

**SKRIPSI**

**STUDI PENGUKURAN *ANGLE OF REPOSE* MENGGUNAKAN WAHANA  
*UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV)* DAN *TERRESTRIAL LASER  
SCANNER (TLS)* PADA *STOCKPILE PT. ANEKA DHARMA  
PERSADA, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA***



Disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral  
Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

**Oleh :**

**HARIS NUR EKA PRASETYA**

**NIM. 710017018**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA**

**2022**

**SKRIPSI**

**STUDI PENGUKURAN *ANGLE OF REPOSE* MENGGUNAKAN WAHANA  
*UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV)* DAN *TERRESTRIAL LASER  
SCANNER (TLS)* PADA *STOCKPILE PT. ANEKA DHARMA  
PERSADA, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA***

Disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral  
Institut Teknologi Nasional Yogyakarta



**Oleh :**

**HARIS NUR EKA PRASETYA**

**NIM. 710017018**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA  
2022**

**STUDI PENGUKURAN *ANGLE OF REPOSE* MENGGUNAKAN WAHANA  
*UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV)* DAN *TERRESTRIAL LASER  
SCANNER (TLS)* PADA *STOCKPILE* PT. ANEKA DHARMA  
PERSADA, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA**

**LEMBAR PERSETUJUAN**



**Oleh :**

**HARIS NUR EKA PRASETYA**

**710017018**

Disetujui untuk

Program Studi Teknik Pertambangan

FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL YOGYAKARTA

Tanggal :

Dosen Pembimbing I



**(Hidayatullah Sidiq, S.T., M.T.)**

**NIK : 1973 0294**

Dosen Pembimbing II



**(Bayurohman Pangacella Putra, S.T., M.T.)**

**NIK : 1973 0296**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**STUDI PENGUKURAN *ANGLE OF REPOSE* MENGGUNAKAN WAHANA  
*UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV)* DAN *TERRESTRIAL LASER  
SCANNER (TLS)* PADA *STOCKPILE* PT. ANEKA DHARMA  
PERSADA, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral  
Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Pada Tanggal. 17/08/2022

Oleh : Haris Nur Eka Prasetya / 710017018

Diterima Guna Memenuhi Persyaratan untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik

Susunan Tim Penguji :

- |  |         |
|--|---------|
| 1. <u>Hidayatullah Sidiq, S.T., M.T.</u><br>Ketua Tim Penguji            | 1. .... |
| 2. <u>Bayurohman Pangacella Putra, S.T., M.T.</u><br>Anggota Tim Penguji | 2. .... |
| 3. <u>Dr. Supandi, S.T.,M.T.</u><br>Anggota Tim Penguji                  | 3. .... |



Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknologi Mineral

(Dr. Ir. Setyo Pambudi, M.T.)  
NIK : 1973 0058

Menyetujui,  
Ketua Program Studi  
Teknik Pertambangan S1

(Bayurohman Pangacella Putra, S.T., M.T.)  
NIK : 1973 0296

## **DIPERSEMBAHKAN UNTUK**

Bismillahirrahmanirrahim, Alhamdulillahirobbil'alamin, Allahumma sholli 'ala sayyidina Muhammad wa'ala ali sayyidina Muhammad, Skripsi ini saya persembahkan untuk :

- ❖ Kedua orang tua saya yang selama ini membesarkan saya dengan penuh materi dan doa yang tak terhingga, Bapak Sarmuji dan Mamak Ponirah. Terimakasih menjadi alasan saya untuk menjadi manusia yang lebih baik dan bermanfaat.
- ❖ Adikku tersayang Hanif Helmi Nur Jannah
- ❖ Bu Tri dan keluarga daleman baru, uztad, seluruh guru dan dosen, serta guru-guru hidup saya lainnya
- ❖ Seseroang terbaik yang selalu menemani
- ❖ PT. Rekayasa Minetech Indonesia

## SARI

PT. Aneka Dharma Persada merupakan perusahaan kontraktor dan batching plant penyedia aspal dan *precast* beton, salah satu bahan bakunya adalah kerikil. Penimbunan material kerikil yang dimiliki untuk saat ini 161.5 m<sup>2</sup> dengan maksimal perluasan  $\pm 800$  m<sup>2</sup> sedangkan permintaan market akan produk semakin banyak, sehingga diperlukan kajian daya tampung maksimal stockpile dengan mengacu nilai optimal dari *angle of repose*. Pengukuran aktual *angle of repose* jarang dilakukan di stockpile, umumnya mengacu nilai empiris.

Pengukuran pada stockpile dilakukan aktual dengan menggunakan *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) dan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dengan dibandingkan data *Total Station* (TS) didapatkan nilai perbedan pengukuran *angle of repose* 1.06% TLS terhadap TS, serta -2,3% UAV terhadap TS. Data menunjukkan variasi data yang kecil dengan nilai mean dan median yang tidak jauh. Hasil uji T menunjukkan nilai sig pada Aktual TS dan TLS sebesar 0,543 dan nilai sig pada Aktual TS dan UAV adalah 0,215 kedua nilai menunjukkan nilai yang lebih besar dari 0,05 artinya tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara TLS dan UAV terhadap aktual di lapangan. TLS unggul pada akurasi sedangkan UAV memiliki biaya yang lebih murah dan waktu yang paling cepat.

Kapasitas optimal *stockpile* dengan nilai *angle of repose* yang di ketahui adalah 1.200 m<sup>3</sup> dengan tinggi 4,5 m serta luas 800m<sup>2</sup> sesuai kapasitas maksimal lahan. Material yang di maksud adalah split kerikil andesit dengan nilai D80 8.47, 8.53 dan 10.41 mm (split 1-1 cm).

Kata Kunci : Sudut Tenang, Kerikil, Stockpile, UAV, TLS

## **ABSTRACT**

*PT. Aneka Dharma Persada is a contractor and backing plant company that provides asphalt and precast concrete, one of the raw materials is gravel. The current stockpile of gravel material is 161.5 m<sup>2</sup> with a maximum expansion of  $\pm 800$  m<sup>2</sup> while the market demand for products is increasing, so it is necessary to study the maximum capacity of the stockpile by referring to the optimal value of the angle of repose. Actual measurement of angle of repose is rarely done in the stockpile, generally referring to empirical values.*

*Measurements on the stockpile are actually carried out using a Terrestrial Laser Scanner (TLS) and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) by comparing the Total Station (TS) data, the difference in angle of repose measurement values is 1.06% TLS to TS, and -2.3% UAV to TS. . The data shows a small data variation with the mean and median values that are not far apart. The results of the T test show that the sig value on the Actual TS and TLS is 0.543 and the sig value on the Actual TS and UAV is 0.215, both values show a value greater than 0.05, meaning that there is no significant difference between TLS and UAV on the actual in the field. TLS excels in accuracy while UAV has a lower cost and the fastest time.*

*The optimal stockpile capacity with the known angle of repose value is 1200 m<sup>3</sup> with a height of 4.5 m and an area of 800m<sup>2</sup> according to the maximum land capacity. The material in question is split andesite gravel with D80 values of 8.47, 8.53 and 10.41 mm (1-1 cm split).*

*Keyword : Angle of Repose, Sand, Stockpile, UAV, TLS*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa Allah SWT., atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Skripsi ini dengan judul "Studi Pengukuran *Angle of Repose* Menggunakan Wahana *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* dan *Terrestrial Laser Scanner (TLS)* pada *Stockpile* PT. Aneka Dharma Persada, Daerah Istimewa Yogyakarta”

Dalam penyusunan proposal skripsi ini, tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. H. Ircham, M.T., selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
2. Bapak Dr. Ir. Setyo Pambudi, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Mineral Institut Teknologi Nasional Yogyakarta.
3. Bapak Bayurohman Pangacella Putra, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknoloji Mineral, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta sekaligus sebagai Dosen Pembimbing II.
4. Bapak Hidayatullah Sidiq, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I.
5. Bapak Dr. Supandi, S.T.,M.T, selaku Dosen Penguji.
6. Semua pihak yang membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penulisan proposal skripsi ini ini.

Penulis mengerti bahwa dalam penyusunan proposal skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh sebab itu, penulis mohon kritik dan saran dari pembaca agar dapat dijadikan bahan evaluasi oleh penulis.

Yogyakarta, Agustus 2022

Penulis



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>SARI .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Maksud dan Tujuan .....	3
1.4.1. Maksud.....	3
1.4.2. Tujuan .....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
1.6. Metode Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN UMUM .....</b>	<b>8</b>
2.1. Lokasi dan Kesampaian Daerah .....	8
2.2. Keadaan Iklim dan Curah Hujan.....	9
2.3. Geologi Regional .....	9
2.3.1. Fisiografi .....	9
2.3.2. Geomorfologi Regional .....	10
2.3.3. Stratigrafi Regional .....	11
2.3.4. Struktur Geologi Regional .....	13
2.4. Geologi Daerah Penelitian.....	13
2.5. Company Profile PT. Aneka Dharma Persada .....	14
2.6. Sumber Material ADP.....	16

2.6.1. Jenis Batuan.....	17
<b>BAB III DASAR TEORI .....</b>	<b>20</b>
3.1. Material Kerikil .....	20
3.2. <i>Stockpile</i> .....	20
3.3. Pesawat Tanpa Awak (UAV) .....	21
3.3.1. Klasifikasi UAV.....	22
3.3.2. <i>Small UAV</i> dan Fotogrametri .....	23
3.4. <i>Structure From Motion</i> (SFM).....	24
3.5. <i>Terrestrial Laser Scanner</i> (TLS).....	26
3.5.1. Prinsip pengukuran TLS .....	26
3.5.2. Teknik Registrasi Data TLS.....	26
3.6. <i>Point Cloud</i> dan DEM ( <i>Digital Elevation Model</i> ) .....	30
3.7. Sistem Referensi dan Georeferensi.....	31
3.7.1. <i>Ground Control Point</i> (GCP).....	31
3.7.2. Independent Check Points (ICP).....	32
3.8. Standar Akurasi Model.....	32
3.9. <i>Angle of Repose</i> .....	34
3.10. <i>Angle of Fall</i> .....	35
3.11. Pengukuran Nilai <i>Angle of Repose</i> .....	36
3.11.1. Skala Laboratorium.....	36
3.11.2. Aktual Lapangan .....	37
3.12. Statistika.....	39
3.13. Uji <i>Poired Sample Test</i> .....	42
3.14. SPSS.....	42
<b>BAB IV HASIL DATA DAN PENGOLAHAN .....</b>	<b>43</b>
4.1. Dimensi dan Daya Tampung <i>Stockpile</i> .....	43
4.2. Pembuatan BM dan <i>Ground Control Point</i> (GCP) .....	43
4.2.1. Pembuatan Kerangka Kontrol Utama ( <i>Benchmark</i> ) dan GCP ....	43
4.3. Hasil Pengukuran <i>Total Station</i> .....	45
4.3.1. Pengukuran Kerangka Dasar Pemetaan .....	45
4.3.2. Pengukuran Detail Situasi .....	46

4.3.3. Pengolahan Data.....	47
4.4. Hasil Pengukuran UAV.....	47
4.4.1. Pembuatan <i>Orthophoto</i> dan DSM ( <i>Digital Surface Model</i> ) .....	49
4.4.2. Pembuatan DEM ( <i>Digital Elevation Model</i> & Kontur 3D) .....	50
4.5. Hasil Pengukuran TLS .....	52
4.6. Hasil dan Analisis Uji Validasi .....	53
4.6.1. Ketelitian Geometri Pengukuran (LE90) .....	53
4.7. Hasil Pencatatan Waktu Pengukuran .....	55
4.7.1. Waktu dan Biaya Penggunaan Alat.....	55
4.7.2. Biaya Penggunaan Alat .....	55
4.8. Titik Pengambilan Sampel .....	56
4.8.1. Hasil Analisis Distribusi Ukuran Butiran .....	56
<b>BAB V PEMBAHASAN .....</b>	<b>58</b>
5.1. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	58
5.2. Nilai <i>Angle of Repose</i> .....	58
5.3. Hasil Uji Statistika terhadap Nilai <i>Angle of Repose</i> .....	59
5.3.1. Uji Normalitas.....	60
5.3.2. Uji T .....	60
5.4. Nilai D80 dan D60 Material .....	61
5.5. Kapasitas Optimal <i>Stockpile</i> .....	63
<b>BAB VI PENUTUP .....</b>	<b>66</b>
6.1. Kesimpulan.....	66
6.2. Saran .....	65
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>68</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Kerangka Berfikir Penelitian.....	7
Gambar 2.1. Kondisi Lokasi Penelitian .....	8
Gambar 2.2. Peta Kesampaian Daerah.....	8
Gambar 2.3. Grafik rata-rata curah hujan (CH) bulanan di Stasiun Sedayu tahun (2019).....	9
Gambar 2.4. Peta Fisiografi daerah Jawa Tengah dan Jawa Timur.....	10
Gambar 2.5. Peta Geologi Daerah Penelitian.....	14
Gambar 2.6. <i>Stone Crusher</i> .....	15
Gambar 2.7. <i>Asphalt Mixing Plant (AMP)</i> .....	15
Gambar 2.8. <i>Concrete Batching Plant</i> .....	16
Gambar 2.9. Pabrik Beton <i>Precast</i> .....	16
Gambar 2.10. Lokasi Tambang Batu Sumber Material PT. ADP.....	16
Gambar 2.11. Peta Lokasi Pengambilan Pasir dan Batu.....	17
Gambar 2.12. <i>Sample 01 ADP</i> .....	17
Gambar 2.13. Sayatan tipis perbesaran 40 kali pada sample ADP 01 .....	18
Gambar 3.1. Ilustrasi Timbunan Material di <i>Stockpile</i> .....	21
Gambar 3.2. Pola Penimbunan a) <i>Cone Ply</i> , b) <i>Chevron</i> , c) <i>Chevron</i> , d) <i>Windrow</i> .....	21
Gambar 3.3. Contoh <i>Multicopter</i> , <i>Multi-rotor</i> (kiri), dan <i>Single-rotor</i> .....	22
Gambar 3.4. Contoh Produk DJI. <i>Mavic</i> (Kiri) dan <i>Metrice</i> (Kanan) .....	23
Gambar 3.5. Prinsip <i>Stereophotogrammetry</i> .....	25
Gambar 3.6. Konsep <i>Overlapping</i> Pengambilan Foto Metode SfM.....	25
Gambar 3.7. Mekanisme Pengukuran TLS .....	26
Gambar 3.8. <i>Sphere</i> yang Didirikan di Atas Statif.....	27
Gambar 3.9. Registrasi Data Dari Dua Pemindaian Dengan Metode <i>Target to Target</i> .....	27
Gambar 3.10. Ilustrasi Proses Registrasi Metode <i>Cloud to Cloud</i> .....	28
Gambar 3.11. Ilustrasi Registrasi <i>Cloud to Cloud</i> .....	29
Gambar 3.12. Contoh Visualisasi <i>Point Cloud</i> dan DEM .....	30

Gambar 3.13. GCP dan Cakupan Area Penerbangan.....	32
Gambar 3.14. <i>Angle of Repose</i> Optimal.....	34
Gambar 3.15. Besaran <i>Angle of Repose</i> .....	34
Gambar 3.16. a) Kondisi pada <i>Angle of Repose</i> , b) Timbunan setelah diberikan gaya eksternal berupa getaran akan mengalami keruntuhan menghasilkan sudut <i>Angle of Fall</i> .....	35
Gambar 3.17. Metode Pembentukan Kerucut Timbunan Dalam Skala Laboratorium .....	36
Gambar 3.18. Alat Ukur <i>Angle Of Repose</i> .....	37
Gambar 3.19. Metode Pengukuran Sudut .....	37
Gambar 3.20. Ilustrasi pembentukan TIN.....	37
Gambar 3.21. Metode Analisis Sudut, a) Data <i>Point Cloud</i> , b) <i>Filtering Noise</i> , c) Model DEM Timbunan, d) Penentuan Nilai Sudut .....	38
Gambar 3.22. <i>Interface Software 3D Mine</i> .....	38
Gambar 3.23. <i>Boxplot</i> .....	41
Gambar 4.1. Peta Citra <i>Drone Stockpile</i> PT. ADP .....	43
Gambar 4.2. Alat GPS geodetic CHC i50 (kiri) Konsep Pengukuran GNSS secara relatif dengan metode Statik dan kinematic (kanan) .....	44
Gambar 4.3. Pengukuran GCP dengan GPS <i>Geodetic metode static</i> .....	45
Gambar 4.4. Kerangka dasar pemetaan topografi.....	46
Gambar 4.5. Pengukuran dengan menggunakan Total Station.....	46
Gambar 4.6. Hasil Topografi .....	47
Gambar 4.7. Pengukuran dengan UAV.....	47
Gambar 4.8. Rencana Jalur Terbang.....	48
Gambar 4.9. <i>Point clouds</i> UAV .....	48
Gambar 4.10. RMSE GCP dan ICP .....	48
Gambar 4.11. Hasil <i>Orthophoto</i> .....	49
Gambar 4.12. Hasil DSM ( <i>Digital Surface Model</i> ) .....	50
Gambar 4.13. Kondisi Topografi .....	51
Gambar 4.14. Pengukuran menggunakan TLS .....	52
Gambar 4.15. <i>Point clouds</i> TLS.....	52

Gambar 4.16. Titik Pengambilan Sampel .....	56
Gambar 4.17. Hasil ayakan Sampel kiri-atas .....	57
Gambar 5.1. Penampang sayatan pada timbunan.....	58
Gambar 5.2. <i>Boxplot</i> nilai AoR.....	59
Gambar 5.3 Kurva akumulasi ukuran butir tanah keseluruhan sampel (atas, tengah, dan bawah) .....	61
Gambar 5.4. Grafik karakteristik ukuran butir D80 dan D60 secara vertikal .....	62
Gambar 5.5. Ilustrasi distribusi ukuran butir material pada timbunan.....	62
Gambar 5.6. Ilustrasi <i>stockpile</i> memanjang dan optimaliasainya .....	63
Gambar 5.7. Rekomendasi dimensi ukuran <i>stockpile</i> .....	63

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Batasan-Batasan Ukuran Golongan Tanah .....	20
Tabel 3.2. Perbedaan UAV Fotogrametri Dengan <i>Aerial</i> dan <i>Close Range</i> Fotogrametri .....	24
Tabel 3.3. Ketelitian Geometri Peta RBI .....	33
Tabel 3.4. Nilai <i>Angle of Repose</i> Batuan .....	35
Tabel 4.1. Ukuran <i>Stockpile</i> PT. ADP .....	43
Tabel 4.2. Koordinat Grid UTM Zone 49-S datum WGS 1984.....	45
Tabel 4.3. Parameter Terbang .....	48
Tabel 4.4. Koordinat ICP <i>point clouds</i> .....	53
Tabel 4.5. RMSE ICP .....	54
Tabel 4.6. Ketelitian Geometri Peta RBI .....	54
Tabel 4.7. Pencatatan Waktu Pengukuran.....	55
Tabel 4.8. Rincian Alat dan Biaya .....	55
Tabel 4.9. Kode dan Koordinat Titik Sampel .....	56
Tabel 5.1. Waktu Penelitian .....	58
Tabel 5.2. Nilai AoR Berdasarkan 6 posisi perhitungan sudut .....	59
Tabel 5.3. Hasil Statistik Nilai AoR dari TLS, <i>Drone</i> serta Aktual TS .....	59
Tabel 5.4. Hasil uji normalitas .....	60
Tabel 5.5. Hasil uji T.....	60
Tabel 5.6. Ukuran butir berdasarkan D80 dan D60 .....	61
Tabel 5.7. Sebaran Ukuran butir D80 dan D60 secara vertikal .....	62
Tabel 5.8. Rekomendasi dimensi, luasan, dan estimasi volume <i>stockpile</i> .....	63