BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor pertambangan merupakan salah satu pilar penting dalam pembangunan ekonomi yang menuntut tingkat efisiensi dan ketelitian tinggi dalam setiap tahapan operasionalnya. Pada sistem tambang terbuka (open pit mining), kegiatan pengupasan lapisan tanah penutup (*overburden*) menjadi tahap awal yang krusial sekaligus menyerap biaya operasional terbesar. Oleh karena itu, perhitungan volume *overburden* yang akurat memiliki peran strategis dalam mendukung perencanaan produksi, pengendalian biaya, penentuan pembayaran kontraktor, serta evaluasi pencapaian target produksi. Ketidaktepatan dalam perhitungan volume dapat menimbulkan dampak signifikan terhadap aspek finansial maupun teknis, seperti kesalahan estimasi biaya dan ketidaksesuaian laporan produksi.

Seiring dengan perkembangan teknologi survei dan pemetaan, metode akuisisi data mengalami transformasi dari metode konvensional menuju teknologi digital berbasis *point cloud* yang mampu merepresentasikan permukaan bumi secara lebih detail dan rapat. Dua teknologi yang saat ini banyak digunakan dalam industri pertambangan adalah *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) dan *Unmanned Aerial Vehicle* (*UAV*). *TLS* memiliki keunggulan dalam menghasilkan data dengan tingkat ketelitian tinggi serta detail permukaan yang sangat baik, namun terbatas dari segi jangkauan dan efisiensi waktu. Sebaliknya, *UAV* menawarkan keunggulan dalam cakupan area yang luas dan efisiensi akuisisi data, tetapi memiliki keterbatasan pada tingkat ketelitian serta potensi terjadinya *occlusion* pada area tertentu. Perbedaan karakteristik ini menyebabkan adanya variasi kualitas data yang berpotensi memengaruhi hasil perhitungan volume.

Selain faktor jenis data, metode perhitungan volume juga menjadi aspek penting yang menentukan hasil akhir. Metode seperti *TIN to TIN*, *grid* (*borrow pit*), dan kontur merupakan metode yang umum digunakan dalam perhitungan volume *cut and fill*. Masing-masing metode memiliki

pendekatan matematis dan representasi permukaan yang berbeda, sehingga berpotensi menghasilkan nilai volume yang tidak sama meskipun menggunakan data yang identik. Pada kondisi topografi tambang yang kompleks dan dinamis, perbedaan metode dan jenis data ini sering menimbulkan deviasi volume yang cukup signifikan dan dapat memicu perbedaan interpretasi dalam pengambilan keputusan operasional.

Permasalahan tersebut menunjukkan adanya kebutuhan untuk mengevaluasi tingkat ketelitian dan konsistensi hasil perhitungan volume berdasarkan kombinasi jenis data dan metode yang digunakan. Tanpa adanya analisis yang baik, pemilihan metode dan teknologi berpotensi tidak optimal dan dapat menimbulkan ketidakpastian dalam hasil perhitungan volume. Oleh karena itu, diperlukan suatu penelitian yang secara sistematis membandingkan hasil perhitungan volume *overburden* menggunakan data *TLS* dan *UAV* dengan metode *TIN to TIN*, *grid* (*borrow pit*), dan kontur, serta menguji kesesuaiannya terhadap standar toleransi yang berlaku.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana perbedaan hasil perhitungan volume *overburden* antara data *Terrestrial Laser Scanner* (*TLS*) dan data *Unmanned Aerial Vehicle* (*UAV*) dengan metode perhitungan *TIN to TIN*, *grid (borrow pit*), dan kontur*?*
2. Bagaimana pengaruh ketiga metode pada perhitungan volume dan tingkat ketelitian masing-masing metode terhadap standar toleransi ketelitian?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis perbedaan hasil perhitungan volume *overburden* antara data *terrestrial laser scanner* (*TLS*) dan data *unmaned aerial vehicle* (*UAV*) menggunakan metode perhitungan *TIN to TIN*, *grid (borrow pit*), dan kontur.

2. Menganalisis tingkat ketelitian masing-masing metode perhitungan volume serta kesesuaiannya terhadap standar toleransi ketelitian dalam perhitungan volume.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi tentang cara perhitungan volume *overburden* menggunakan data *terrestrial laser scanner* (*TLS*) dan data *unmaned aerial vehicle* (*UAV*) dengan metode perhitungan *TIN to TIN*, *grid (borrow pit*), dan kontur.
2. Memberikan informasi pengaruh ketiga metode pada perhitungan volume dan tingkat ketelitian masing-masing metode terhadap standar toleransi ketelitian.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian hanya dilakukan pada area pit sektor 2 Pamapersada Nusantara Site ASMI, Kab Barunang, Kec Kapuas, Kalimantan Tengah.
2. Penelitian ini difokuskan pada perhitungan volume *overburden* berdasarkan data *terrestrial laser scanner* dan data data foto udara *unmaned aerial vehicle*. dengan menggunakan metode perhitungan *TIN to TIN*, *grid (borrow pit*), dan kontur.
3. Data yang digunakan pada data *terrestrial laser scanner*, data *unmaned aerial vehicle*, dan data *truck count* adalah data tahun 2026.
4. Analisis ketelitan dilakukan berdasarkan perbandingan hasil volume dan deviasi terhadap standar toleransi yang digunakan.
5. Data *truck count* hanya digunakan sebagai data pembanding untuk melihat deviasi terhadap hasil pengukuran *Terrestrial Laser Scanner* (*TLS*) dan *Unmanned Aerial Vehicle* (*UAV*).
6. Perhitungan pada data truck count hanya berfokus pada volume total yang diangkut, dinyatakan dalam satuan *Bank Cubic Meter* (*BCM*). Volume *truck count* dihitung berdasarkan jumlah ritase dikalikan

dengan kapasitas standar *vessel* (muatan) yang telah ditentukan oleh perusahaan (42 *BCM*).

7. Penelitian tidak membahas produktifitas pengupasan *overburden* produktivitas alat, *cycle time*, efisiensi kerja alat berat, maupun analisis biaya operasional penambangan.

1.6 Penelitian Terdahulu

Adapun beberapa penelitian terdahulu yang digunakan sebagai acuan dalam penulisan ini yaitu sebagai berikut:

1. **Analisis Perbandingan Perhitungan Volume Bersih Galian dan Timbunan (Net Volume) dengan Metode Trapezoidal dan Borrow Pit pada Perangkat Lunak AutoCAD Civil 3D**

   Penelitian ini menggunakan data dari salah satu pit tambang batubara milik PT Anugerah Bara Kaltim yang dipotong menjadi tiga bagian yaitu Pit A, Pit B, dan Pit C. Perhitungan volume dilakukan menggunakan metode Trapezoidal dan Borrow Pit pada perangkat lunak AutoCAD Civil 3D, kemudian hasilnya dibandingkan terhadap hitungan manual menggunakan perangkat lunak Matlab dengan mengacu pada toleransi *ASTM* sebesar 2,78%. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata persentase selisih metode *Borrow Pit* sebesar 1,911% dan metode *Trapezoidal* sebesar 0,427%, di mana seluruh hasil metode Trapezoidal masuk dalam toleransi *ASTM*, sementara metode Borrow Pit dengan rentang jarak grid 15meter pada Pit A dan Pit B melebihi batas toleransi. Penelitian ini menyimpulkan bahwa semakin kecil rentang jarak section maupun rentang jarak grid yang digunakan, maka hasil perhitungan akan semakin mendekati nilai acuan (Rohmat Tulloh et al., 2021).

2. **Analisis Perbandingan Kuantitas Batubara Antara Drone DJI Phantom 4 RTK dengan Terrestrial Laser Scanner pada Stockpile LS DH5**

   Penelitian ini dilaksanakan di area stockpile LS DH5milik PT Bukit Asam, Tbk. di Tanjung Enim, Sumatera Selatan, dengan tujuan membandingkan hasil kuantitas batubara yang diukur menggunakan

Drone DJI Phantom 4 RTK dan *Terrestrial Laser Scanner* (*TLS*), yang kemudian diolah menggunakan *Software 12D Model 14*. Hasil perhitungan menunjukkan kuantitas batubara dari pengukuran drone sebesar 243.214,506 ton, sedangkan dari TLS sebesar 242.713,028 ton, dengan selisih sebesar 501,478 ton atau 0,21%. Berdasarkan standar *ASTM D6172-98* yang menetapkan batas toleransi maksimal 2% sebagai *industry accepted error*, selisih tersebut dinyatakan dapat diterima dan pengukuran menggunakan *drone* dianggap valid serta mendekati ketelitian pengukuran *TLS* (Hardianti et al., 2025).

3. **Pemanfaatan Data Drone dan Terestris untuk Menghitung Volume Cadangan Batu Granit In Situ dalam Rangka Menentukan Arah Kemajuan Tambang PT Aditya Buana Inter Kabupaten Bangka**

   Penelitian ini menggunakan *Drone DJI Phantom 4 Pro Versi 2* dan *Total Station Nikon DTM 322* untuk mengukur topografi eksisting dan menghitung volume cadangan batu granit di PT Aditya Buana Inter dengan metode *Cut and Fill* dan *Cross Section*. Hasil perhitungan volume cadangan menggunakan *drone* dengan metode *Cut and Fill* menunjukkan total cadangan sebesar 145.983m^3 atau 379.556 ton, sedangkan menggunakan *Total Station* dengan metode *Cross Section* diperoleh volume sebesar 142.012m^3 atau 369.204 ton, dengan selisih perhitungan sebesar 10.352 ton. Berdasarkan hasil tersebut, penelitian ini menyimpulkan bahwa metode *Cross Section* memberikan hasil yang lebih akurat karena menggunakan titik pengukuran yang lebih presisi, serta menentukan arah kemajuan penambangan selama tiga bulan berturut-turut pada Blok A dengan volume bertahap sebesar 22.923m^3, 25.330 m^3, dan 7.621m^3 (Barus et al., 2023).

4. **Perbandingan Volume Run of Mine dengan Menggunakan Data Hasil Pengukuran Terrestrial Laser Scanner dan Unmanned Aerial Vehicle**

   Penelitian ini dilaksanakan di area *Run of Mine* (*ROM*) PT FAD di Kabupaten Berau, Kalimantan Timur, menggunakan peralatan *TLS*

Riegl VZ2000i dan *drone DJI Mavic 3* yang diolah melalui software *Riscan Pro, Agisoft, CloudCompare*, dan *Surpac*, dengan acuan standar *ASTM D6172-98* yang menetapkan batas toleransi deviasi volume maksimal 2%. Hasil pengukuran menunjukkan volume *ROM* dari *TLS* sebesar 1.407,669 lcm dan dari *UAV* sebesar 1.387,357 lcm, dengan selisih 20,312 lcm atau 1,45%, sehingga kedua metode dinyatakan valid karena masih berada di bawah batas toleransi *ASTM D6172-98*. Penelitian ini menyimpulkan bahwa meskipun TLS memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dengan nilai error pengujian hanya 3,2mm dibandingkan UAV sebesar 62mm, metode UAV lebih unggul dari segi efektivitas dan efisiensi waktu pengukuran sehingga dapat menjadi alternatif andal dalam pemantauan volume tambang modern (Borhan et al., 2025).

5. **Perbandingan Perhitungan Volume *Overburden* yang Terbongkar antara Metode Truck Count dan Metode Survey pada PT. Bara Adhipratama Ulok Kupai Job Site Bengkulu Utara**

   Penelitian ini bertujuan membandingkan dua metode pengukuran volume *overburden* yang umum digunakan di industri pertambangan, yaitu metode Truck Count yang mengandalkan perhitungan ritase alat angkut dan metode Survey yang menggunakan alat ukur Total Station Sokkia CX102 serta diolah dengan perangkat lunak Surpac. Hasil penelitian pada bulan Oktober 2019 menunjukkan volume *overburden* dari metode Survey sebesar 332.371 *BCM* dan dari metode Truck Count sebesar 382.316 *BCM*, dengan deviasi sebesar 49.945 *BCM* atau 13,06%, jauh melampaui standar umum perusahaan yang seharusnya hanya berkisar 3%. Deviasi yang besar tersebut disebabkan oleh berbagai faktor seperti material yang menempel di vessel truck, pengisian muatan yang tidak maksimal, kurangnya ketelitian pencatatan ritase, dan kecurangan pada akhir shift, sehingga penelitian ini merekomendasikan pengawasan yang lebih ketat serta perbaikan prosedur pencatatan dan pengukuran di lapangan (Kivli Manik et al., 2022).

1.7 Sistematika Penulisan

Memahami lebih jelas laporan ini, maka materi-materi yang tertera pada laporan skripsi ini dikelompokkan menjadi beberapa sub-bab dengan sistematika penyampaian berdasarkan pedoman Pendidikan Program studi Teknik Geodesi Institut Teknologi Nasional Malang, yakni sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN.

   Berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah penelitian, dan sistematika penulisan. BAB I pada penelitian ini digunakan sebagai landasan untuk memahami konteks, urgensi, dan ruang lingkup penelitian.

2. BAB II LANDASAN TEORI.

   BAB ini berisikan teori yang berupa pengertian dan definisi yang diambil dari kutipan buku yang berkaitan dengan penyusunan laporan skripsi serta beberapa literature review yang berhubungan dengan penelitian.

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN.

   BAB ini berisikan penjelasan tentang bagaimana kajian ini dilakukan. BAB ini akan membahas terkait metodologi penelitian atau panduan secara rinci pelaksanaan penelitian dari lokasi penelitian, alat dan data yang digunakan, serta diagram alir penelitian.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.

   BAB ini menguraikan mengenai penjelasan dari hasil yang dilakukan dalam penelitian. Selanjutnya hasil dari penelitian akan dianalisa dan akan dikaji berdasarkan ketentuan-ketentuan yang telah ditetapkan.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.

   BAB ini berisikan penulisan laporan penelitian yaitu berupa kesimpulan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan. Serta tambahan saran sebagai bentuk penyempurnaan data.