

p-ISSN 2657-2451
e-ISSN 2723-6064



IMEJ

Indonesian Mining and Energy Journal

Vol. 5 No. 2 November 2022

Program Studi Teknik Pertambangan
Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi
Universitas Trisakti

imej

Vol.5

No.2

Hal.60-112

Jakarta,
November 2022

p-ISSN
2657-2451

Editorial Team

Editor in Chief

- Dr. Edy Jamal Tuheteru, ST., MT., Prodi Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Kebumian dan Energi Universitas Trisakti

Editors

- Mixsindo Korra Herdyanti, ST, MT, Prodi Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Kebumian dan Energi Universitas Trisakti
- Ririn Yulianti, ST, MT, Prodi Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Kebumian dan Energi Universitas Trisakti

Copy Editors

- Christin Palit, ST, MT, Prodi Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Kebumian dan Energi Universitas Trisakti
- Fadiah SSi, MT, Prodi Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Kebumian dan Energi Universitas Trisakti
- Riskavania, SPd, MSi, Prodi Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Kebumian dan Energi Universitas Trisakti

Layout Editors

- Yuga Maulana, ST, MT, Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Kebumian dan Energi, Universitas Trisakti
- Danu Putra, ST, MT, Prodi Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Kebumian dan Energi Universitas Trisakti

Reviewer

- Dra. Suliestyah, Msi, Prodi Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Kebumian dan Energi Universitas Trisakti
- Dr. Masagus Ahmad Azizi, ST, MT, Prodi Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Kebumian dan Energi Universitas Trisakti
- Dr. Irfan Marwanza, ST, MT, Prodi Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Kebumian dan Energi Universitas Trisakti
- Dr. Pantjanita Novi Hartami, ST, MT, Prodi Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Kebumian dan Energi Universitas Trisakti

Visitors



(<http://s11.flagcounter.com/more/INW>)

[Click here to Submit](#)

(/imej/about/submissions#onlineSubmissions)



(https://drive.google.com/file/d/1KINHfPIFv_Nvnoempe5RiBjgt4qPtFKZ/view)

1. Author Guideline
(/imej/about/submissions#authorGuidelines)

2. Focus and Scope
(/imej/about/editorialPolicies#focusAndScope)

3. Publication Ethics
(/imej/about/editorialPolicies#custom-3)

4. Editorial Team
(/imej/about/editorialTeam)

5. Reviewer
(/imej/about/editorialTeam#Reviewer)

6. Plagiarism Check
(/imej/about/editorialPolicies#custom-1)

7. Copyright Notice
(/imej/about/submissions#copyrightNotice)

8. Unique Visits
(https://statcounter.com/p12344272/summary/?account_id=6956411&login_id=1&code=5c3159a3bc57367d6cfab7aa059ead4b&guest_loj)

9. Mailing Address
(/imej/about/contact)

STATISTICS

View My Stats
(<https://statcounter.com/p12344272/?guest=1>)

Indonesian Mining and Energy Journal Indexed by:



(<https://scholar.google.com/citations?user=Z52MxUoAAAAJ>)



(<https://garuda.kemdikbud.go.id/journal/view/27601>)



(<https://portal.issn.org/resource/ISSN-L/2657-2451>)



(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

Platform &
workflow by
OJS / PKP

(<https://e-journal.trisakti.ac.id/index.php/imej/about/aboutThisPublishingSyst>)

Aplikasi *Spreadsheet* pada Penjadwalan Penambangan : Studi Kasus Penjadwalan Tambang Batugamping

Spreadsheet Application in Mine Scheduling : Limestone Mine Scheduling Case Study

Danu Putra¹, Hermanto Saliman¹, Ibnu Hendratmoko¹, Pantjanita Novi Hartami¹, Edy Jamal
Tuheteru¹, Rhyhcef Subarmaga²

¹ Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi, Universitas Trisakti, Jalan Kyai
Tapa No. 1, Tomang, Grogol Petamburan, Jakarta Barat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta, 11440

² PT Jati Bumi, Bandung

*E-mail untuk korespondensi (*corresponding author*): danu.putra@trisakti.ac.id

ABSTRAK – Aplikasi pemanfaatan perangkat lunak penambangan pada kegiatan penjadwalan banyak digunakan pada industri penambangan saat ini dikarenakan kemudahan dan kecepatan proses pengerjaannya. Penjadwalan tambang yang umumnya memakan waktu lama dapat diselesaikan dengan cepat dengan penggunaan software penambangan. Walaupun demikian, software ini memiliki harga yang mahal dan umumnya menjadi tantangan pada tambang dengan skala menengah hingga kecil. Tantangan ini menyebabkan kurangnya ketersediaan alat pemecahan masalah terutama pada studi kasus penjadwalan tambang. Penelitian ini berusaha menunjukkan kemudahan penggunaan *spreadsheet* sebagai sarana penjadwalan penambangan pada sebuah studi kasus penambangan batugamping dengan luas area 50 hektar. PT X memiliki cadangan gamping sebesar 105.773.000 ton dengan proyeksi umur tambang selama 10 tahun. Pada penelitian ini, target produksi dihitung sebesar sesuai rencana umur tambang. Skema blok penambangan berdasarkan penampang penambangan kemudian diaplikasikan pada *spreadsheet* untuk menyelesaikan problem penjadwalan penambangan. Blok tertambang pada *spreadsheet* kemudian digunakan sebagai acuan pembuatan desain penambangan pada software gambar teknik. Hasil penelitian ini menunjukkan *spreadsheet* dapat digunakan sebagai pengganti software penambangan dalam penjadwalan tambang dengan indikator ketercapaian penjadwalan sederhana seperti target volume atau tonnage material.

Kata kunci: batugamping, penjadwalan, tambang terbuka, kuari

ABSTRACT – Applications for utilizing mining software in scheduling activities are widely used in industrial mining today due to the ease and speed of the processing. The mine scheduling process which generally takes a long time can be completed quickly using mining software. However, this software is expensive and generally becomes a challenge for medium to small scale mines. This challenge causes a lack of availability of troubleshooting tools, especially in the mine scheduling case study. This study attempts to demonstrate the ease of using *spreadsheet* as a means of scheduling mining in a case study of limestone mining with an area of 50 hectares. PT X has limestone reserves of ... tons with a projected mine life of ... years. In this study, the production target is calculated based on the mine life projection. The mining block schema based on the mining cross-section is then applied to a *spreadsheet* to solve the mining scheduling problem. Mined blocks in the *spreadsheet* are then used as a reference for making mining designs in technical drawing software. The results of this study indicate that *spreadsheets* can be used as an alternative to software mining in mine scheduling with simple scheduling achievement indicators such as volume targets or material tonnage.

Keywords: limestone, scheduling, open pit, quarry

PENDAHULUAN

PT X merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan dengan komoditas utama bahan galian industri. Pada lokasi baru ini terdapat bahan galian industri berupa batugamping dengan morfologi topografi berbukit dengan lembah pada sisi utara dan selatan. Oleh karena itu, sistem penambangan yang akan digunakan pada lokasi ini adalah metode kuari dengan kombinasi 2 tipe penambangan, yaitu *side hill type* dan *pit type* yang umum digunakan pada penambangan dengan komoditas bahan galian industri (Csöke et al., 1996; Davis & Edmonds, 2011; Gunn & Bailey, 1993). Penambangan akan diawali dengan *side hill type* dan dilaksanakan konsep penggalan dari elevasi tertinggi hingga elevasi dibawahnya sementara *pit* akan terbentuk dikarenakan penggalan akan menyisakan bentuk bukaan pada akhir penambangan.

Penjadwalan penambangan merupakan tahapan selanjutnya apabila pit limit sudah didapatkan melalui proses optimasi. Pada tahap penjadwalan tambang, *pit limit* akan dibagi dalam blok 3D yang lebih kecil dengan mempertimbangkan aspek teknis dan kemajuan penambangan. Setiap blok penambangan akan memiliki atribut / nilai yang dibutuhkan (seperti volume, tonase, kadar, nilai uang, dan lain lain) perencana tambang sebagai indikator pemilihan blok pada tahap ini (Arteaga, 2014; Chatterjee et al., 2016; Fathollahzadeh et al., 2021; Nancel-Penard et al., 2022; Vu et al., 2021). Kompleksitas dari hubungan antar atribut beserta batasan yang digunakan pada penjadwalan tambang menyebabkan proses ini memakan waktu lama. Tantangan ini diselesaikan dengan tersedianya modul otomatisasi pada software penambangan komersial seperti Micromine (2022), Minescape (2022), Datamine (2022) dan lain-lain. Cara lain adalah dengan menciptakan algoritma penyelesaian problem ini pada bahasa pemrograman seperti C++, Python, Matlab .

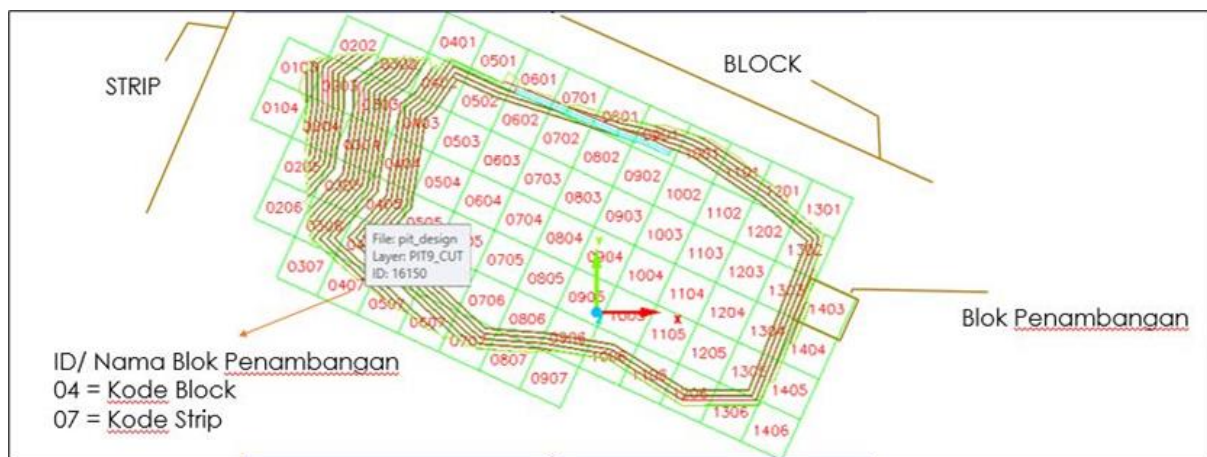
Penjadwalan penambangan menggunakan *software* penambangan memiliki kelebihan pada kemudahan dan kecepatan dikarenakan adanya modul yang tersedia khusus untuk menyelesaikan proses tersebut. Pada beberapa software, penjadwalan juga dapat dilakukan secara otomatisasi dengan mempertimbangkan berbagai parameter dan batasan yang dimasukkan oleh user (Whittle et al., 2018). Walaupun demikian, kemudahan tersebut sejalan dengan biaya yang harus dikeluarkan untuk menggunakan *software* tersebut. Opsi lain yang dapat digunakan adalah menerapkan bahasa pemrograman. Cara ini umumnya digunakan pada tahap pengembangan dan diterapkan pada studi kasus yang spesifik (Buelga Díaz et al., 2021; Choi et al., 2022; Liu & Pourrahimian, 2021; Nancel-Penard et al., 2022; Nancel-penard & Morales, 2021; Sattarvand, 2009; Tian et al., 2021; Tolouei et al., 2021; Vu et al., 2021). Walaupun cara ini cenderung fleksibel, namun keterampilan penggunaan bahasa pemrograman merupakan persyaratan yang kebanyakan tidak dimiliki semua orang khususnya pada bidang pertambangan.

Penelitian ini berusaha memberikan solusi sederhana dalam penjadwalan penambangan dengan mengaplikasikan salah satu media yang umum digunakan berupa *spreadsheet*. Informasi pada blok penambangan berupa tonase dan volume disampaikan berupa penampang pada *spreadsheet* untuk kemudian dilakukan penjadwalan secara *trial and error*. Atribut pada blok model diintegrasikan dengan beberapa formula sehingga nilai tonase dan volume dapat tersampaikan secara *real time* saat proses penjadwalan dilakukan. Hasil penjadwalan berupa blok tertambang dan koordinat lantai pada blok terendah dijadikan dasar untuk pelaksanaan desain kemajuan selanjutnya.

METODE

Blok Penambangan

Blok penambangan digunakan untuk membagi perhitungan cadangan menjadi satuan yang lebih kecil sehingga mudah digunakan dalam perencanaan tambang tahap scheduling. Blok penambangan memiliki dimensi yang sama satu sama lain, namun memiliki nama yang berbeda. Mengacu pada metoda yang digunakan untuk pembuatan blok penambangan pada minescape maka 2 karakter pertama mengindikasikan kode block sedangkan 2 karakter terakhir mengindikasikan karakter strip. Block merupakan kolom paralel pada blok penambangan yang searah dengan dip bahan galian. Pada penelitian ini block memiliki arah timur laut - barat daya. Sedangkan strip merupakan kolom tegak lurus *block* dengan arah barat laut – tenggara. Jarak paralel antara garis – garis *block* dan *strip* menentukan dimensi dari blok penambangan. Ilustrasi blok penambangan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Blok Penambangan

Cadangan Batugamping

Batas penambangan dibuat berdasarkan beberapa parameter, yaitu : *buffer zone*, model 3-dimensi batugamping, dan elevasi lantai tambang. Pembuatan batas *pit* dilakukan dengan memanfaatkan fitur 3-dimensi. Model 3-dimensi diiris pada elevasi lantai tambang. Hasil irisan tersebut berupa garis tertutup yang memiliki luas (poligon). Poligon ini kemudian diproyeksikan menggunakan fungsi *project* menuju topografi dengan sudut miring *overall slope*. Hasil proyeksi merupakan poligon yang mengikuti kontur topografi. Poligon ini akan dijadikan acuan batasan perhitungan cadangan.

Nilai cadangan merupakan data masukan yang didapatkan dengan dasar metode *surface to surface*. Perhitungan dengan metode ini memerlukan model 3-dimensi dari batasan-batasan volume yang ingin dihitung. Volume serta tonnase dalam perhitungan ini sudah terbagi sesuai dengan blok penambangan yang telah ditetapkan sebelumnya. Tabel asli dari minescape diolah dengan menggunakan fitur pivot table pada excel menjadi bentuk yang dibutuhkan. Pada perhitungan cadangan ini, tabel asli minescape di-pivot kan sehingga terbentuk kolom utama yaitu: blockname, volume soil, volume tuff, volume limestone (batugamping), dan tonnase limestone (batugamping). Hal ini untuk mempermudah klasifikasi nilai volume pada setiap bagian geologi berdasarkan blok penambangan yang ada.

Verifikasi dilakukan terhadap nilai – nilai ini berdasarkan pada letak blok penambangan. Verifikasi diperlukan untuk mengecek keabsahan perhitungan minescape. Pengisian parameter yang salah sering menyebabkan perhitungan menjadi tidak relevan dan menyebabkan tahap yang selanjutnya

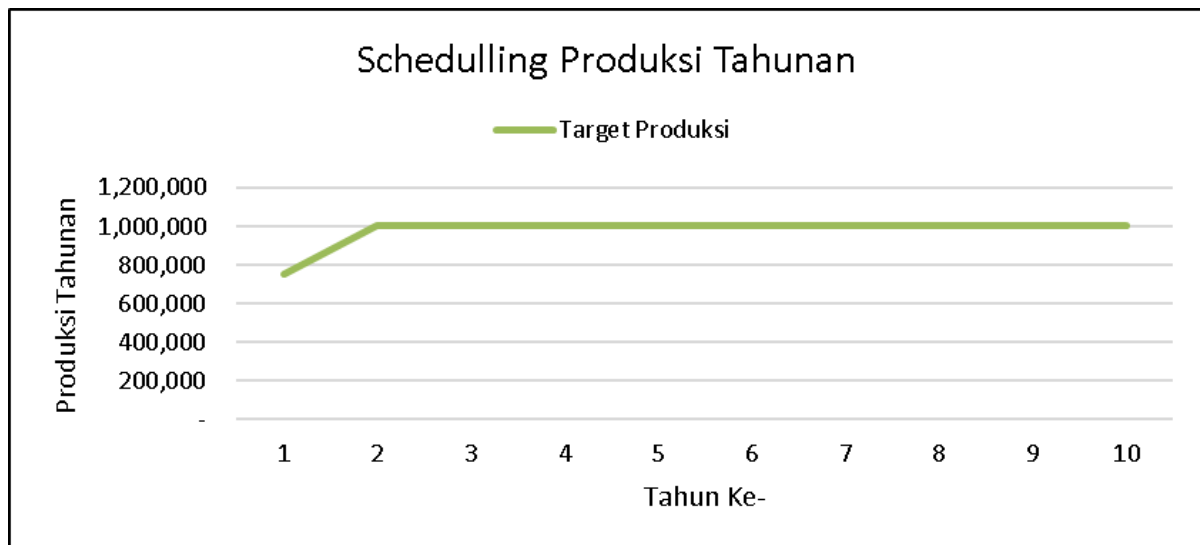
juga salah. Tabel yang sudah terverifikasi dapat digunakan dalam laporan atau tahap selanjutnya dalam perencanaan tambang. Volume dan tonnase material pada setiap blok ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Perhitungan Cadangan per Blok Penambangan

Blockname	Volume Soil (000 BCM)	Volume Tuff (000 BCM)	Volume Limestone (000 BCM)	Tonnase Limestone (000 TON)
1001	24	278	116	309
1002	30	138	863	2.303
1003	29	2	1.070	2.857
1004	30	0	843	2.251
1005	28	23	534	1.425
1006	14	145	46	123
1101	18	255	45	120
1102	30	126	729	1.946
TOTAL	155	967	4.246	11.334

Target Produksi Batugamping

Penambangan batugamping dilakukan dari elevasi tertinggi menuju elevasi yang lebih rendah. Untuk pembagian *pushback* penambangan, penelitian ini mengasumsikan penambangan dilaksanakan selama 10 tahun dimulai dari elevasi tertinggi pada daerah barat laut hingga *pushback* terakhir pada wilayah tenggara. Penentuan *pushback* ini terkait dengan umur proyek. Dengan total cadangan 105.773.00 ton maka direncanakan penambangan akan berakhir pada tahun ke-105 dengan tingkat produksi per tahun sebesar 1.000.000 ton. Oleh karena itu, penentuan *pushback* ditetapkan pada elevasi tertinggi di wilayah barat laut untuk pentahapan penambangan yang baik dan efisien. Karena keterbatasan umur IUP berdasarkan aturan yang berlaku di Indonesia maka pada penelitian ini penambangan akan difokuskan pada *pushback* 1, yaitu 10 tahun pertama proyek ini berjalan.



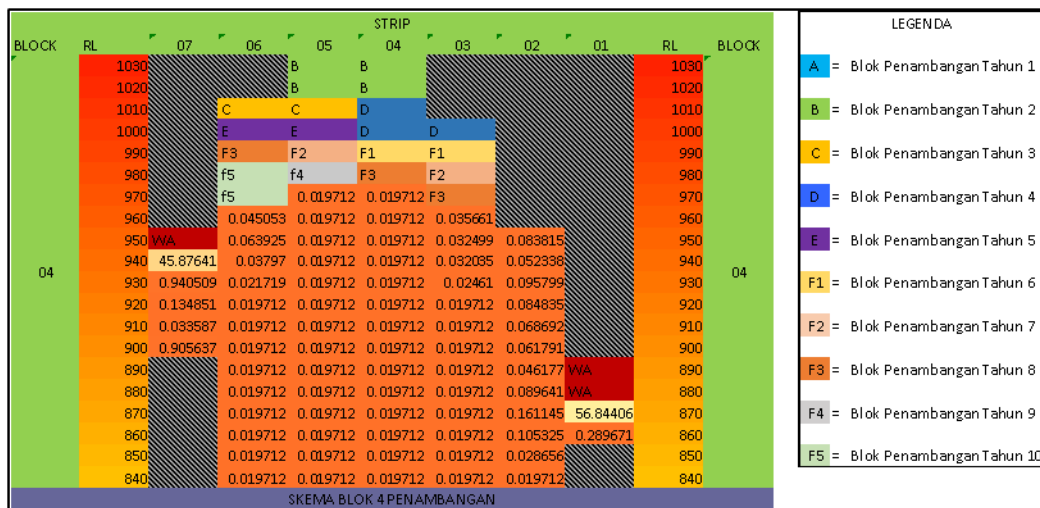
Gambar 2 Target Produksi Batugamping

HASIL DAN PEMBAHASAN

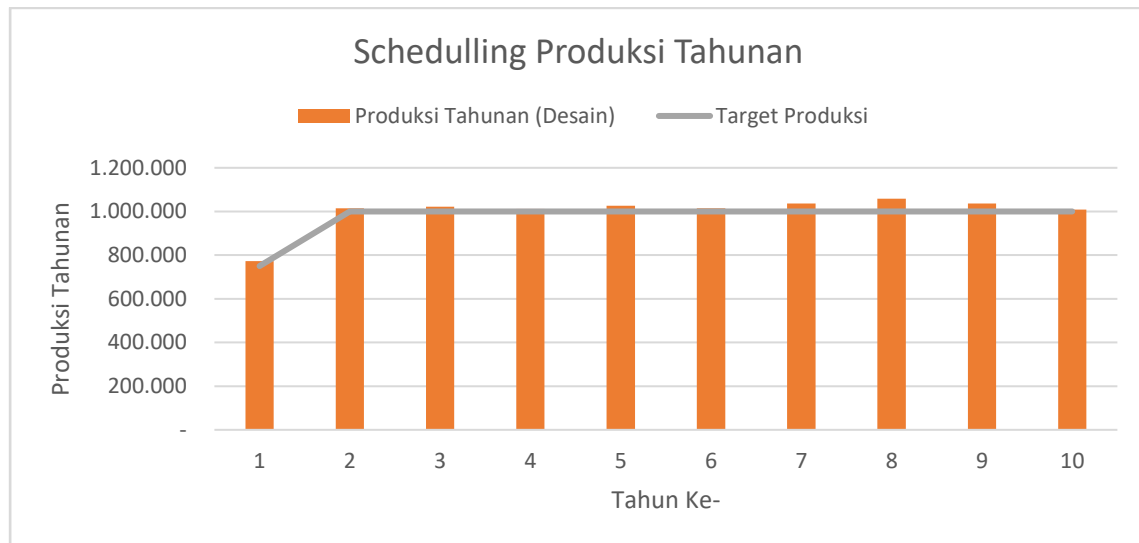
Kemajuan Blok Penambangan dan Ketercapaian Produksi

Pada pembuatan penampang berdasarkan blok penambangan, penampang digambarkan sebagai garis sejajar blok penambangan. Kolom RL mengindikasikan elevasi lokasi blok penambangan. Selanjutnya, blok penambangan yang terpilih setiap tahunnya digambarkan sebagai kode huruf dimulai dari A hingga huruf F5. Angka pada *cell* mengindikasikan salah satu atribut dalam blok penambangan yang pada penelitian ini berupa angka volume batuan dalam blok penambangan terkait. Ilustrasi penjadwalan menggunakan *spreadsheet* ini ditunjukkan Gambar 3.

Grafik perbandingan antara target produksi dengan volume material tertambang hasil penjadwalan digunakan sebagai dasar ketercapaian produksi pada masing-masing periode penambangan. Skema *material balance* digunakan apabila ketercapaian produksi tidak dapat memenuhi jumlah yang sama dengan target terencana. seperti terlihat pada tahun ke-6 dan ke-8 penambangan di Gambar 4.



Gambar 3 Ilustrasi Penjadwalan Penambangan pada Spreadsheet

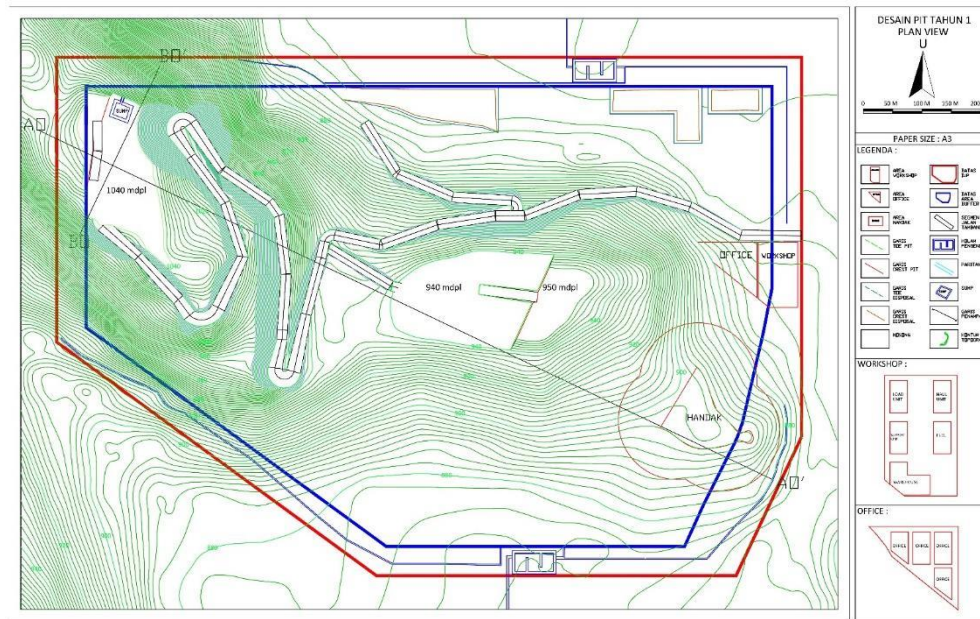


Gambar 4 Target Produksi vs Aktual Penjadwalan

Desain Kemajuan Tambang

Hasil skema penambangan yang telah ditetapkan kemudian dirubah menjadi bentuk desain kemajuan tambang. Koordinat dari blok penambangan digunakan sebagai titik acuan dalam pembuatan desain kemajuan tambang di minescape. Parameter-parameter penambangan secara teknis diterapkan sehingga desain setiap tahun memenuhi syarat teknis dan aman. Selain itu, luas bukaan tambang ditentukan tidak jauh berbeda dengan skema hasil penambangan.

Dalam pembuatan desain kemajuan tambang, jalan akses antara elevasi yang berbeda harus diperhatikan. Jalan akses yang terbentuk harus memiliki kemiringan yang masih memenuhi rekomendasi kemiringan jalan sehingga kegiatan hauling akan tetap berjalan lancar. Area kerja yang cukup juga merupakan salah satu pertimbangan sehingga kegiatan pemberaian dan pemuatan berjalan dengan baik. Contoh ilustrasi desain kemajuan penambangan dapat dilihat di Gambar 5.



Gambar 5 Contoh Desain Kemajuan Penambangan

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian ini, dapat ditarik kesimpulan, bahwa:

1. Metode penampang dapat diterapkan untuk merepresentasikan blok penambangan pada kondisi sebenarnya.
2. Jarak penampang yang digunakan sebagai media penjadwalan pada spreadsheet harus mewakili jarak sebenarnya dari blok penambangan. Pada penelitian ini, jarak antar penampang sejauh 50 meter dapat mewakili blok penambangan yang berdimensi 50x50 meter.
3. Penjadwalan tambang dengan menggunakan spreadsheet dapat dilakukan apabila indikator yang digunakan sebagai ketercapaian penjadwalan adalah volume dan tonase material

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih Prodi Teknik Pertambangan sebagai fasilitator dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arteaga, F. (2014). *The Mining Rate in Open Pit Mine Plannin*. University of Queensland.
- Buelga Díaz, A., Diego Álvarez, I., Castañón Fernández, C., Krzemień, A., & Iglesias Rodríguez, F. J. (2021). Calculating ultimate pit limits and determining pushbacks in open-pit mining projects. *Resources Policy*, 72(March). <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102058>
- Chatterjee, S., Sethi, M. R., & Asad, M. W. A. (2016). Production phase and ultimate pit limit design under commodity price uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 248(2), 658–667. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.07.012>

- Choi, Y., Nguyen, H., Bui, X.-N., & Nguyen-Thoi, T. (2022). Optimization of haulage-truck system performance for ore production in open-pit mines using big data and machine learning-based methods. *Resources Policy*, 75, 102522. <https://doi.org/10.1016/J.RESOURPOL.2021.102522>
- Csöke, B., Pethö, S., Földesi, J., & Mészáros, L. (1996). Optimization of stone-quarry technologies. *International Journal of Mineral Processing*, 44–45(SPEC. ISS.), 447–459. [https://doi.org/10.1016/0301-7516\(95\)00051-8](https://doi.org/10.1016/0301-7516(95)00051-8)
- Datamine. (2022). *Datamine Software*.
- Davis, Vin., & Edmonds, M. R. (Mark R.). (2011). Stone Axe Studies III. *Stone Axe Studies III*, 1–448.
- Fathollahzadeh, K., Mardaneh, E., Cigla, M., Waqar, M., & Asad, A. (2021). A mathematical model for open pit mine production scheduling with Grade Engineering Ò and stockpiling. *International Journal of Mining Science and Technology*, xxxx. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2021.03.011>
- Gunn, J., & Bailey, D. (1993). Limestone quarrying and quarry reclamation in Britain. *Environmental Geology* 1993 21:3, 21(3), 167–172. <https://doi.org/10.1007/BF00775301>
- Liu, D., & Pourrahimian, Y. (2021). A Framework for Open-Pit Mine Production Scheduling under Semi-Mobile In-Pit Crushing and Conveying Systems with the High-Angle Conveyor. *Mining*, 1(1), 59–79. <https://doi.org/10.3390/mining1010005>
- Micromine. (2022). *Micromine Software*.
- Nancel-penard, P., & Morales, N. (2021). *Optimizing pushback design considering minimum mining width for open pit strategic planning*. 0–1.
- Nancel-Penard, P., Morales, N., & Cornillier, F. (2022). A recursive time aggregation-disaggregation heuristic for the multidimensional and multiperiod precedence-constrained knapsack problem: an application to the open-pit mine block sequencing problem. *European Journal of Operational Research*. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.04.005>
- Sattarvand, J. (2009). *Long-term Open pit Planning by Ant Colony Optimization*. 125. <http://publications.rwth-aachen.de/record/62878/files/3906.pdf>
- Tian, F., Sun, X., Gu, X., & Chen, Y. (2021). *A Prediction-Based Truck Scheduling Method for Open-Pit Mines and Its Numerical Study* *A Prediction-Based Truck Scheduling Method for Open-Pit Mines and Its Numerical Study*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/692/4/042114>
- Tolouei, K., Moosavi, E., & Gholinejad, M. (2021). An effective MIP model based on grey wolf optimizer for lot-sizing LTPSOP in open-pit mines under uncertainty. *Arabian Journal of Geosciences* 2021 14:17, 14(17), 1–17. <https://doi.org/10.1007/S12517-021-07636-9>
- Vu, T., Bao, T., Drebenstedt, C., Pham, H., Nguyen, H., & Nguyen, D. (2021). Optimisation of long-term quarry production scheduling under geological uncertainty to supply raw materials to a cement plant. *Mining Technology*, 0(0), 1–13. <https://doi.org/10.1080/25726668.2021.1894398>
- Whittle, D., Whittle, J., Wharton, C., & Hall, G. (2018). *Strategic Mine Planning : 8 th Edition* (Issue January 2005).

Aplikasi Spreadsheet pada Penjadwalan Penambangan : Studi Kasus Penjadwalan Tambang Batugamping

by Edy Jamal Tuheteru

Submission date: 31-Jan-2023 03:18PM (UTC+0700)

Submission ID: 2003211522

File name: 2022_-_IMEJ_-_Aplikasi_Spreedshet.pdf (562.87K)

Word count: 2677

Character count: 16358

Aplikasi *Spreadsheet* pada Penjadwalan Penambangan : Studi Kasus Penjadwalan Tambang Batugamping

Spreadsheet Application in Mine Scheduling : Limestone Mine Scheduling Case Study

Danu Putra¹, Hermanto Saliman¹, Ibnu Hendratmoko¹, Pantjanita Novi Hartami¹, Edy Jamal
Tuheteru¹, Ryhcef Subarmaga²

¹ Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Kebumihan dan Energi, Universitas Trisakti, Jalan Kyai
Tapa No. 1, Tomang, Grogol Petamburan, Jakarta Barat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta, 11440

² PT Jati Bumi, Bandung

*E-mail untuk korespondensi (*corresponding author*): danu.putra@trisakti.ac.id

ABSTRAK – Aplikasi pemanfaatan perangkat lunak penambangan pada kegiatan penjadwalan banyak digunakan pada industri penambangan saat ini dikarenakan kemudahan dan kecepatan proses pengerjaannya. Penjadwalan tambang yang umumnya memakan waktu lama dapat diselesaikan dengan cepat dengan penggunaan software penambangan. Walaupun demikian, software ini memiliki harga yang mahal dan umumnya menjadi tantangan pada tambang dengan skala menengah hingga kecil. Tantangan ini menyebabkan kurangnya ketersediaan alat pemecahan masalah terutama pada studi kasus penjadwalan tambang. Penelitian ini berusaha menunjukkan kemudahan penggunaan *spreadsheet* sebagai sarana penjadwalan penambangan pada sebuah studi kasus penambangan batugamping dengan luas area 50 hektar. PT X memiliki cadangan gamping sebesar 105.773.000 ton dengan proyeksi umur tambang selama 10 tahun. Pada penelitian ini, target produksi dihitung sebesar sesuai rencana umur tambang. Skema blok penambangan berdasarkan penampang penambangan kemudian diaplikasikan pada *spreadsheet* untuk menyelesaikan problem penjadwalan penambangan. Blok tertambang pada *spreadsheet* kemudian digunakan sebagai acuan pembuatan desain penambangan pada software gambar teknik. Hasil penelitian ini menunjukkan *spreadsheet* dapat digunakan sebagai pengganti software penambangan dalam penjadwalan tambang dengan indikator ketercapaian penjadwalan sederhana seperti target volume atau tonnage material.

Kata kunci: batugamping, penjadwalan, tambang terbuka, kuari

ABSTRACT – Applications for utilizing mining software in scheduling activities are widely used in industrial mining today due to the ease and speed of the processing.. The mine scheduling process which generally takes a long time can be completed quickly using mining software. However, this software is expensive and generally becomes a challenge for medium to small scale mines. This challenge causes a lack of availability of troubleshooting tools, especially in the mine scheduling case study. This study attempts to demonstrate the ease of using *spreadsheet* as a means of scheduling mining in a case study of limestone mining with an area of 50 hectares. PT X has limestone reserves of ... tons with a projected mine life of ... years. In this study, the production target is calculated based on the mine life projection. The mining block schema based on the mining cross-section is then applied to a *spreadsheet* to solve the mining scheduling problem. Mined blocks in the *spreadsheet* are then used as a reference for making mining designs in technical drawing software. The results of this study indicate that *spreadsheets* can be used as an alternative to software mining in mine scheduling with simple scheduling achievement indicators such as volume targets or material tonnage.

Keywords: limestone, scheduling, open pit, quarry

PENDAHULUAN

¹ PT X merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan dengan komoditas utama bahan galian industri. Pada lokasi baru ini terdapat bahan galian industri berupa batugamping dengan morfologi topografi berbukit dengan lembah pada sisi utara dan selatan. Oleh karena itu, sistem penambangan yang akan digunakan pada lokasi ini adalah metode kuari dengan kombinasi 2 tipe penambangan, yaitu *side hill type* dan *pit type* yang umum digunakan pada penambangan dengan komoditas bahan galian industri (Csöke et al., 1996; Davis & Edmonds, 2011; Gunn & Bailey, 1993). Penambangan akan diawali dengan *side hill type* dan dilaksanakan konsep penggalan dari elevasi tertinggi hingga elevasi dibawahnya sementara *pit* akan terbentuk dikarenakan penggalan akan menyisakan bentuk bukaan pada akhir penambangan.

Penjadwalan penambangan merupakan tahapan selanjutnya apabila pit limit sudah didapatkan melalui proses optimasi. Pada tahap penjadwalan tambang, *pit limit* akan dibagi dalam blok 3D yang lebih kecil dengan mempertimbangkan aspek teknis dan kemajuan penambangan. Setiap blok penambangan akan memiliki atribut / nilai yang dibutuhkan (seperti volume, tonase, kadar, nilai uang, dan lain lain) perencana tambang sebagai indikator pemilihan blok pada tahap ini (Arteaga, 2014; Chatterjee et al., 2016; Fathollahzadeh et al., 2021; Nancel-Penard et al., 2022; Vu et al., 2021). Kompleksitas dari hubungan antar atribut beserta batasan yang digunakan pada penjadwalan tambang menyebabkan proses ini memakan waktu lama. Tantangan ini diselesaikan dengan tersedianya modul otomasi pada software penambangan komersil seperti Micromine (2022), Minescape (2022), Datamine (2022) dan lain-lain. Cara lain adalah dengan menciptakan algoritma penyelesaian problem ini pada bahasa pemrograman seperti C++, Python, Matlab .

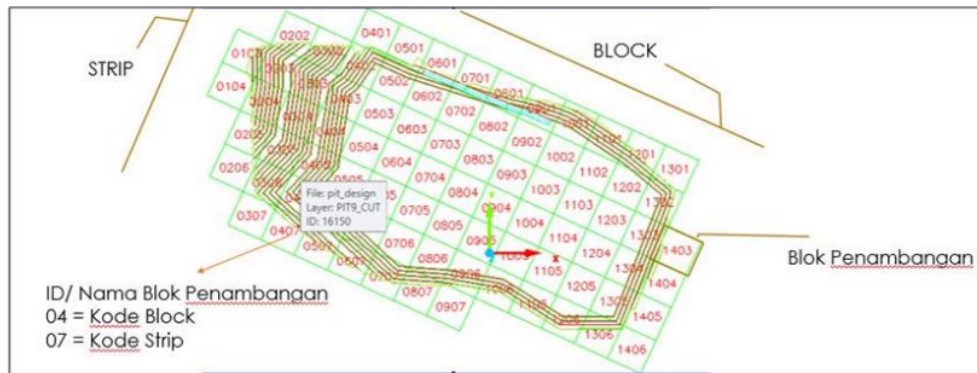
Penjadwalan penambangan menggunakan *software* penambangan memiliki kelebihan pada kemudahan dan kecepatan dikarenakan adanya modul yang tersedia khusus untuk menyelesaikan proses tersebut. Pada beberapa *software*, penjadwalan juga dapat dilakukan secara otomasi dengan mempertimbangkan berbagai parameter dan batasan yang dimasukkan oleh user (Whittle et al., 2018). Walaupun demikian, kemudahan tersebut sejalan dengan biaya yang harus dikeluarkan untuk menggunakan *software* tersebut. Opsi lain yang dapat digunakan adalah menerapkan bahasa pemrograman. Cara ini umumnya digunakan pada tahap pengembangan dan diterapkan pada studi kasus yang spesifik (Buelga Díaz et al., 2021; Choi et al., 2022; Liu & Pourghassemi, 2021; Nancel-Penard et al., 2022; Nancel-penard & Morales, 2021; Sattarvand, 2009; Tian et al., 2021; Tolouei et al., 2021; Vu et al., 2021). Walaupun cara ini cenderung fleksibel, namun keterampilan penggunaan bahasa pemrograman merupakan persyaratan yang kebanyakan tidak dimiliki semua orang khususnya pada bidang pertambangan.

Penelitian ini berusaha memberikan solusi sederhana dalam penjadwalan penambangan dengan mengaplikasikan salah satu media yang umum digunakan berupa *spreadsheet*. Informasi pada blok penambangan berupa tonase dan volume disampaikan berupa penampang pada *spreadsheet* untuk kemudian dilakukan penjadwalan secara *trial and error*. Atribut pada blok model diintegrasikan dengan beberapa formula sehingga nilai tonase dan volume dapat tersampaikan secara *real time* saat proses penjadwalan dilakukan. Hasil penjadwalan berupa blok tertambang dan koordinat lantai pada blok terendah dijadikan dasar untuk pelaksanaan desain kemajuan selanjutnya.

METODE

Blok Penambangan

Blok penambangan digunakan untuk membagi perhitungan cadangan menjadi satuan yang lebih kecil sehingga mudah digunakan dalam perencanaan tambang tahap scheduling. Blok penambangan memiliki dimensi yang sama satu sama lain, namun memiliki nama yang berbeda. Mengacu pada metoda yang digunakan untuk pembuatan blok penambangan pada minescape maka 2 karakter pertama mengindikasikan kode blok sedangkan 2 karakter terakhir mengindikasikan karakter strip. Blok merupakan kolom paralel pada blok penambangan yang searah dengan dip bahan galian. Pada penelitian ini blok memiliki arah timur laut - barat daya. Sedangkan strip merupakan kolom tegak lurus *block* dengan arah barat laut – tenggara. Jarak paralel antara garis – garis *block* dan *strip* menentukan dimensi dari blok penambangan. Ilustrasi blok penambangan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Blok Penambangan

Cadangan Batugamping

Batas penambangan dibuat berdasarkan beberapa parameter, yaitu : *buffer zone*, model 3-dimensi batugamping, dan elevasi lantai tambang. Pembuatan batas *pit* dilakukan dengan memanfaatkan fitur 3-dimensi. Model 3-dimensi diiris pada elevasi lantai tambang. Hasil irisan tersebut berupa garis tertutup yang memiliki luas (poligon). Poligon ini kemudian diproyeksikan menggunakan fungsi *project* menuju topografi dengan sudut miring *overall slope*. Hasil proyeksi merupakan poligon yang mengikuti kontur topografi. Poligon ini akan dijadikan acuan batasan perhitungan cadangan.

Nilai cadangan merupakan data masukan yang didapatkan dengan dasar metode *surface to surface*. Perhitungan dengan metode ini memerlukan model 3-dimensi dari batasan-batasan volume yang ingin dihitung. Volume serta tonnase dalam perhitungan ini sudah terbagi sesuai dengan blok penambangan yang telah ditetapkan sebelumnya. Tabel asli dari minescape diolah dengan menggunakan fitur pivot table pada excel menjadi bentuk yang dibutuhkan. Pada perhitungan cadangan ini, tabel asli minescape di-pivot kan sehingga terbentuk kolom utama yaitu: blockname, volume soil, volume tuff, volume limestone (batugamping), dan tonnase limestone (batugamping). Hal ini untuk mempermudah klasifikasi nilai volume pada setiap bagian geologi berdasarkan blok penambangan yang ada.

Verifikasi dilakukan terhadap nilai – nilai ini berdasarkan pada letak blok penambangan. Verifikasi diperlukan untuk mengecek keabsahan perhitungan minescape. Pengisian parameter yang salah sering menyebabkan perhitungan menjadi tidak relevan dan menyebabkan tahap yang selanjutnya

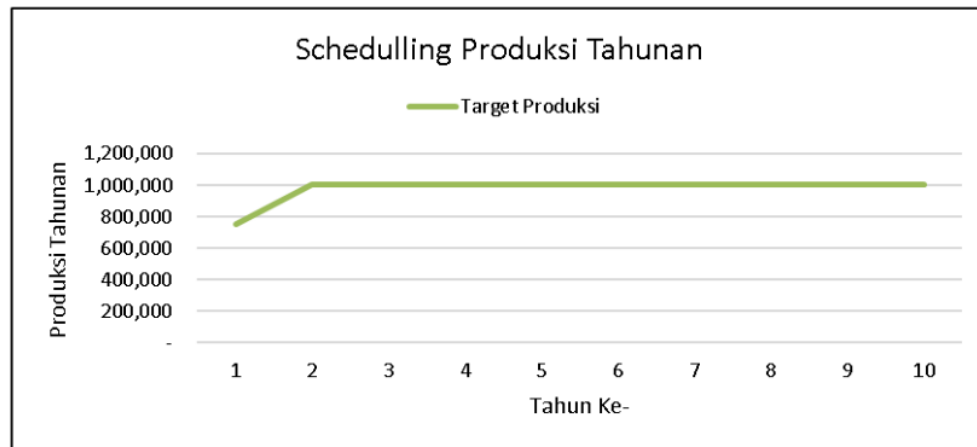
juga salah. Tabel yang sudah terverifikasi dapat digunakan dalam laporan atau tahap selanjutnya dalam perencanaan tambang. Volume dan tonnase material pada setiap blok ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Perhitungan Cadangan per Blok Penambangan

Blockname	Volume Soil (000 BCM)	Volume Tuff (000 BCM)	Volume Limestone (000 BCM)	Tonnase Limestone (000 TON)
1001	24	278	116	309
1002	30	138	863	2.303
1003	29	2	1.070	2.857
1004	30	0	843	2.251
1005	28	23	534	1.425
1006	14	145	46	123
1101	18	255	45	120
1102	30	126	729	1.946
TOTAL	155	967	4.246	11.334

Target Produksi Batugamping

Penambangan batugamping dilakukan dari elevasi tertinggi menuju elevasi yang lebih rendah. Untuk pembagian *pushback* penambangan, penelitian ini mengasumsikan penambangan dilaksanakan selama 10 tahun dimulai dari elevasi tertinggi pada daerah barat laut hingga *pushback* terakhir pada wilayah tenggara. Penentuan *pushback* ini terkait dengan umur proyek. Dengan total cadangan 105.773.00 ton maka direncanakan penambangan akan berakhir pada tahun ke-105 dengan tingkat produksi per tahun sebesar 1.000.000 ton. Oleh karena itu, penentuan *pushback* ditetapkan pada elevasi tertinggi di wilayah barat laut untuk pentahapan penambangan yang baik dan efisien. Karena keterbatasan umur IUP berdasarkan aturan yang berlaku di Indonesia maka pada penelitian ini penambangan akan difokuskan pada *pushback* 1, yaitu 10 tahun pertama proyek ini berjalan.



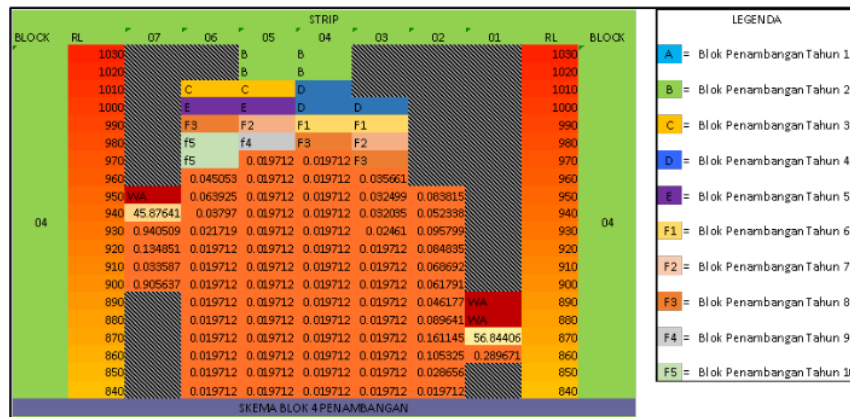
Gambar 2 Target Produksi Batugamping

HASIL DAN PEMBAHASAN

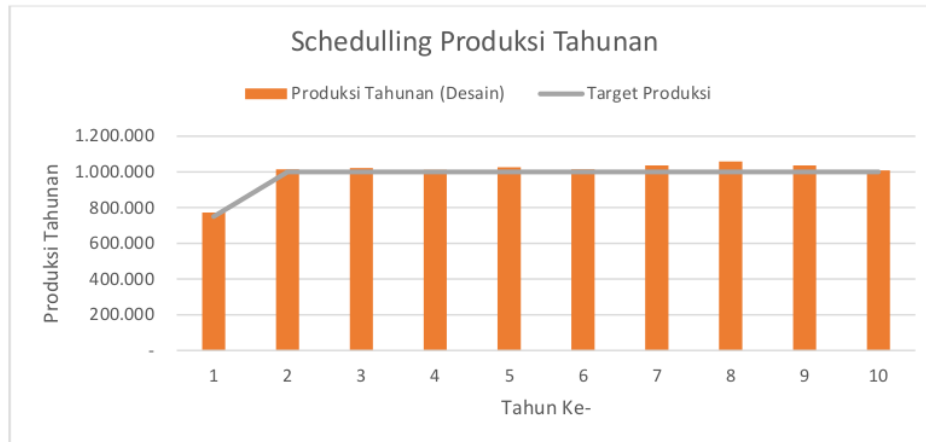
Kemajuan Blok Penambangan dan Ketercapaian Produksi

Pada pembuatan penampang berdasarkan blok penambangan, penampang digambarkan sebagai garis sejajar blok penambangan. Kolom RL mengindikasikan elevasi lokasi blok penambangan. Selanjutnya, blok penambangan yang terpilih setiap tahunnya digambarkan sebagai kode huruf dimulai dari A hingga huruf F5. Angka pada *cell* mengindikasikan salah satu atribut dalam blok penambangan yang pada penelitian ini berupa angka volume batuan dalam blok penambangan terkait. Ilustrasi penjadwalan menggunakan *spreadsheet* ini ditunjukkan Gambar 3.

Grafik perbandingan antara target produksi dengan volume material tertambang hasil penjadwalan digunakan sebagai dasar ketercapaian produksi pada masing-masing periode penambangan. Skema *material balance* digunakan apabila ketercapaian produksi tidak dapat memenuhi jumlah yang sama dengan target terencana. seperti terlihat pada tahun ke-6 dan ke-8 penambangan di Gambar 4.



Gambar 3 Ilustrasi Penjadwalan Penambangan pada *Spreadsheet*



Gambar 4 Target Produksi vs Aktual Penjadwalan

Desain Kemajuan Tambang

Hasil skema penambangan yang telah ditetapkan kemudian dirubah menjadi bentuk desain kemajuan tambang. Koordinat dari blok penambangan digunakan sebagai titik acuan dalam pembuatan desain kemajuan tambang di minescape. Parameter-parameter penambangan secara teknis diterapkan sehingga desain setiap tahun memenuhi syarat teknis dan aman. Selain itu, luas bukaan tambang ditentukan tidak jauh berbeda dengan skema hasil penambangan.

Dalam pembuatan desain kemajuan tambang, jalan akses antara elevasi yang berbeda harus diperhatikan. Jalan akses yang terbentuk harus memiliki kemiringan yang masih memenuhi rekomendasi kemiringan jalan sehingga kegiatan hauling akan tetap berjalan lancar. Area kerja yang cukup juga merupakan salah satu pertimbangan sehingga kegiatan pemberaian dan pemuatan berjalan dengan baik. Contoh ilustrasi desain kemajuan penambangan dapat dilihat di Gambar 5.



Gambar 5 Contoh Desain Kemajuan Penambangan

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian ini, dapat ditarik kesimpulan, bahwa:

1. Metode penampang dapat diterapkan untuk merepresentasikan blok penambangan pada kondisi sebenarnya.
2. Jarak penampang yang digunakan sebagai media penjadwalan pada spreadsheet harus mewakili jarak sebenarnya dari blok penambangan. Pada penelitian ini, jarak antar penampang sejauh 50 meter dapat mewakili blok penambangan yang berdimensi 50x50 meter.
3. Penjadwalan tambang dengan menggunakan spreadsheet dapat dilakukan apabila indikator yang digunakan sebagai ketercapaian penjadwalan adalah volume dan tonase material

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih Prodi Teknik Pertambangan sebagai fasilitator dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arteaga, F. (2014). *The Mining Rate in Open Pit Mine Plannin*. University of Queensland.
- Buelga Díaz, A., Diego Álvarez, I., Castañón Fernández, C., Krzemień, A., & Iglesias Rodríguez, F. J. (2021). Calculating ultimate pit limits and determining pushbacks in open-pit mining projects. *Resources Policy*, 72(March). <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102058>
- Chatterjee, S., Sethi, M. R., & Asad, M. W. A. (2016). Production phase and ultimate pit limit design under commodity price uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 248(2), 658–667. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.07.012>

- Choi, Y., Nguyen, H., Bui, X.-N., & Nguyen-Thoi, T. (2022). Optimization of haulage-truck system performance for ore production in open-pit mines using big data and machine learning-based methods. *Resources Policy*, 75, 102522. <https://doi.org/10.1016/J.RESOURPOL.2021.102522>
- Csöke, B., Pethö, S., Földesi, J., & Mészáros, L. (1996). Optimization of stone-quarry technologies. *International Journal of Mineral Processing*, 44–45(SPEC. ISS.), 447–459. [https://doi.org/10.1016/0301-7516\(95\)00051-8](https://doi.org/10.1016/0301-7516(95)00051-8)
- Datamine. (2022). *Datamine Software*.
- Davis, Vin., & Edmonds, M. R. (Mark R.). (2011). Stone Axe Studies III. *Stone Axe Studies III*, 1–448.
- Fathollahzadeh, K., Mardaneh, E., Cigla, M., Waqar, M., & Asad, A. (2021). A mathematical model for open pit mine production scheduling with Grade Engineering Ò and stockpiling. *International Journal of Mining Science and Technology*, xxxx. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2021.03.011>
- Gunn, J., & Bailey, D. (1993). Limestone quarrying and quarry reclamation in Britain. *Environmental Geology* 1993 21:3, 21(3), 167–172. <https://doi.org/10.1007/BF00775301>
- Liu, D., & Pourrahimian, Y. (2021). A Framework for Open-Pit Mine Production Scheduling under Semi-Mobile In-Pit Crushing and Conveying Systems with the High-Angle Conveyor. *Mining*, 1(1), 59–79. <https://doi.org/10.3390/mining1010005>
- Micromine. (2022). *Micromine Software*.
- Nancel-penard, P., & Morales, N. (2021). *Optimizing pushback design considering minimum mining width for open pit strategic planning*. 0–1.
- Nancel-Penard, P., Morales, N., & Cornillier, F. (2022). A recursive time aggregation-disaggregation heuristic for the multidimensional and multiperiod precedence-constrained knapsack problem: an application to the open-pit mine block sequencing problem. *European Journal of Operational Research*. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.04.005>
- Sattarvand, J. (2009). *Long-term Open pit Planning by Ant Colony Optimization*. 125. <http://publications.rwth-aachen.de/record/62878/files/3906.pdf>
- Tian, F., Sun, X., Gu, X., & Chen, Y. (2021). *A Prediction-Based Truck Scheduling Method for Open-Pit Mines and Its Numerical Study*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/692/4/042114>
- Tolouei, K., Moosavi, E., & Gholineja, M. (2021). An effective MIP model based on grey wolf optimizer for lot-sizing LTPSOP in open-pit mines under uncertainty. *Arabian Journal of Geosciences* 2021 14:17, 14(17), 1–17. <https://doi.org/10.1007/S12517-021-07636-9>
- Vu, T., Bao, T., Drebenstedt, C., Pham, H., Nguyen, H., & Nguyen, D. (2021). Optimisation of long-term quarry production scheduling under geological uncertainty to supply raw materials to a cement plant. *Mining Technology*, 0(0), 1–13. <https://doi.org/10.1080/25726668.2021.1894398>
- Whittle, D., Whittle, J., Wharton, C., & Hall, G. (2018). *Strategic Mine Planning : 8 th Edition* (Issue January 2005).

Aplikasi Spreadsheet pada Penjadwalan Penambangan : Studi Kasus Penjadwalan Tambang Batugamping

ORIGINALITY REPORT

9%

SIMILARITY INDEX

8%

INTERNET SOURCES

7%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

www.repository.trisakti.ac.id

Internet Source

2%

2

Arman Hazrathosseini, Ali Moradi Afrapoli. "The advent of digital twins in surface mining: Its time has finally arrived", Resources Policy, 2023

Publication

1%

3

www.mdpi.com

Internet Source

1%

4

iopscience.iop.org

Internet Source

1%

5

Qiancheng Fang, Hoang Nguyen, Xuan-Nam Bui, Trung Nguyen-Thoi, Jian Zhou. "Modeling of rock fragmentation by firefly optimization algorithm and boosted generalized additive model", Neural Computing and Applications, 2020

Publication

1%

6

epublications.vu.lt

Internet Source

1%

7

www.polymtl.ca

Internet Source

1 %

8

jultika.oulu.fi

Internet Source

1 %

9

www.ijraset.com

Internet Source

1 %

Exclude quotes Off

Exclude bibliography Off

Exclude matches

< 15 words

Aplikasi Spreadsheet pada Penjadwalan Penambangan : Studi Kasus Penjadwalan Tambang Batugamping

GRADEMARK REPORT

FINAL GRADE

/0

GENERAL COMMENTS

Instructor

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8