ANALISIS PERBANDINGAN VOLUME *STOCKPILE* HASIL PENGUKURAN MENGGUNAKAN *UNMANNED AERIAL VEHICLE* DAN *TOTAL STATION* DI PT. ANTAM TBK UBPB TAYAN KABUPATEN SANGGAU KALIMANTAN BARAT

SKRIPSI

Program Studi Sarjana Teknik Pertambangan
Jurusan Teknik Pertambangan

Oleh:
MUHAMMAD ERDY GIOVAN PRAMUDYA
NIM D1101211033

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

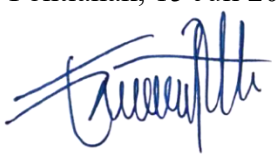
Nama : Muhammad Erdy Giovan Pramudya

NIM : D1101211033

Menyatakan bahwa dalam skripsi yang berjudul **"Analisis Perbandingan Volume *Stockpile* Hasil Pengukuran Menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle* dan *Total Station* di PT. ANTAM Tbk UBPB Tayan Kabupaten Sanggau Kalimantan Barat"** tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi manapun. Sepanjang sepengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Pustaka.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya. Saya sanggup menerima konsekuensi akademis dan hukum di kemudian hari apabila pernyataan yang dibuat ini tidak benar.

Pontianak, 15 Juli 2025



Muhammad Erdy Giovan Pramudya
D1101211033

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon (0561) 740186, WA: +6282152280907
Email : ft@untan.ac.id Website : http://teknik.untan.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PERBANDINGAN VOLUME *STOCKPILE* HASIL PENGUKURAN MENGGUNAKAN *UNMANNED AERIAL VEHICLE* DAN *TOTAL STATION* DI PT. ANTAM TBK UBPB TAYAN KABUPATEN SANGGAU KALIMANTAN BARAT

Jurusan Teknik Pertambangan
Program Studi Sarjana Teknik Pertambangan

Oleh:

MUHAMMAD ERDY GIOVAN PRAMUDYA
NIM D1101211033

Telah dipertahankan di depan Penguji Skripsi pada tanggal 15 Juli 2025
dan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana

Susunan Penguji Skripsi

Dosen Pembimbing Utama	: Ir. M. Khalid Syafrianto, S.T., M.T. NIP. 198112072014041001
Dosen Pembimbing Kedua	: Ir. Azwa Nirmala, M.T. IPM. NIP. 196804291993032004
Dosen Penguji Utama	: Ir. Budhi Purwoko, S.T., M.T. NIP. 197206052000031002
Dosen Penguji Kedua	: Yoga Herlambang WR Wibowo, S.T., M.T. NIDN. 00818038211

Pontianak, 15 Juli 2025

Dekan,

Dr.-Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM
NIP. 196712231992031002

Pembimbing Utama

Ir. M. Khalid Syafrianto, S.T., M.T.
NIP. 198112072014041001

HALAMAN PERSEMBAHAN

كَيْفَ تَخْرُقُ لَكَ العَوَائِدَ وَاَنْتَ لَمْ تَخْرُقْ مِنْ نَفْسِكَ العَوَائِدَ

"Bagaimana mungkin engkau mendapat sesuatu yang luar biasa, sementara engkau belum melakukan sesuatu yang luar biasa"
(Ibnu Atha'illah)

"Dengar! Semua orang memiliki gilirannya masing-masing. Bersabar dan tunggulah. Itu akan datang dengan sendirinya"

Alhamdulillah hirabbil'alamin

Segala puji bagi Allah SWT atas segala rahmat dan ridho-Nya, sehingga skripsi ini dapat ditulis dengan baik dan lancar hingga selesai.

Kupersembahkan skripsi ini kepada:

1. Kepada orang tua, terima kasih kepada mama (Suhernawati, S.Pd.) yang senantiasa selalu mendoakan, mendukung, memenuhi kebutuhan, dan memberikan kasih sayang setiap saat sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini dengan lancar.
2. Terima kasih kepada Dosen Pembimbing Utama Bapak Ir. M. Khalid Syafrianto, S.T., M.T., Dosen Pembimbing Kedua Ibu Ir. Azwa Nirmala, M.T. IPM., Dosen Penguji Utama Bapak Ir. Budhi Purwoko, S.T., M.T., Dosen Penguji Kedua Pak Yoga Herlambang WR Wibowo, S.T., M.T., yang telah membantu memberikan arahan, bimbingan, saran, dan nasehat kepada penulis dalam penulisan skripsi ini.
3. Terima kasih kepada seluruh Dosen Program Studi Teknik Pertambangan yang telah mengajarkan dan membantu penulis secara langsung maupun tidak langsung dalam penulisan skripsi ini.
4. Terima kasih kepada pembimbing lapangan Kerja Praktek (Bang Egi Agung Setiawan) yang telah mengajarkan banyak hal kepada penulis terkait alur pertambangan serta ilmu survey dan pemetaan.
5. Terima kasih kepada seluruh karyawan PT. Geo Fix Indonesia *site* PT. Mekko Metal Mining (Pak Deny Roswandi, Pak Rio Herlambang, Pak Tario, Pak

Siswo, Mas Dadi Fathoni Wibowo, Bang Hamesh Jr Effenson) yang telah membagi pengalaman dan ilmu yang belum pernah penulis ketahui disaat Kerja Praktek.

6. Terima kasih kepada seluruh karyawan PT. Aneka Tambang Tbk, UBPB Tayan (Pak Wawan, Pak Wiwit, Pak Chandra, Mba Leni, dan Pak Andika) dan seluruh Satuan Kerja *Quality Control* bagian survei yang telah banyak membantu pada saat melakukan penelitian dan pengambilan data di lapangan.
7. Rekan seperjuangan sekaligus sahabat penulis, terima kasih Dimas Seno Wijayanto yang selalu membantu memberikan saran dan masukan kepada penulis sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi dengan lancar dan baik. Semangat dan sukses terus kawan.
8. Seseorang dengan NIM. D1101211009, terima kasih karena pernah menemani pada proses yang penuh perjuangan ini. Atas bantuanmu dalam penulisan skripsi, kehadiranmu saat penulis hampir menyerah, dan semua dukungan di masa-masa tersulit, penulis sangat menghargainya. Terima kasih telah menjadi bagian penting dari perjalanan ini.
9. Keluarga Besar *Mining Engineering* ’21 @si_oren2021 (ORiginal ENgineer), terima kasih atas motivasi dan dukungan kalian dari awal hingga akhir sehingga penulis bisa menyelesaikan skipsi dengan baik.
10. Keluarga Besar Himpuna Mahasiswa Teknik Pertambangan Universitas Tanjungpura (HIMATA FT UNTAN), terima kasih telah memberikan banyak pengalaman dan pembelajaran yang berharga untuk penulis.
11. Anak Magang PT. Mekko Metal Mining (Dheandra, Maria, Fahrul, Anan), terima kasih telah memberikan banyak bantuan, dukungan, saran, dan masukan ketika magang.
12. *“Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days of , I wanna thank me for never quitting, I wanna thank me for always being a giver and try give more than I receive, I wanna thank me for try and do more right than wrong, I wanna thank me for just being me at all times”.*

KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **"Analisis Perbandingan Volume *Stockpile* Hasil Pengukuran Menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle* dan *Total Station* di PT. ANTAM Tbk UBPB Tayan Kabupaten Sanggau Kalimantan Barat"**.

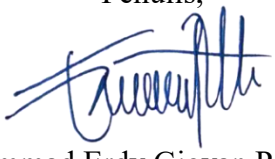
Dalam penyusunan skripsi ini banyak pihak yang telah membantu, memberikan dukungan dan mempermudah dalam penyusunan skripsi ini, baik secara langsung maupun tidak langsung. Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. M. Khalid Syafrianto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama
2. Ibu Ir. Azwa Nirmala, M.T. IPM. Selaku Dosen Pembimbing Kedua
3. Bapak Ir. Budhi Purwoko, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama
4. Bapak Yoga Herlambang WR Wibowo, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Kedua

Penulis menyadari bahwa masih banyak kesalahan dalam penyusunan skripsi ini, baik dari segi EBI, kosakata, tata bahasa, etika maupun isi. Maka dari itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran seluas-luasnya dari pembaca yang kemudian akan penulis jadikan sebagai evaluasi. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat kiranya bagi pembaca dan bagi penulis sendiri.

Pontianak, 15 Juli 2025

Penulis,



Muhammad Erdy Giovan Pramudya

D1101211033

ABSTRAK

PT. ANTAM Tbk UBPB Tayan menggunakan sistem tambang terbuka dalam operasionalnya, dengan urutan penambangan yaitu penggalian, pemuatan, dan pengangkutan ke *stockpile*. Manajemen *stockpile* secara periodik perlu dilakukan untuk mengetahui kuantitas bauksit yang masuk dan keluar. Pengukuran *stockpile* di PT. ANTAM Tbk UBPB Tayan masih menggunakan metode terestris dengan *total station*, yang membutuhkan lebih banyak *manpower*, waktu pengukuran yang lebih lama, serta berisiko tinggi karena bentuk permukaan *stockpile* yang tidak stabil. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan alternatif metode pengukuran *stockpile* yang lebih aman, efisien, serta menghasilkan data yang akurat. Penelitian ini berfokus pada perbandingan akurasi dari metode pengukuran UAV dan *total station* dengan membandingkan hasil pengukurannya terhadap data timbangan sebagai acuan. Uji perbandingan mengacu pada standar ASTM D6172-98 dengan toleransi ≤2%. Hasil perbandingan antara UAV, *total station* dan timbangan menunjukan bahwa ketiga hasil pengukuran menggunakan UAV memiliki hasil yang mendekati timbangan dan memenuhi standar ASTM dengan persentase -0,07%, 0,07%, dan -0,53%, sedangkan pada *total station* hanya dua hasil pengukuran yang mendekati timbangan dan memenuhi standar ASTM dengan persentase 2,82%, -0,08% dan 1,22%. Selain itu, pengukuran menggunakan UAV terbukti lebih efisien jika dibandingkan dengan *total station* dalam hal efisiensi waktu pengukuran, efisiensi sumber daya manusia, minim risiko dan hasil pengukuran yang akurat.

Kata Kunci: Pengukuran, Volume, *Stockpile, Unmanned Aerial Vehicle*, *Total Station*

ABSTRACT

PT. ANTAM Tbk UBPB Tayan uses an open pit mining system in its operations, with the mining sequence being excavation, loading and transportation to the stockpile. Periodic stockpile management needs to be carried out to determine the quantity of incoming and outgoing bauxite. Stockpile measurement at PT. ANTAM Tbk UBPB Tayan still uses terrestrial method with total station, which requires more manpower, longer measurement time, and high risk due to the unstable shape of the stockpile surface. This research aims to find alternative stockpile measurement methods that are safer, more efficient, and produce accurate data. This research focuses on comparing the accuracy of the UAV and total station measurement methods by comparing their measurement results against the scale data as a reference. The comparison test refers to the ASTM D6172-98 standard with a tolerance of ≤2%. The comparison results between UAV, total station and scales show that the three measurement results using UAV have results that are close to the scales and meet ASTM standards with percentages of -0.07%, 0.07%, and -0.53%, while on the total station only two measurement results are close to the scales and meet ASTM standards with percentages of 2.82%, -0.08% and 1.22%. In addition, measurements using UAVs proved to be more efficient when compared to total stations in terms of measurement time efficiency, human resource efficiency, minimal risk and accurate measurement results.

Keywords: *Measurement, Volume, Stockpile, Unmanned Aerial Vehicle, Total Station*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ..... **i**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **ii**
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **iii**
KATA PENGANTAR ..... **v**
ABSTRAK ..... **vi**
ABSTRACT ..... **vii**
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xi**
DAFTAR TABEL ..... **xiv**
DAFTAR PERSAMAAN ..... **xv**
DAFTAR ISTILAH ..... **xvi**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xx**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 2
1.4 Batasan Masalah 3
1.5 Manfaat Penelitian 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **5**
2.1 Gambaran Umum Wilayah Penelitian 5
2.1.1 Sejarah Singkat Perusahaan 5
2.1.2 Batas Administrasi Wilayah Penelitian 6
2.1.3 Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian 6
2.2 Dasar Teori 10
2.2.1 Bauksit (*Bauxite*) 10
2.2.2 *Stockpile* 12
2.2.3 Fotogrametri 13
2.2.4 *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) 14
2.2.5 *Ground Control Point* 17
2.2.6 Desain Jalur Terbang 19

2.2.7 Foto Udara 21
2.2.8 *Light Distance and Ranging* (LiDAR) 22
2.2.9 *Point Cloud* 23
2.2.10 Model 3 Dimensi 24
2.2.11 *Digital Elevation Model* (DEM) 27
2.2.12 *Orthophoto* 30
2.2.13 Terestris 30
2.2.14 *Total Station* 32
2.2.15 RMSE (*Root Mean Square Error*) 33
2.2.16 Ketelitian Geometri Peta Dasar 34
2.2.17 *Geovia Surpac* 6.6.2 36
2.2.18 Perhitungan Volume 38
2.2.19 Densitas Bauksit 42
2.2.20 Timbangan 43
2.3 Penelitian Terdahulu 44
BAB III METODOLOGI 51
3.1 Metode Penelitian 51
3.2 Lokasi Penelitian 51
3.3 Alat dan Bahan Penelitian 54
3.3.1 Alat 54
3.3.2 Perangkat lunak (*Software*) 54
3.4 Tahapan Penelitian 55
3.4.1 Persiapan 55
3.3.2 Pengambilan Data 55
3.3.3 Pengolahan Data 58
3.3.4 Analisis Data 59
3.3.5 Kesimpulan dan Saran 60
3.4 Diagram Alir 61
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 62
4.1 Hasil 62
4.1.1 Hasil Pengukuran Menggunakan UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) .. 62
4.1.2 Hasil Pengukuran Menggunakan *Total Station* 86

4.1.3 Data Timbangan 97
4.2 Pembahasan..... 100
4.2.1 Perbandingan Volume *Stockpile* Pengukuran Menggunakan UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) dan *Total Station* 100
4.2.2 Perbandingan Tonase *Stockpile* Hasil Pengukuran UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) dan *Total Station* Terhadap Data Timbangan..... 100
4.2.3 Perbandingan Tingkat Efisiensi Pengukuran Volume *Stockpile* Menggunakan UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) dan *Total Station* . 105
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 110
5.1 Kesimpulan 110
5.2 Saran 111
DAFTAR PUSTAKA.....112
LAMPIRAN.....117

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta Administrasi Sanggau 7
Gambar 2.2 Peta IUP PT. ANTAM Tbk UBP Bauksit Tayan 8
Gambar 2.3 Peta Kesampaian PT. ANTAM Tbk UBP Bauksit Tayan 9
Gambar 2.4 Bijih Bauksit 10
Gambar 2.5 Dua Jenis Endapan Bauksit 11
Gambar 2.6 *Stockpile* Bauksit 12
Gambar 2.7 Fase Perkembangan Generasi Fotogrametri 14
Gambar 2.8 *Sensefly Ebee-X* (Kiri) & *Skywalker X8* (Kanan) 15
Gambar 2.9 *Multi-Rotor* (Kiri) & *Single-Rotor* (Kanan) 16
Gambar 2.10 DJI *Mavic 3 Pro* (Kiri) & DJI *Inspire 3* (Kanan) 16
Gambar 2.11 *Ground Control Point* (GCP) 18
Gambar 2.12 Contoh Desain Jalur Terbang 19
Gambar 2.13 Contoh Hasil *Overlap* dan *Sidelap* pada Pemotretan Udara 20
Gambar 2.14 Tampalan depan/*Overlap* 20
Gambar 2.15 Tampalan samping/*Sidelap* 20
Gambar 2.16 Jenis-Jenis Foto Udara 21
Gambar 2.17 Representasi Akuisisi Data Teknologi LiDAR 22
Gambar 2.18 *Point Cloud* 23
Gambar 2.19 *Alignment Photos* 26
Gambar 2.20 *Dense Cloud* 26
Gambar 2.21 Hasil *Mesh* 27
Gambar 2.22 Perbedaan Antara DSM dan DTM 28
Gambar 2.23 *Digital Surface Model* 29
Gambar 2.24 *Digital Terrain Model* 29
Gambar 2.25 *Orthophoto* 30
Gambar 2.26 Survei Terestris 31
Gambar 2.27 *Total Station* 32
Gambar 2.28 Pembentukan DTM *Software Surpac* 38
Gambar 2.29 Metode *Cross Section* 39

Gambar 2.30 Penentuan Volume dengan Garis Kontur 40
Gambar 2.31 Penentuan Volume dengan Metode *Borrow Pit* 41
Gambar 2.32 Perhitungan Volume dengan Metode *Cut and Fill* 42
Gambar 3.1 Peta Area *Jetty* 2 PT. ANTAM Tbk UBPB Tayan 52
Gambar 3.2 Peta *Stockpile Jetty* 2 PT. ANTAM Tbk UBPB Tayan 53
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian 61
Gambar 4.1 Persiapan Pengambilan Data Foto Udara 62
Gambar 4.2 Rencana Jalur Terbang UAV Drone Area *Jetty* 2 PT. ANTAM Tbk 63
Gambar 4.3 Penentuan Parameter Terbang..... 64
Gambar 4.4 *Obstacle* Antena di Area *Jetty* 2 PT. ANTAM Tbk..... 65
Gambar 4.5 Pengambilan Data Foto Udara..... 65
Gambar 4.6 Beberapa Hasil Foto Udara UAV *Drone DJI Phantom 4 Pro V2.0*. 66
Gambar 4.7 Pengambilan Titik Referensi Awal Dari Titik BM (*Benchmark*)..... 67
Gambar 4.8 Pembuatan dan Pengukuran GCP (*Ground Control Point*) 68
Gambar 4.9 Persebaran GCP (*Ground Control Point*) di *Jetty* 2 PT. ANTAM ... 68
Gambar 4.10 Hasil *Orthophoto* Lokasi Penelitian 73
Gambar 4.11 Hasil DSM (*Digital Surface Model*) Lokasi Penelitian 73
Gambar 4.12 Hasil DTM (*Digital Terrain Model*) Lokasi Penelitian 74
Gambar 4.13 Hasil Kontur Lokasi Penelitian..... 74
Gambar 4.14 Hasil *Point Cloud* UAV *Stockpile* JFL 003..... 75
Gambar 4.15 Hasil 3D *Point Cloud* UAV *Stockpile* JFL 003..... 76
Gambar 4.16 Hasil *Solid Model* UAV *Stockpile* JFL 003..... 76
Gambar 4.17 Hasil *Model* 3D UAV *Stockpile* JFL 003 77
Gambar 4.18 Hasil Kontur UAV *Stockpile* JFL 003..... 77
Gambar 4.19 *Design Surface* Kontur UAV *Stockpile* JFL 003..... 78
Gambar 4.20 Hasil *Point Cloud* UAV *Stockpile* JHG 004 OS 79
Gambar 4.21 Hasil 3D *Point Cloud* UAV *Stockpile* JHG 004 OS 79
Gambar 4.22 Hasil *Solid Model* UAV *Stockpile* JHG 004 OS 80
Gambar 4.23 Hasil *Model* 3D UAV *Stockpile* JHG 004 OS..... 80
Gambar 4.24 Hasil Kontur UAV *Stockpile* JHG 004 OS 81
Gambar 4.25 *Design Surface* Kontur UAV *Stockpile* JHG 004 OS 81

Gambar 4.26 Hasil *Point Cloud* UAV *Stockpile* JHG 004 82
Gambar 4.27 Hasil 3D *Point Cloud* UAV *Stockpile* JHG 004..... 82
Gambar 4.28 Hasil *Solid Model* UAV *Stockpile* JHG 004 83
Gambar 4.29 Hasil *Model* 3D UAV *Stockpile* JHG 004..... 83
Gambar 4.30 Hasil Kontur UAV *Stockpile* JHG 004 84
Gambar 4.31 *Design Surface* Kontur UAV *Stockpile* JHG 004 84
Gambar 4.32 Pengambilan Data Survei di Area *Jetty* 2 PT. ANTAM Tbk 86
Gambar 4.33 Titik Pengambilan Data *Total Station Stockpile* JFL 003 89
Gambar 4.34 Hasil *Solid Model Total Station Stockpile* JFL 003 89
Gambar 4.35 Hasil *Model* 3D *Total Station Stockpile* JFL 003..... 90
Gambar 4.36 Hasil Kontur *Total Station Stockpile* JFL 003 90
Gambar 4.37 *Design Surface* Kontur *Total Station Stockpile* JFL 003 91
Gambar 4.38 Titik Pengambilan Data *Total Station Stockpile* JHG 004 OS..... 91
Gambar 4.39 Hasil *Solid Model Total Station Stockpile* JHG 004 OS..... 92
Gambar 4.40 Hasil *Model* 3D *Total Station Stockpile* JHG 004 OS 92
Gambar 4.41 Hasil Kontur *Total Station Stockpile* JHG 004 OS..... 93
Gambar 4.42 *Design Surface* Kontur *Total Station Stockpile* JHG 004 OS..... 93
Gambar 4.43 Titik Pengambilan Data *Total Station Stockpile* JHG 004..... 94
Gambar 4.44 Hasil *Solid Model Total Station Stockpile* JHG 004..... 94
Gambar 4.45 Hasil *Model* 3D *Total Station Stockpile* JHG 004 95
Gambar 4.46 Hasil Kontur *Total Station Stockpile* JHG 004 95
Gambar 4.47 *Design Surface* Kontur *Total Station Stockpile* JHG 004..... 96
Gambar 4.48 Jembatan Timbang..... 97
Gambar 4.49 *Overlay* Kontur UAV (Hitam) dan *Total Station* (Merah)..... 103
Gambar 4.50 Diagram Perbandingan Tonase *Stockpile* JFL 003 104
Gambar 4.51 Diagram Perbandingan Tonase *Stockpile* JHG 004 OS..... 104
Gambar 4.52 Diagram Perbandingan Tonase *Stockpile* JHG 004..... 104

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ketelitian Geometri Peta RBI BIG 2018 35
Tabel 2.2 Ketentuan Ketelitian Geometri Peta RBI 35
Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu 44
Tabel 4.1 Parameter Terbang 64
Tabel 4.2 Koordinat GCP Aktual 69
Tabel 4.3 Koordinat GCP Prediksi 69
Tabel 4.4 Tabel *Root Mean Square Error Ground Control Point* dan Ketelitian Geometri 70
Tabel 4.5 Analisis Ketelitian Geometri Peta RBI 72
Tabel 4.6 Beberapa Koordinat *Stockpile* JFL 003 87
Tabel 4.7 Beberapa Koordinat *Stockpile* JHG 004 OS 87
Tabel 4.8 Beberapa Koordinat *Stockpile* JHG 004 88
Tabel 4.9 Data Timbangan *Stockpile* JFL 003 98
Tabel 4.10 Data Timbangan *Stockpile* JHG 004 OS 98
Tabel 4.11 Data Timbangan *Stockpile* JHG 004 99
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Volume *Stockpile* Menggunakan UAV dan TS ... 100
Tabel 4.13 Perbandingan Tonase *Stockpile* Hasil Pengukuran UAV, *Total Station* dan Timbangan 101
Tabel 4.14 Perbandingan Tingkat Efisiensi 106
Tabel 4.15 Hasil Penelitian Terdahulu 108
Tabel L.1 Koordinat Hasil Pengukuran *Stockpile* JFL 003 144
Tabel L.2 Koordinat Hasil Pengukuran *Stockpile* JHG 004 OS 150
Tabel L.3 Koordinat Hasil Pengukuran *Stockpile* JHG 004 151
Tabel L.4 Report Hasil Perhitungan Volume UAV *Stockpile* JFL 003 165
Tabel L.5 Report Hasil Perhitungan Volume UAV *Stockpile* JHG 004 OS..... 166
Tabel L.6 Report Hasil Perhitungan Volume UAV *Stockpile* JHG 004..... 167
Tabel L.7 Report Hasil Perhitungan Volume TS *Stockpile* JFL 003 168
Tabel L.8 Report Hasil Perhitungan Volume TS *Stockpile* JHG 004 OS 169
Tabel L.9 Report Hasil Perhitungan Volume TS *Stockpile* JHG 004 170

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 Rumus Perhitungan RMSE 34
Persamaan 2.2 Rumus Perhitungan RMSE Total 34
Persamaan 2.3 Rumus Perhitungan Ketelitian Horizontal 36
Persamaan 2.4 Rumus Perhitungan Ketelitian Vertikal..... 36
Persamaan 2.5 Rumus Perhitungan Volume Metode *Cross Section* 39
Persamaan 2.6 Rumus Perhitungan Volume Metode Kontur 40
Persamaan 2.7 Rumus Perhitungan Volume Metode *Borrow Pit*..... 40
Persamaan 2.8 Rumus Perhitungan Volume Metode *Cut and Fill*..... 42
Persamaan 2.9 Rumus PerhitunganTonase..... 43
Persamaan 2.10 Rumus Perhitungan Persentase *Error* 43

DAFTAR ISTILAH

Stockpile	Tempat penyimpanan sementara material hasil tambang yang berfungsi sebagai penyangga antara produksi dan distribusi.
UAV	Merupakan singkatan dari *Unmanned Aerial Vehicle*, yang berarti kendaraan udara tanpa awak.
Fotogrametri	Teknik pemetaan melalui foto udara untuk memperoleh informasi tentang objek fisik dan lingkungan melalui proses perekaman, pengukuran, dan interpretasi gambar fotografi atau rekaman gelombang elektromagnetik.
Terestris	Teknik pengukuran dan pemetaan permukaan bumi yang dilakukan secara langsung di lapangan dengan menggunakan berbagai instrumen survei.
RMSE	Merupakan singkatan dari *Root Mean Square Error,* yang berarti simpangan baku residu, atau selisih rata-rata antara nilai proyeksi dan nilai aktual yang dihasilkan.
ASTM	Merupakan singkatan dari *American Standard Testing and Material*, suatu organisasi internasional yang mengembangkan standarisasi teknik untuk material, produk, sistem dan jasa.
UBPB	Merupakan singkatan dari Unit Bisnis Pertambangan Bauksit.
MIND ID	Merupakan singkatan dari *Mining Industry* Indonesia sebuah badan usaha milik negara Indonesia yang bergerak di bidang industri pertambangan dan fokus utamanya adalah pada pertambangan nikel, bauksit, dan emas.
BUMN	Merupakan singkatan dari Badan Usaha Milik Negara sebuah badan usaha yang modalnya dimiliki sepenuhnya atau sebagian besar oleh negara melalui penyertaan modal secara langsung dari kekayaan negara yang dipisahkan.

Open Cast	Metode penambangan terbuka yang digunakan untuk menambang mineral dekat permukaan tanah atau lereng bukit.
GCP	Merupakan singkatan dari *Ground Control Point*, titik referensi di lapangan dengan koordinat geografis yang diketahui dan digunakan untuk proses georeferensi dan ortorektifikasi citra udara.
ICP	Merupakan singkatan dari *Independent Check Point*, titik kontrol yang digunakan untuk mengevaluasi akurasi dan kualitas hasil pemrosesan foto udara atau citra satelit, setelah proses pengolahan selesai.
RTK	Merupakan singkatan dari *Real-Time Kinematic,* teknik yang digunakan untuk meningkatkan akurasi posisi yang diperoleh dari sistem navigasi satelit (GNSS) seperti GPS, secara *real-time*.
Overlap	Pertampalan foto udara yaitu daerah tumpang tindih antara foto-foto yang berurutan atau pada jalur penerbangan yang sama.
Forward Overlap	Tumpang tindih gambar yang diambil searah dengan jalur penerbangan dalam fotografi udara.
Side Overlap	Daerah tumpang tindih antara foto-foto yang diambil dari jalur terbang yang berbeda, biasanya di antara jalur terbang yang berdekatan.
GNSS	Merupakan singkatan dari *Global Navigation Satellite System,* yang mencakup berbagai sistem satelit dari berbagai negara yang menyediakan layanan penentuan posisi, navigasi, dan pengaturan waktu.
GPS	Merupakan singkatan dari *Global Positioning System,* yaitu sistem navigasi berbasis satelit yang memungkinkan kita untuk menentukan posisi, kecepatan, dan waktu dengan akurasi tinggi.

LiDAR	Merupakan singkatan dari *Light Detection and Ranging*, yaitu teknologi penginderaan jarak jauh yang menggunakan pulsa laser untuk mengukur jarak dan menciptakan model 3D dari suatu area atau objek.
Orthophoto	Citra udara yang telah dikoreksi secara geometris untuk menghilangkan distorsi yang disebabkan oleh *relief* dan kemiringan permukaan bumi.
DEM	Merupakan singkatan dari *Digital Elevation Model*, representasi permukaan bumi dalam bentuk digital, yang menampilkan informasi ketinggian atau elevasi suatu wilayah.
DSM	Merupakan singkatan dari *Digital Surface Model,* model permukaan bumi digital yang memuat elevasi dari semua fitur yang ada di permukaan, termasuk vegetasi, bangunan, dan objek lain.
DTM	Merupakan singkatan dari *Digital Terrain Model*, representasi digital dari permukaan tanah dalam bentuk 3D, yang menunjukkan ketinggian dan fitur topografi lainnya.
CE90	Merupakan singkatan dari *Circular Error* 90%, ukuran ketelitian geometrik horizontal dalam peta.
LE90	Merupakan singkatan dari *Linear Error* 90%, ukuran ketelitian geometrik vertikal (ketinggian) dalam peta.
BIG	Merupakan singkatan dari Badan Informasi Geospasial, lembaga pemerintah nonkementerian Indonesia yang bertugas menyelenggarakan informasi geospasial.
RBI	Merupakan singkatan dari Rupa Bumi Indonesia, peta yang menampilkan berbagai unsur alam dan buatan manusia di wilayah Indonesia, termasuk daratan, pantai, dan laut.
WGS	Merupakan singkatan dari *World Geodetic System*, standar internasional yang digunakan dalam pemetaan, geodesi, dan navigasi.

3D	Merupakan singkatan dari tiga dimensi.
Jetty	Dermaga atau struktur yang menjorok dari daratan ke perairan, seperti sungai, laut, atau danau. Biasanya untuk memuat dan membongkar material tambang ke kapal/tongkang.
Survey	Pengukuran dan pemetaan yang dilakukan di area tambang, baik di permukaan maupun di bawah tanah, untuk tujuan mengidentifikasi dan mengukur karakteristik fisik dan spasial dari tambang tersebut.
AOI	Merupakan singkatan dari *Area of Interest,* area tertentu dalam gambar atau stimulus visual yang ingin dianalisis.
DT	Merupakan singkatan dari *Dump Truck,* kendaraan berat yang dirancang untuk mengangkut dan membongkar material.
Hauling	Proses pengangkutan atau pemindahan bahan tambang dari lokasi penambangan ke lokasi pengolahan, penyimpanan, atau pelabuhan.
BM	Merupakan singkatan dari *Benchmark,* titik referensi permanen yang digunakan sebagai dasar untuk mengukur ketinggian titik-titik lainnya.
Kontur	Garis imajiner yang menggambarkan ketinggian permukaan bumi dengan nilai yang sama di atas permukaan laut.
Solid Model	Representasi digital tiga dimensi dari suatu objek yang merepresentasikan objek tersebut secara solid.
Tonase	Jumlah total ton yang terdaftar atau diangkut.
Jemtim	Merupakan singkatan dari Jembatan Timbang, alat penimbangan yang digunakan untuk menimbang muatan yang diangkut, baik itu batubara, bijih, atau material tambang lainnya.

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	Spesifikasi Alat
LAMPIRAN B	Dokumentasi Penelitian di Lapangan
LAMPIRAN C	Hasil Pengambilan Data
LAMPIRAN D	Hasil *Report Agisoft Metashape Professional*
LAMPIRAN E	Hasil Report Perhitungan Volume *Metode Cut and Fill Software Surpac*
LAMPIRAN F	Surat Keterangan Penelitian Tugas Akhir

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. ANTAM (Persero) Tbk merupakan salah satu perusahaan pertambangan yang merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang melakukan kegiatan eksplorasi dan eksploitasi mineral logam di Indonesia. PT. ANTAM (Persero) Tbk Unit Bisnis Pertambangan Bauksit (UBPB) Tayan merupakan unit bisnis dari PT. ANTAM (Persero) yang menambang bijih bauksit di Kecamatan Tayan Hilir, Kabupaten Sanggau, Provinsi Kalimantan Barat. Dalam melakukan proses penambangan PT. ANTAM (Persero) Tbk Unit Bisnis Pertambangan Bauksit Tayan menggunakan sistem tambang terbuka dengan urutan penambangan yaitu penggalian, pemuatan, dan pengangkutan ke *stockpile*.

Stockpile merupakan tempat penyimpanan sementara bauksit yang digunakan sebagai penyangga antara pengiriman dan produksi bauksit. Manajemen *stockpile* secara periodik/berkala dilakukan oleh PT. ANTAM Tbk untuk mengetahui kuantitas bauksit yang masuk dan yang keluar. Selain untuk mengetahui jumlah material yang tersedia di area penyimpanan, hasil volume *stockpile* juga digunakan sebagai acuan pembayaran kepada kontraktor karena memberikan dasar yang objektif, akurat, dan dapat diverifikasi untuk menentukan besaran pembayaran sesuai dengan volume pekerjaan yang telah diselesaikan.

Salah satu metode yang paling umum digunakan dalam pengukuran volume *stockpile* adalah metode terestris dengan menggunakan alat ukur *total station*. Kelebihan dari metode ini yaitu hasil perhitungannya dapat mendekati volume asli dari *stockpile* bauksit, namun hal itu sangat bergantung pada distribusi penyebaran titik pengukuran dan bentuk permukaan *stockpile* yang akan diukur. Dalam beberapa situasi, proses pengambilan titik pengukuran dapat menjadi berbahaya karena kondisi dan bentuk permukaan *stockpile* yang tidak stabil, sehingga bentuk permukaan *stockpile* tidak dapat digambarkan dengan baik (Halimi, 2018 dalam Ramadhan, M. G., & YUHANAFIA, N., 2020).

Seiring dengan perkembangan teknologi dan teknik dalam pengukuran, perhitungan volume *stockpile* juga dapat dilakukan dengan metode pengukuran lain seperti metode fotogrametri menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Menurut Salsabila (2017) perhitungan volume *stockpile* menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dapat diterapkan karena memiliki beberapa keunggulan yaitu cakupan area pengukuran yang lebih luas dan waktu pengukuran yang lebih singkat jika dibandingkan dengan menggunakan *total station*. Selain itu pengukuran menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) akan menghasilkan *point cloud* yang dapat merepresentasikan bentuk *stockpile* secara detail, serta menghasilkan pengukuran yang lebih teliti karena dapat mencakup seluruh bentuk *stockpile* bauksit yang tidak beraturan.

Pengukuran volume *stockpile* di PT. ANTAM Tbk UBPB Tayan masih menggunakan metode terestris dengan alat *total station*, keterbatasan dari metode ini yaitu membutuhkan lebih banyak *manpower* dan waktu pengukuran yang lebih lama, serta proses pengambilan titik pengukuran dapat menjadi berbahaya karena kondisi dan bentuk permukaan *stockpile* yang tidak stabil. Oleh karena itu, diperlukan alternatif metode pengukuran volume *stockpile* yang lebih aman, efisien, serta menghasilkan data yang akurat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat dirumuskan beberapa masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Terjadinya ketidakefisienan pada pengukuran volume *stockpile* yang dilakukan oleh perusahaan.
2. Munculnya potensi bahaya bagi surveyor ketika melakukan pengukuran volume *stockpile* di lapangan.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Menghitung volume *stockpile* dengan menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dan *total station*.

2. Membandingkan tonase *stockpile* hasil pengukuran menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dan *total station* terhadap data timbangan.
3. Membandingkan tingkat efisiensi pengukuran volume *stockpile* antara *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dan *total station*.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengolahan data dilakukan menggunakan *Software Agisoft Metashape* dan *Surpac*.
2. Metode analisis ketelitian data foto udara menggunakan uji akurasi *Root Mean Square Error* (RMSE) melalui *Software Agisoft Metashape*.
3. Analisis uji validasi hasil pengukuran volume akan dilakukan dengan data timbangan sebagai acuan.
4. Analisis tingkat efisiensi hanya membandingkan jumlah *manpower*, waktu pengambilan dan pengolahan data, tingkat keamanan, dan akurasi hasil pengukuran.
5. Uji perbandingan deviasi hasil pengukuran volume *stockpile* mengacu pada standar ASTM D6172-98 (*American Society for Testing and Materials*) dengan toleransi yang diberikan adalah ≤2% yang merupakan nilai *industry accepted error*.

1.5 Manfaat Penelitian

Dari penelitian tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi perusahaan, universitas, dan bagi penulis sendiri. Manfaat penelitian yang dimaksud adalah:

1. Bagi Perusahaan

   Hasil penelitian dapat menjadi bahan pertimbangan perusahaan terkait pemilihan metode dalam melakukan monitoring volume *stockpile* dengan memanfaatkan teknologi yang dinilai efektif dan efisien serta dapat dikembangkan dalam kurun waktu yang akan datang.

2. Bagi Universitas

   Memberikan referensi untuk mendukung penelitian-penelitian yang berkaitan dengan penggunaan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dan *total station* dalam pemodelan dan perhitungan volume *stockpile*.

3. Bagi Penulis

   Menambah wawasan dan pengalaman langsung mengenai pemanfaatan teknologi yang dapat memudahkan dalam proses kegiatan pertambangan.