



Perbandingan Perangkat Lunak *Surpac* Dan *Minescape* Dalam Perhitungan Tonase Batubara Pada *Stock Rom*

Safri Yanti Rahayu*, Risnawati²

¹Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Indonesia

²Program Studi Survei dan Pemetaan, Politeknik Sinar Mas Berau Coal, Indonesia

E-mail: safriyanti.rahayu@gmail.com

Abstrak

Monitoring volume batubara pada *stockpile* secara periodik penting untuk menjaga kualitasnya dari dampak oksidasi, pemanasan, dan degradasi. Volume umumnya dihitung menggunakan metode *cut and fill* dengan bantuan perangkat lunak seperti *Surpac* dan *Minescape*. Penelitian ini membandingkan kedua perangkat lunak tersebut untuk menilai kelebihan, kekurangan, dan akurasi dalam perhitungan volume batubara guna menentukan pilihan perangkat lunak yang paling sesuai. Data diperoleh menggunakan *Terrestrial Laser Scanner* pada *stock ROM* batubara, lalu diolah dengan *Surpac* dan *Minescape* untuk menghitung volume dan mengonversinya ke tonase untuk divalidasi dengan data *truck count*. Selanjutnya, dilakukan uji akurasi menggunakan uji t-student pada tingkat kepercayaan 90%, 95%, dan 99%. Hasil penelitian ini menunjukkan deviasi tonase *Minescape* pada ROM 2 W1622, W1722, dan W1822 berturut-turut sebesar 0,00015%, 0,00005%, dan 0,00007%. Sementara *Surpac* menunjukkan deviasi 0,00042%, 0,00011%, dan 0,00014%. Seluruh deviasi masih dalam batas toleransi ASTM. Pengujian statistik menunjukkan bahwa kedua perangkat lunak dapat dianggap akurat terhadap data *truck count*.

Kata kunci: Batubara; *Surpac*; *Minescape*; *Truck count*.

Abstract

Periodic monitoring of coal volume in stockpiles is essential to maintain quality by preventing oxidation, heating, and degradation. Volume is typically calculated using the cut and fill method with the aid of software such as Surpac and Minescape. This study compares the two software programs to evaluate their advantages, disadvantages, and accuracy in volume calculation, aiming to determine the most suitable option. Data were collected using a Terrestrial Laser Scanner on ROM coal stockpiles and processed using both Surpac and Minescape to calculate volume, which was then converted into tonnage and validated against truck count data. Accuracy testing was conducted using the t-student test at confidence levels of 90%, 95%, and 99%.

The results show that the tonnage deviation using Minescape for ROM 2 W1622, W1722, and W1822 was 0.00015%, 0.00005%, and 0.00007%, respectively. Meanwhile, Surpac showed deviations of 0.00042%, 0.00011%, and 0.00014% for the same ROMs. All deviations remain within ASTM tolerance limits. Statistical tests confirm that both software programs can be considered accurate when compared to truck count data..

Keywords: Coal; *Surpac*; *Minescape*; *Truck count*.

PENDAHULUAN

Batubara adalah bahan bakar fosil, terbentuk dari hasil endapan fosil – fosil tumbuhan yang

telah terkonsolidasi di antara lapisan batuan dan kemudian berubah menjadi lapisan batubara akibat kombinasi tekanan dan panas

* Korespondensi : safriyanti.rahayu@gmail.com

Diajukan : 2 Mei 2025

Diterima : 21 November 2025

Diterbitkan : 16 Maret 2026

DOI: 10.14710/jgt.9.1.2026.79-87

yang terjadi selama jutaan tahun (World Coal Association, 2020). Potensi sumberdaya batubara yang melimpah di Indonesia menjadikan Indonesia penghasil batubara ke – 4 di dunia yang memasok kebutuhan batubara terbesar di ASEAN (U.S. Energy Information Administration, 2022). Hal ini menjadikan batubara salah satu komoditas yang paling penting bagi perekonomian makro Indonesia (Nathanael, 2021). Untuk memaksimalkan eksploitasi dan penjualan batubara diperlukan manajemen *stockpile*, yaitu manajemen kualitas batubara sesuai dengan permintaan pasar (BPSDM ESDM, 2022). Manajemen *stockpile* ini merupakan hal yang krusial untuk dilakukan untuk memonitor persediaan batubara (Suprobo, 2019). Manajemen *Stockpile* merupakan kegiatan yang bertujuan untuk menjaga kualitas dan kuantitas batubara yang berada di wilayah tumpukan, manajemen *stockpile* ini dilakukan agar batubara terhindar dari gangguan yang mampu menurunkan kualitas batubara karena oksidasi, pemanasan dan degradasi. Pengelolaan *stockpile* mencakup pengaturan posisi material, pengendalian kualitas dari limpasan air dan hujan serta pencemaran, pengendalian risiko meliputi bahaya kebakaran, emisivitas dan dampaknya bagi lingkungan sekitar (CASQA, 2012). Salah satu hal terpenting dalam manajemen *stockpile* adalah monitoring volume, karena perubahan bentuk timbunan terjadi setiap saat baik karena proses penambahan dan pengambilan material timbunan maupun faktor lingkungan. Pengukuran volume ini dilakukan untuk mengetahui tonase aktual untuk menjaga akurasi neraca produksi.

Hasil pengukuran volume *stockpile* digunakan sebagai data aktual di lapangan yang menjadi dasar dalam manajemen volume. Data tersebut kemudian dibandingkan dengan data produksi dan *hauling* untuk mengidentifikasi adanya selisih secara kuantitatif. Dalam praktiknya di lapangan, pengukuran volume dilakukan secara periodik setiap minggu untuk menyusun laporan produksi dan perhitungan nilai ekonomi persediaan. Salah satu metode perhitungan volume batubara adalah metode *cut and fill*. Metode ini memiliki prinsip menghitung luasan dua penampang (*base surface* dan *design surface*) serta jarak antara penampang atas dan

penampang bawah. Perangkat lunak yang biasanya digunakan dalam perhitungan volume batubara adalah perangkat lunak *Surpac* dan *Minescape*. Kedua perangkat lunak ini sama – sama mampu membuat model permukaan, menghitung volume, serta menonversikan volume ke tonase. *Surpac* memiliki fitur yang cukup lengkap dan lebih fleksibel untuk berbagai jenis dan format data. Namun, perangkat lunak ini kurang familiar sehingga perlu pelatihan yang cukup banyak bagi pengguna baru yang belum pernah menggunakan perangkat lunak tersebut. Di samping itu, Perangkat lunak *Minescape* sejak awal banyak digunakan dalam pertambangan karena sering dianggap lebih natural jika dihadapkan dengan data seam yang berlapis. Perangkat lunak ini memiliki kekurangan seperti *Surpac*, memiliki antar muka yang dianggap kurang intuitif sehingga perlu pelatihan khusus bagi pengguna baru. Dalam praktiknya di lapangan, penggunaan perangkat lunak *Surpac* maupun *Minescape* tergantung dengan kebiasaan perusahaan serta ketersediaan lisensi kedua perangkat lunak tersebut. Perhitungan volume batubara dengan ketelitian yang tinggi sangat dibutuhkan karena berkaitan dengan perkiraan nilai ekonomis cadangan dan produksi batubara. Sehingga perlu dilakukan kajian terhadap hasil hitungan volume *stockpile* batubara pada beberapa perangkat lunak tersebut. Sehingga dapat memberikan gambaran perbandingan hasil dan komparasi hasil perhitungan volume masing – masing perangkat lunak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui selisih atau perbedaan dari hasil perhitungan tonase batubara pada *software* yang menggunakan metode *cut and fill*, yaitu *Surpac* dan *Minescape*.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan terhadap tumpukan batubara di *Stock ROM 2 PT Fajar Anugerah Dinamika di Prapatan Mining Operation (PMO)*. *Stock ROM 2* site PMO ini memiliki 3 (tiga) tumpukan batubara seluas 1.347 Ha dengan kapasitas 25000 ton. Tiap tumpukan batubara diberi notasi K, L dan M. seperti pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Tumpukan batubara PT Fajar Anugerah Dinamika pada *Stock ROM 2* site PMO`

Akuisisi Data

Akuisisi data dilakukan sebanyak tiga kali pada ketiga *stock ROM*, yaitu pada tanggal 22 April 2022 di *Stock ROM 2 W1622*, 30 April 2022 di *Stock ROM 2 W1722*, dan 6 Mei 2022 di *Stock ROM 2 W1822*. Data hasil akuisisi yang dilakukan menggunakan *Terrestrial Laser Scanner* merupakan data poin dengan posisi tiga dimensi (X, Y, dan Z). Data yang dihasilkan dari pengukuran dan berjumlah ribuan ini disebut dengan *point clouds*. Data *Point clouds* ini dapat dikonversikan menjadi *Digital Terrain Model (DTM)* dengan menggunakan perangkat lunak *Surpac* (Oguchi et al., 2011). Sebelum melakukan konversi data, *Point clouds* hasil pengukuran perlu difiltrasi untuk menghilangkan objek – objek lain yang juga terdeteksi pada saat perekaman. Proses manipulasi ini dilakukan menggunakan *software RiSCAN PRO* (RIEGL, 2013).

Perhitungan Volume

Volume batubara diperoleh dari pengolahan data *Point clouds* yang telah difiltrasi menggunakan *software RiSCAN PRO*. Perhitungan volume ini dilakukan dengan menggunakan kedua *software* yang telah disebutkan sebelumnya, yaitu *Minescape* dan *Surpac*. Kedua *software* ini mengubah *Point clouds* masing – masing menjadi *DTM* dan kontur.

Dalam melakukan perhitungan volume, diperlukan *boundary* hitung sebagai yang menandai batas tiap – tiap pit.

Perhitungan Tonase

Perhitungan massa batubara (biasanya dalam ton) dengan menggunakan volume memerlukan data densitas batubara yang dihasilkan dari pengukuran densitas (ASTM, 2000; Speight, 2005). Densitas batubara yang digunakan oleh PT Fajar Augerah Dinamika adalah 0.907 tons/m^3 . Besar densitas ini diperoleh dari pengukuran *bulk density* yang dilakukan kepada sampel batubara kering dan basah (Permatasari, 2016).

Formula untuk menghitung tonase batubara pada sebuah *stock ROM* adalah sebagai berikut (ASTM, 2000).

$$T = \frac{\bar{D} \times V}{t} \quad (1)$$

T adalah jumlah total *stockpile* dalam satuan ton, $\bar{D}$ menunjukkan rata – rata densitas sampel, V adalah volume batubara pada *stock pile* dan t merupakan tonase dalam satuan metrik.

Perbandingan Tonase

Perbandingan tonase batubara hasil pengukuran menggunakan TLS dan *truck count* dilakukan dengan dua cara, yaitu menggunakan perbandingan persentase dan akurasi tonase dengan menggunakan *Root Mean Square Error (RMSE)*. Perbandingan persentase batubara dihitung dengan menggunakan persamaan (2) (Hasviah & Maiyudi, 2022; Rassarandi et al., 2015).

$$\text{Perbedaan}(\%) = \frac{(T_s - T_t)}{T_t} \times 100\% \quad (2)$$

Dalam menghitung deviasi (perbedaan) dari tonase dalam persen diperlukan data tonase hasil survei TLS (T_s) dan tonase hasil timbangan (T_t) dalam penelitian ini adalah data *truck count*.

Akurasi tonase batubara hasil pengukuran dan pengolahan data menggunakan *software Minescape* dan *Surpac* dengan data *truck count* dihitung dengan menggunakan analisis akurasi (Ghilani & Wolf, 2012). Akurasi tonase batubara dihitung menggunakan formula RMSE sebagai berikut (Ait-Amir et al., 2015).

RMSE menunjukkan *Root Mean Square Error*, n menunjukkan jumlah data, y_i

menunjukkan nilai tonase hasil pengukuran dan $\bar{y}_i$ merupakan nilai tonase hasil timbangan (*truck count*). Karena data pada penelitian ini hanya satu ($n=1$), maka RMSE setiap data sama dengan selisih data ukuran dengan data *truck count* ($y_i - \bar{y}_i$). RMSE pada penelitian ini juga sama dengan standar deviasi.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (3)$$

Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan pada data tonase *Surpac* dan *Minescape* dengan menggunakan metode uji hipotesis statistika berjenis uji t (t – student). Selang kepercayaan uji akurasi ini menggunakan persamaan (4) berikut ini (Anjasmara, 2018).

$$CI = \bar{x} \pm t_{v, \frac{\alpha}{2}} s_{\bar{x}} \quad (4)$$

CI menunjukkan *Confident interval*, $\bar{x}$ merupakan rata – rata nilai tonase hasil pengolahan data dari kedua *software*, $t_{v, \frac{\alpha}{2}}$ merupakan t-score pada derajat kebebasan (v) dan *significant level* (α) tertentu. $s_{\bar{x}}$ dihitung dengan persamaan (5) berikut ini (Anjasmara, 2018).

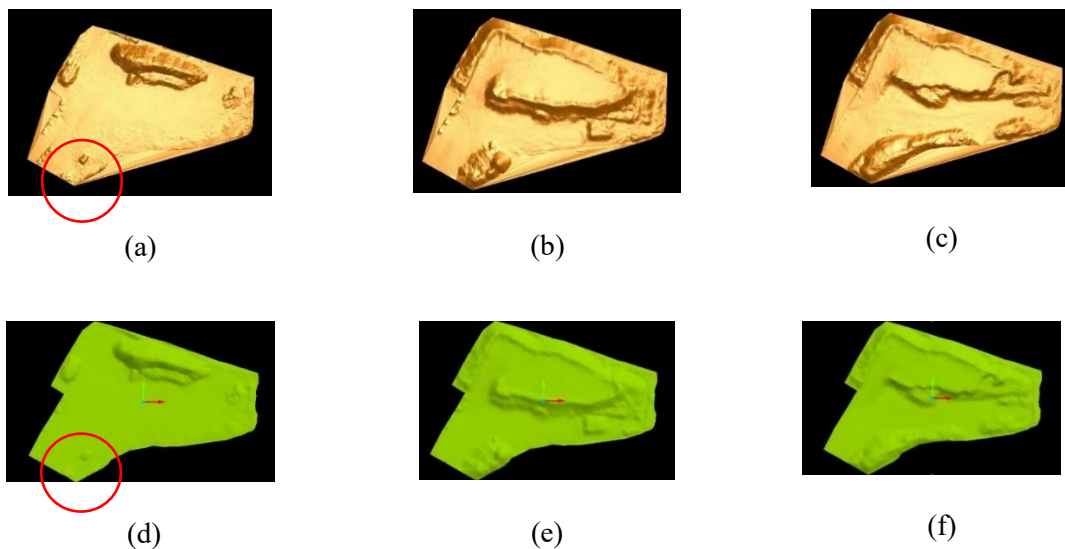
$$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

Persamaan (5) menunjukkan nilai $s_{\bar{x}}$ yang dihitung dari standar deviasi dibagi dengan akar dari jumlah data (n).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Volume dan Tonase

Stock ROM batubara yang telah diakuisisi menggunakan TLS perlu dibentuk menjadi model tiga dimensi untuk menghitung volume batubara. Masing – masing model tiga dimensi yang dihasilkan oleh kedua *software* ini (*Surpac* dan *Minescape*) adalah *Digital Terrain Model* (DTM) dan *Triangle*. Model tiga dimensi ini digunakan sebagai model perhitungan volume dengan menggunakan metode *cut-and-fill* oleh *software Surpac* dan *Minescape*. Model tiga dimensi masing – masing *software* ditunjukkan pada Gambar 2. Perbedaan utama kedua *software* dalam pemodelan 3D terletak pada metodenya. *Minescape* menggabungkan metode poligon dan triangle serta menggunakan extrapolation distance untuk mendefinisikan kualitas batubara, sedangkan *Surpac* menggunakan metode *inverse distance* (Tarigan & Sasongko, 2014).



Gambar 2. Model tiga dimensi *software Surpac* (DTM) dan *Software Minescape* (triangle): a) DTM ROM 2 W1622; b) DTM ROM 2 W1722; (c) DTM ROM 2 W1822; d) Triangle ROM 2 W1622; e) Triangle ROM 2 W1722; (f) Triangle ROM 2 W1822

Gambar 2 menunjukkan bahwa secara visual, hasil pemodelan tiga dimensi pada kedua *software* ini tidak ada perbedaan secara signifikan. Perbedaan kecil yang bisa dilihat dari visualisasi pemodelan tiga dimensi dari kedua *software* ini terletak pada ROM 2 W1622. Pada gambar 2 (a), permukaan DTM terlihat lebih bertekstur daripada permukaan *Triangle* yang ditunjukkan oleh Gambar 2 (b). Hal ini mengindikasikan bahwa batubara yang diakuisisi di ROM 2 W1622 terlihat di DTM akan lebih besar volumenya daripada *triangle*. Meskipun demikian, hal ini tidak dapat dianggap valid. Karena, volume dari masing – masing hasil pengukuran harus di proses lebih lanjut dengan menggunakan masing – masing *software*. Volume batubara dengan metode *cut-and-fill* dihitung berdasarkan model tiga dimensi, data *base surface* dan *boundary* hitung yang telah ditetapkan sebelumnya. Hasil perhitungan volume dengan metode *cut-and-fill* pada *software Surpac* dan *Minescape* dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil perhitungan volume yang dilakukan pada kedua *software* ini merupakan volume dalam satuan meter kubik (m^3). *Cut Vol* dan *Fill Vol* pada Tabel 1 berturut-turut menunjukkan volume galian (*cut*) dan volume timbunan (*fill*) yang dihasilkan dari analisis volume dengan menggunakan metode *cut-and-fill* pada kedua *software*. *Nett Vol* merupakan nilai total volume yang dihasilkan dari perhitungan. Nilai total volume ini dihasilkan dari selisih absolut dari

volume galian (*cut vol*) dan volume timbunan (*fill vol*). Nilai total volume pada ROM W1622 yang diakuisisi pada tanggal 22 April 2022 adalah sebesar $3.116,320m^3$ ketika dihitung dengan menggunakan *software Surpac* dan sebesar $3.116,311m^3$ ketika dihitung dengan menggunakan *software Minescape*. Pada ROM 2 W1722, hasil volume dengan menggunakan *software Surpac* adalah sebesar $16.450,330m^3$ dan $16.450,319m^3$ menggunakan *software Minescape*. Untuk data yang diakuisisi pada 6 Mei 2022 di *Stock ROM 2 W1822* jumlah volume menunjukkan $14.166,921m^3$ dan $14.166,910m^3$ berturut – turut menggunakan *software Surpac* dan *Minescape*. Dari ketiga data hasil akuisisi, volume yang paling besar adalah volume data W1722 diikuti W1822 dan W1622.

Setelah menghitung volume, tonase batubara dapat diketahui dengan perhitungan menggunakan persamaan (1). Densitas yang digunakan pada perhitungan tonase ini adalah densitas batubara hasil perhitungan sampel batubara PT Fajar Anugerah Dinamika, yaitu $0.907 \text{ tons}/m^3$. Tonase batubara hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan tonase batubara hasil perkalian volume dengan densitas yang digunakan PT Fajar Anugerah Dinamika. Dari tiga pengukuran (W1622, W1722, W1822),

Tabel 1. Volume *Stock ROM*

<i>Stock ROM</i>	<i>Surpac</i>			<i>Minescape</i>		
	<i>Cut Vol (m^3)</i>	<i>Fill Vol(m^3)</i>	<i>Nett Vol (m^3)</i>	<i>Cut Vol (m^3)</i>	<i>Fill Vol (m^3)</i>	<i>Nett Vol (m^3)</i>
W1622	0,448	3.116,760	3116,320	3.116,758	0,4472	3.116,311
W1722	1,851	16.452,271	16.450,330	16.451,900	1,581	16.450,319
W1822	15,994	14.183,051	14.166,921	14.182,905	15,995	14.166,910

Tabel 2. Tonase Batubara

<i>Software</i>	<i>Surpac</i>	<i>Minescape</i>
Tonase ROM 2 W1622 (tons)	2.826,502	2.826,494
Tonase ROM 2 W1722 (tons)	14.920,449	14.920,439
Tonase ROM 2 W1822 (tons)	12.849,397	12.849,387

tonase terbesar dari perhitungan *Surpac* adalah pada W1722 (14.920,449 ton), diikuti W1822 (12.849,397 ton) dan W1622 (2.826,502 ton). Hasil *Minescape* menunjukkan urutan yang sama dengan tonase masing-masing 14.920,439 ton, 12.849,387 ton, dan 2.826,494 ton.

Perbandingan Tonase terhadap Data *Truck count*

Perbandingan selisih tonase hasil hitungan *software Surpac* dengan data *truck count* dalam persen dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Tonase dari Volume *Surpac* dengan Data *Truck count*

ROM 2	Tonase <i>Surpac</i> (ton)	<i>Truck count</i> (ton)	Selisih per <i>Truck count</i> (%)
W1622	2826,502	2826,490	0,00042%
W1722	14920,449	14920,432	0,00011%
W1822	12849,397	12849,379	0,00014%

Dari Tabel dapat dilihat bahwa perbandingan nilai tonase dari perhitungan *truck count* dengan data *truck count* terbesar adalah pada W1622, yaitu sebesar 0,00042 %, diikuti dengan W1822 sebesar 0,00014% dan W1722 sebesar 0,00011%. Jika diperhatikan dengan lebih teliti, urutan selisih data ini bertolak belakang dengan jumlah tonase dan volume yang telah dihitung sebelumnya. Volume dan tonase batubara yang dihasilkan oleh perhitungan dengan *software Surpac* berurutan dari yang terbesar adalah W1722, W1822, dan W1622. Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai macam hal, salah satunya adalah bak pada dump truck yang digunakan tidak begitu bersih dari batubara. Artinya bak yang digunakan tersebut masih memiliki residu batubara pada dinding bak dump truck. Hal lain yang dapat mempengaruhi hal ini adalah dari *software Surpac* sendiri. Untuk membuktikan hal ini perlu dilihat selisih tonase dengan menggunakan *software Minescape*. Selisih perbandingan tonase dari *software Minescape* dan data *truck count* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Tonase dari Volume *Minescape* dengan Data *Truck count*

ROM 2	Tonase <i>Minescape</i> (ton)	<i>Truck count</i> (ton)	Selisih per <i>Truck count</i> (%)
W1622	2826,494	2826,490	0,00015%
W1722	14920,439	14920,432	0,00005%
W1822	12849,3874	12849,379	0,00007%

Masing – masing besar selisih tonase dengan *truck count* adalah sebesar 0,00015% untuk W1622, untuk W1822 adalah sebesar 0,00007% dan untuk W1722 adalah sebesar 0,00005%. Tabel 4 menunjukkan hal yang sama dengan Tabel 3, yaitu selisih terbesar terjadi pada W1622 kemudian diikuti dengan W1822 dan W1722 sejalan dengan besar volume dan tonase masing – masing *stock ROM*. Meski demikian, selisih seluruh data pada *stock ROM* ini masih masuk toleransi, berdasarkan toleransi ASTM yang sebesar 2,78%(Ramadhan et al., 2021)

Uji Akurasi

Pada Penelitian ini telah dilakukan uji akurasi dengan menggunakan metode uji hipotesis statistika untuk melihat keakuratan perhitungan volume kedua *software* terhadap data yang akurat dalam hal ini adalah data *truck count*. Berdasarkan jumlah data yang dimiliki maka jenis uji akurasi yang digunakan di dalam penelitian ini adalah uji t (t – student)(Mikhail & Gracie, 1981).

Uji akurasi dilakukan pada tingkat kepercayaan 90%, 95% dan 99% yang berarti memiliki *significant level* berturut – turut 10%, 5%, dan 1% dengan masing – masing t-score adalah sebesar 6,314 untuk *significant level* 10%, 12,706 untuk *significant level* 5%, dan 63,657 untuk *significant level* 5%(Pearson & Hartley, 1966). T – score pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. T - score

ν	$t_{\nu, \frac{\alpha}{2}}$
10%	6,314
5%	12,706
1%	63,657

Tabel 6. Uji akurasi Tingkat kepercayaan 90%

$\alpha = 10\%$	<i>Minescape</i> (ton)	<i>Surpac</i> (ton)	<i>Truck count</i> (ton)	Deviasi standar (ton)	Rata – rata (ton)	CI
W1622	2826,494	2826,502	2826,490	0,0089	2826,498	$2826,538 \geq \bar{x} \geq 2826,458$
W1722	14920,439	14920,449	14920,43	0,0130	14920,444	$14920,503 \geq \bar{x} \geq 14920,386$
W1822	12849,387	12849,397	12849,379	0,0140	12849,392	$12849,455 \geq \bar{x} \geq 12849,330$

Uji akurasi dilakukan pada tingkat kepercayaan 90%, 95% dan 99% yang berarti memiliki *significant level* berturut – turut 10%, 5%, dan 1% dengan masing – masing t-score adalah sebesar 6,314 untuk *significant level* 10%, 12,706 untuk *significant level* 5%, dan 63,657 untuk *significant level* 5%(Pearson & Hartley, 1966).

Uji akurasi ini dilakukan ke tiap – tiap *stock ROM*, yaitu ROM 2 W1622, ROM 2 W1722, dan ROM 2 W1822. Masing – masing hasil uji akurasi ini di susun pada tabel – tabel berikut ini. Tabel 6 menunjukkan uji akurasi pada tingkat kepercayaan 90%, yang artinya memiliki *significant level*(α) sebesar 10%.

Tabel 6 menunjukkan bahwa tonase perhitungan *Minescape* (2826,494 ton) dan *Surpac* (2826,502 ton) pada W1622 berada dalam interval kepercayaan, sehingga H_0 diterima dan hasil keduanya akurat terhadap tonase *truck count*. Begitu pula pada W1722, tonase *Minescape* (14920,439 ton) dan *Surpac* (14920,449 ton) juga berada dalam interval kepercayaan, menandakan kedua *software* menghasilkan perhitungan yang akurat. Data W1822 menunjukkan hal yang sama dengan data W1722 dan W1622. Masing – masing tonase hasil pengukuran *software Minescape* (12849,387ton) dan *Surpac* (12849,397ton) sama – sama berada di antara nilai interval kepercayaan. Sehingga hipotesis nol pada kedua *software* di data W1822 diterima, dimana artinya tonase hasil perhitungan pada W1822

dapat dikatakan akurat terhadap tonase *truck count*.

Tabel 6 menunjukkan semua data tonase baik hasil perhitungan *Minescape* maupun perhitungan *Surpac* diterima. Sehingga semua data tonase akurat terhadap data *truck count* pada tingkat kepercayaan 90%. Untuk uji akurasi pada tingkat kepercayaan 95% dapat dilihat pada Tabel 7 berikut ini.

Data W1622 pada Tabel 7 menunjukkan besar tonase hasil perhitungan *Minescape* (2826,494ton) dan *Surpac* (2826,502ton) berada pada interval kepercayaan (Confident interval). Hal ini menunjukkan kedua nilai tonase hasil perhitungan *software – software* ini dapat diterima dan dapat dikategorikan akurat terhadap data hasil ukuran *truck count* pada tingkat kepercayaan 95%.

Tabel 7 juga menunjukkan nilai tonase *Minescape* pada data W1722 (14920,439 ton) berada pada interval kepercayaan. Hal ini menunjukkan nilai tonase tersebut akurat terhadap *truck count*. Begitu juga dengan tonase hasil perhitungan *Surpac*, nilai tonase 14920,449 ton berada pada nilai confident interval. Hal ini menunjukkan hipotesis nol pada tonase *Surpac* W1722 diterima.

Sama halnya dengan data W1622 dan W1722, tonase hasil perhitungan *software Minescape* dan *Surpac* pada data W1822 juga menunjukkan nilai tonase yang masih berada pada nilai confident interval. Sehingga, nilai tonase *Minescape* dan *Surpac* dari semua data hasil akuisisi akurat terhadap data *truck count*

Tabel 6. Uji Akurasi tingkat kepercayaan 95%

$\alpha = 5\%$	<i>Minescape</i> (ton)	<i>Surpac</i> (ton)	<i>Truck count</i> (ton)	Deviasi standar (ton)	Rata – rata (ton)	CI
W1622	2826,494	2826,502	2826,490	0,0089	2826,498	$2826,579 \geq \bar{x} \geq 2826,417$
W1722	14920,439	14920,449	14920,43	0,0130	14920,444	$14920,562 \geq \bar{x} \geq 14920,327$
W1822	12849,387	12849,397	12849,379	0,0140	12849,392	$12849,518 \geq \bar{x} \geq 12849,266$

Tabel 8. Uji akurasi tingkat kepercayaan 99%

$\alpha = 1\%$	<i>Minescape</i> (ton)	<i>Surpac</i> (ton)	<i>Truck count</i> (ton)	Deviasi standar (ton)	Rata – rata (ton)	CI
W1622	2826,494	2826,502	2826,490	0,0089	2826,498	$2826,902 \geq \bar{x} \geq 2826,094$
W1722	14920,439	14920,449	14920,43	0,0130	14920,444	$14921,033 \geq \bar{x} \geq 14919,855$
W1822	12849,387	12849,397	12849,379	0,0140	12849,392	$12850,024 \geq \bar{x} \geq 12848,760$

Tabel 8 juga menunjukkan nilai tonase *Minescape* pada data W1622 (2826,494ton), W1722 (14920,439 ton), dan W1822 (12849,387 ton) berada di antara confident interval masing – masing. Hal ini menunjukkan bahwa hipotesis nol pada uji akurasi dengan tingkat kepercayaan 99% diterima untuk data tonase dengan perhitungan *software Minescape*. Begitu juga dengan *software Surpac*, data tonase W1622 (2826,502ton), W1722 (14920,449ton), dan W1822 (12849,397ton) dapat dikatakan akurat terhadap data *truck count*. Karena semua nilai tonase dari *Surpac* berada pada confident interval masing – masing uji dengan kepercayaan 99%.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- Volume yang dihasilkan oleh *software Surpac* pada masing – masing data W1622, W1722 dan W1822 berturut – turut 3.116,320m³, 16.450,330m³, dan 14.166,92m³.
- Volume yang dihasilkan oleh *software Minescape* pada masing – masing data W1622, W1722 dan W1822 berturut – turut 3.116,311m³, 16.450,319m³, dan 14.166,910m³.
- Tonase yang dihasilkan oleh *software Surpac* pada masing – masing data W1622, W1722 dan W1822 berturut – turut 2.826,502ton, 14.920,449ton, dan 12.849,397ton.
- Tonase yang dihasilkan oleh *software Minescape* pada masing – masing data W1622, W1722 dan W1822 berturut – turut 2.826,494ton, 14.920,439ton, dan 12.849,387ton.
- Selisih tonase hasil perhitungan *Surpac* terhadap data *truck count* pada masing – masing data W1622, W1722 dan W1822

berturut – turut 0,00042%, 0,00011%, dan 0,00014%.

- Selisih tonase hasil perhitungan *Minescape* terhadap data *truck count* pada masing – masing data W1622, W1722 dan W1822 berturut – turut 0,00015%, 0,00005%, dan 0,00007%.
- Tonase hasil perhitungan *software Surpac* dan *Minescape* pada masing – masing W1622, W1722 dan W1822 akurat terhadap data *truck count* berdasarkan uji akurasi pada tingkat kepercayaan 90%, 95% dan 99%.

Penelitian ini hanya menggunakan satu data pada masing – masing pengukuran. Sehingga hasil pengukuran ini hanya berlaku pada *stockpile* site PMO PT Fajar Anugerah Dinamika. Agar mendapatkan hasil yang lebih umum dan dapat dipakai oleh semua kalangan, baiknya menggunakan sampel penelitian yang lebih banyak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Fajar Anugerah Dinamika yang telah memberi dukungan dalam bentuk data, fasilitas dan legalitas pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ait-Amir, B., Pougnet, P., & Al Hami, A. (2015). Meta-Model Development. In *Embedded Mechatronic Systems 2* (hal. 151–179). <https://doi.org/10.1016/B978-1-78548-014-0.50006-2>
- Anjasmara, I. M. (2018). *Student (t) Distribution* (hal. 22). Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- ASTM. (2000). *Standard Practice for Tonnage Calculation of Coal in a Stockpile* (Vol. 24, Nomor 3, hal. 258000).
- BPSDM ESDM. (2022). *Pentingnya Manajemen Stockpile bagi Perusahaan Pertambangan*.

- <https://bpsdm.esdm.go.id/index.php/posts/2022/03/11/pentingnya-manajemen-stockpile-bagi-perusahaan-pertambangan/1461>
- CASQA. (2012). *WM-3* (Nomor July, hal. 1–3).
- Ghilani, C. D., & Wolf, P. R. (2012). *Elementary Surveying: An Introduction to Geomatics*. Pearson.
- Hasviah, R., & Maiyudi, R. (2022). *Analisis perbedaan volume overburden dari data survey dengan data ritase di pit section 2 timur PT. Budi Gema Gempita kabupaten lahat , sumatera selatan*. 22(c), 146–157.
- Nathanael, G. K. (2021). Industri Batubara Dari Sisi Ekonomi, Politik, Dan Lingkungan. *Parapolitika: Journal of Politics and Democracy Studies*, 2(1), 2021.
- Oguchi, T., Hayakawa, S., & Wasklewicz, T. (2011). Chapter Seven Data Sources. In *Developments in Earth Surface Processes* (Vol. 15, hal. 189–224). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53446-0.00007-0>
- Permatasari, I. O. (2016). *Measurement System Analysis Bulk Density Pada Bahan Baku Curah dengan Metode Gauge R&R*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rassarandi, F., Sai, S., & Purwanto, H. (2015). Analisis Ketelitian Perhitungan Tonase Stockpile Batubara Hasil Pengukuran Metode RTK Radio GNSS dengan Teknik Akuisisi Data secara Point to Point dan Auto. *Jurnal Integrasi*, 7(2), 123–129.
- RIEGL. (2013). *RiSCAN PRO*. RIEGL LMS.
- Speight, J. G. (2005). *Handbook of Coal Analysis*. John Wiley & Sons, Inc.
- Tarigan, M., & Sasongko, W. (2014). *Studi Komparasi Pemodelan Sumberdaya Batubara Menggunakan Perangkat Lunak Minescape Dan Surpac (Studi Kasus Iup Pt Arzara Baraindo Energi Tama, Kecamatan Tenggarong, Kabupaten Kutai Kertanegara, Provinsi Kalimantan Timur)*. Universitas Gajah Mada.
- U.S. Energy Information Administration. (2022). *IEO2021 Issues in Focus : Uncertainty in Coal Trade in India and Greater Southeast Asia* (Nomor February).
- World Coal Association. (2020). *Where is Coal Found?* World Coal Association. <http://www.worldcoal.org/coal/where-is-coal-found/>