitas *top down* masing-masing bernilai 1. Berdasarkan nilai probabilitas *basic event* tertinggi yang bernilai 1, maka faktor utama

penyebab penurunan capaian produksi adalah faktor umur pakai alat tua, penjadwalan perawatan tidak teratur, kualitas alat buruk, dan proses *selective mining*.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian penurunan produksi bijih nikel menggunakan metode *Fault Tree Analysis* adalah:

- Top down* faktor pengisian (Fp), kesiapan fisik alat (Ma), efektivitas kerja (Eu), dan waktu edar (Ct) memiliki total nilai probabilitas sebesar 1 yang berarti keempat *top down* tersebut memiliki pengaruh sangat besar terhadap penurunan capaian target produksi bijih nikel.
- Faktor utama penyebab penurunan capaian target produksi bijih nikel adalah faktor dengan nilai probabilitas *basic event* tertinggi yang bernilai 1, yaitu faktor umur pakai alat tua, penjadwalan perawatan tidak teratur, kualitas alat buruk, dan *selective mining* karena keadaan kadar di lapangan tidak merata.

Ucapan Terima Kasih

Tim penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Ifishdeco atas kesempatan untuk melakukan penelitian di perusahaan.

Referensi

- [1] H. Cameron, *Financial Reporting in The Mining Industry*. Melbourne: Price Water House Coopers, 2007.
- [2] Divisi Produksi PT. Ifishdeco, “Resume Laporan Produksi,” Konawe Selatan, 2016.
- [3] Baig, “Reliability Analysis Using Fault Tree Analysis,” *Int. J. Chem. Eng. Appl.*, vol. 4, pp. 169–173, 2013.
- [4] B. S. Dillon, *Mining Equipment Reliability, Maintainability, and Safety*. Springer-Verlag London Limited, 2008.

