

BAB IV HASIL DATA DAN PENGOLAHAN

4.1. Dimensi dan Daya Tampung *Stockpile*

Hasil pengukuran menunjukkan untuk saat ini, *stockpile* kerikil ukuran 1-1 cm pada *stockpile* PT. Aneka dharma Persada memiliki luas 161,5 m² dengan batasan pada peta berikut.



(Sumber : Foto Udara 2022)

Gambar 4.1. Peta Citra *Drone* *Stockpile* PT. ADP

Tabel 4.1. Ukuran *Stockpile* PT. ADP

Stockplie	Luas (m ²)
Split 1-1	161,5
Total Luas	161,5

(Sumber : Pengukuran Berdasar Citra *Drone* 2022)

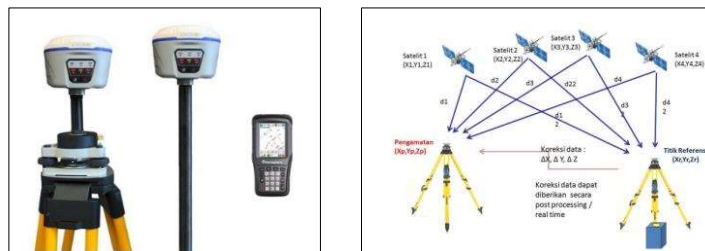
4.2. Pembuatan BM dan *Ground Control Point* (GCP)

4.2.1. Pembuatan Kerangka Kontrol Utama (*Benchmark*) dan GCP

Kegiatan pekerjaan pengukuran kerangka kontrol utama merupakan pengukuran titik referensi pemetaan yang diikatkan terhadap Jaring Kontrol

Geodesi Nasional (JKGN) orde yang lebih tinggi. Pelaksanaan pengukuran kerangka kontrol Pekerjaan pengukuran dilakukan dengan metode survei GNSS untuk menentukan koordinat BM dalam sistem referensi koordinat dari titik yang digunakan sebagai titik referensi dilaksanakan pada tanggal 30 April 2022. Survei GNSS ini ditujukan untuk menentukan koordinat/posisi titik BM sebagai titik kontrol untuk kebutuhan pengukuran timbunan stockpile PT. ADP khususnya sebagai titik referensi utama.

Kegiatan pengukuran GCP dengan metode survei GNSS dilaksanakan menggunakan alat receiver GPS/GNSS tipe Geodetik dual frekuensi (L1&L2). Penentuan posisi dengan GNSS (Global Navigation Satellite System) adalah penentuan posisi di muka bumi dengan menggunakan wahana satelit dengan mengukur jarak antara satelit dengan receiver di muka bumi.



Gambar 4.2. Alat GPS geodetic CHC i50 (kiri), Konsep Pengukuran GNSS secara relatif dengan metode Statik dan kinematik (kanan)

Penentuan posisi secara statik (static positioning) adalah penentuan posisi dari titik-titik yang statik (diam). Penentuan posisi ini dilakukan menggunakan minimal 2 GPS Geodetic yang aktif merekam data secara bersamaan dengan lama waktu yang sama. Dibandingkan dengan metode penentuan posisi kinematik, ukuran lebih pada suatu titik pengamatan yang diperoleh dengan metode statik biasanya lebih banyak. Hal ini menyebabkan keandalan dan ketelitian posisi yang diperoleh umumnya relatif paling tinggi (dapat mencapai orde mm sampai cm).

Dibandingkan dengan metode penentuan posisi kinematik, ukuran lebih pada suatu titik pengamatan yang diperoleh dengan metode statik biasanya lebih banyak. Hal ini menyebabkan keandalan dan ketelitian posisi yang diperoleh umumnya relatif paling tinggi (dapat mencapai orde mm sampai cm).

Pemasangan GCP(Ground Control Point) dan BM

1. Penentuan persebaran titik GCP
2. Pemasangan GCP metode Statik
3. Penggunaan Titik 2 GCP untuk di jadikan BM



Gambar 4.3. Pengukuran GCP dengan GPS *Geodetic metode static*

Berdasarkan kegiatan survei GNSS pada tanggal 30 April 2022 diperoleh koordinat dari titik-titik BM yang akan digunakan sebagai kerangka kontrol utama pemetaan.

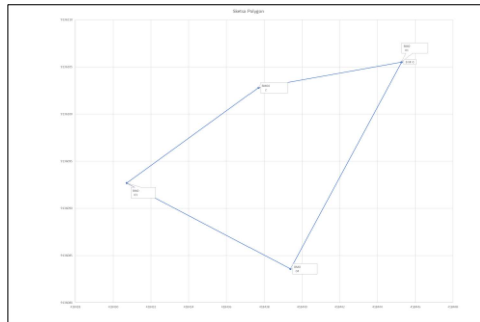
Tabel 4.2. Koordinat Grid UTM Zone 49-S datum WGS 1984

Nama	Easting (m)	Northing (m)	Tinggi (m) (Ref: Geoid)
BM 1/ GCP 1	418422,691	9136087,613	86,097
BM 2/ GCP 2	418417,547	9136075,831	86,285
GCP 3	418415,968	9136072,081	86,377
GCP 4	418415,085	9136066,871	86,340

4.3. Hasil Pengukuran *Total Station*

4.3.1. Pengukuran Kerangka Dasar Pemetaan

Pengukuran kerangka dasar pemetaan terbagi menjadi dua, kerangka kontrol horisontal (KKH) dan kerangka kontrol vertikal (KKV). Pada pekerjaan ini pengukuran kerangka dasar dilakukan secara bersamaan antara KKH dan KKV menggunakan alat ukur Total Station Nikon NPL-322 pada 30 April – 1 Mei 2022.



Gambar 4.4. Kerangka dasar pemetaan topografi

Prinsip penentuan posisi untuk KKH menggunakan pengikatan kemuka dan untuk KKV menggunakan prinsip trigonometri. Metode pengukuran kerangka dasar pemetaan menggunakan metode poligon tertutup agar nilai koordinat atau posisi dari titik kerangka memiliki kontrol karena pengukuran kembali lagi ke titik awal. Total titik kerangka pada pemetaan di PT.ADP, Daerah Istimewa Yogyakarta adalah 4 titik polygon diikatkan terhadap titik referensi BM dengan pola kerangka seperti pada gambar berikut.



Gambar 4.5. Pengukuran dengan menggunakan *Total Station*

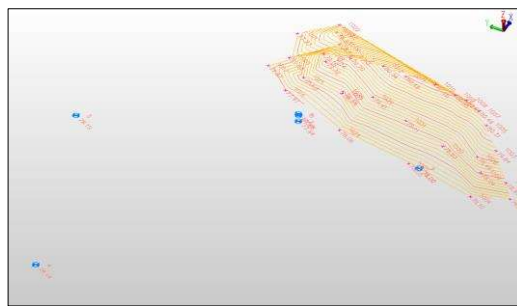
4.3.2. Pengukuran Detail Situasi

Maksud dari pengukuran detail adalah untuk memberikan data *topografi* di atas peta sehingga diperoleh bayangan atau informasi dari relief bumi untuk mengambil data rinci lapangan, baik objek alam maupun buatan manusia seperti bangunan-bangunan, jalan, dan sebagainya. Pelaksanaan pengukuran detail dilakukan setelah pengukuran kerangka dasar pada 30 April – 1 Mei 2022. Objek-objek yang diukur kemudian dihitung posisi horizontal dan vertikalnya (x, y, z).

Untuk selanjutnya garis kontur akan dibuat untuk masing-masing ketinggian dapat ditentukan dengan cara menginterpolasi titik-titik kontur.

4.3.3. Pengolahan Data

Pengolahan data terbagi atas beberapa bagian, yaitu pengolahan kerangka kontrol utama yang disajikan pengolahan poligon utama, dan pengolahan detail situasi. Pada bagian ini dijelaskan pengolahan data ukuran survei topografi yaitu poligon dan detail situasi.



Gambar 4.6. Hasil Topografi

Pembuatan peta topografi dilakukan pada perangkat lunak AutoCAD Civil 3D dengan melakukan plotting titik-titik detail situasi dan penarikan garis kontur. Garis kontur yang dibuat memiliki interval atau selang kontur mayor 2,5 m dan kontur minor 0,5 m.

4.4. Hasil Pengukuran UAV

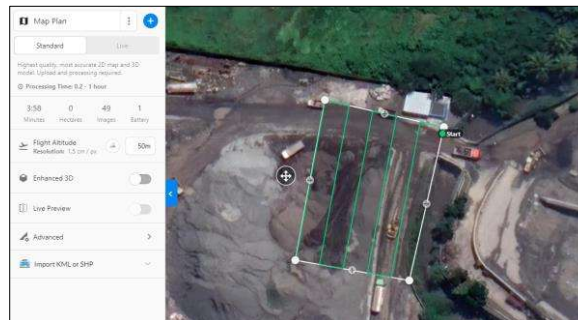
Pembuatan rencana terbang menggunakan software Drone Deploy, dengan parameter sebagai berikut :



Gambar 4.7. Pengukuran dengan UAV

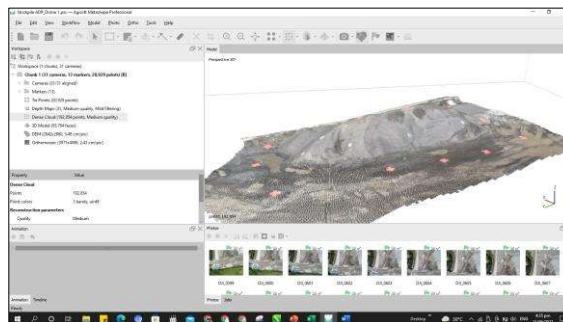
Tabel 4.3. Parameter Terbang

Parameter	
1. Tinggi Terbang	50 Meter
2. Overlap	90 %
3. Sidelap	90 %



Gambar 4.8. Rencana Jalur Terbang

Hasil pengolahan UAV dalam bentuk *point clouds* yang merupakan hasil pengolahan *Build Dense Cloud* dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.9. Point clouds UAV

Gambar diatas menunjukkan hasil dari pengolahan UAV. Hasil *Generate Report* dari pengolahan *Agisoft photoscan* menunjukkan:

Ketelitian hasil georeferensi ditunjukkan pada report RMSE GCP

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
4	0.616511	0.851261	1.09936	1.05106	1.52096

Table 4. Control points RMSE.

X - Longitude, Y - Latitude, Z - Altitude.

Gambar 4.10. RMSE GCP

Gambar 4.10 menunjukkan RMSE GCP sebesar 1,52096 cm atau 0,0152 m, RMSE GCP menunjukkan ketepatan pengikatan GCP berdasarkan GCP yang lain

RMSE pada pengolahan ini perlu diperhatikan dengan baik karena GCP merupakan titik koordinat diketahui yang digunakan untuk georeferensi. Semakin kecil RMSE, semakin baik pula hasil georeferensi. Penelitian ini mendapatkan ketelitian cukup baik yaitu mencapai ketelitian cm.

4.4.1. Pembuatan *Orthophoto* dan DSM (*Digital Surface Model*)

Orthophoto/image dibuat dari foto perspektif melalui proses rektifikasi differensial, yang meniadakan pergeseran letak gambar yang disebabkan oleh posisi miring sensor pada saat perekaman dan variasi topografi. Pada foto miring, pergeseran letak gambar oleh relief tergantung pada tinggi terbang, jarak titik dari nadir, kelengkungan bumi, dan ketinggian. Dalam prosesnya, pergeseran letak oleh relief pada sembarang foto dan variasi skala dapat dieliminasi sehingga skala menjadi seragam pada seluruh foto. Pada tahapan ini foto udara diolah secara otomatis menggunakan metode 3D model dan *image matching*.

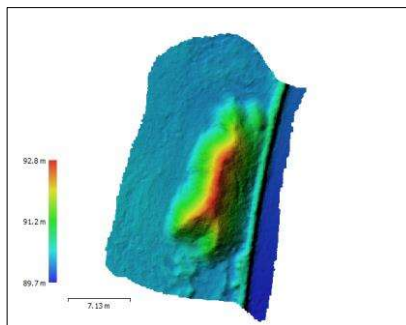


Gambar 4.11. Hasil *Orthophoto*

Foto- foto akan ter-*match* secara otomatis dengan membaca nilai piksel atau obyek yang sama pada foto yang bertampalan. Sehingga terbentuk susunan foto foto yang bertampalan yang menghasilkan gabungan foto atau mosaik foto. Dari hasil mosaik maka dilanjutkan proses *georeferencing* foto tersebut agar sesuai dengan sistem koordinat tanah yang digunakan. *Georeferencing* menggunakan GCP, sebagai kontrol atau referensi foto mosaik, yaitu koordinat *easting*, *northing* (UTM zone 49S)

dan z (elevasi elipsoid), sehingga menghasilkan mosaik foto yang terorthoretifikasi atau biasa disebut **Orthophoto**.

Orthophoto adalah foto foto yang termosaiik dan terorthorekstifikasi (transformasi sistem koordinat foto ke koordinat tanah menggunakan referensi 3 dimensi (easting, northing dan elevasi). Bersamaan dengan proses pembentukan orthophoto maka terbentuk juga surface hasil intersection dari beberapa foto yang bertampalan, hasil tersebut adalah DSM (Digital Surface Model).



Gambar 4.12. Hasil DSM (*Digital Surface Model*)

4.4.2. Pembuatan DEM (Digital Elevation Model & Kontur 3D)

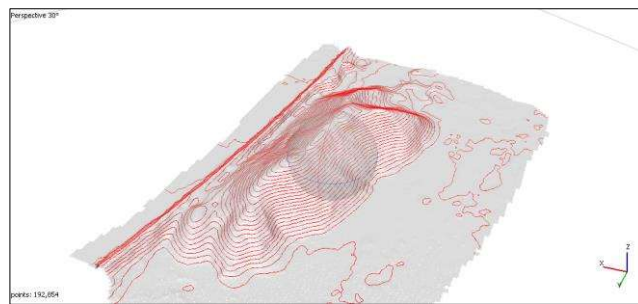
Kontur adalah tampilan garis yang mendeskripsikan ketinggian permukaan bumi. Perbedaan elevasi diantara garis kontur disebut sebagai interval kontur, yang dipilih sebagai fungsi dari skala peta dan relief permukaan. Semakin kecil skala peta, semakin besar interval kontur yang digunakan, karena garis kontur akan cenderung menjadi lebih rapat.

Area dengan medan yang curam juga dibutuhkan interval kontur yang besar, sehingga garis kontur yang digunakan tidak terlalu rapat. Peta kontur terdiri titik elevasi pada bukit tertinggi dan daerah terendah, perpotongan jalan, dan pada titik lain yang membutuhkan untuk keperluan penggambaran topografi.

Pengolahan data point cloud (kumpulan titik yang memiliki nilai koordinat dan ketinggian/ XYZ) menjadi sumber pengolahan data DEM dan kontur. Sebaran titik (point cloud) hasil rekaman foto udara pada prosesnya akan membentuk model yang mampu mewakili bentuk relief permukaan bumi sesuai dengan skala yang terbentuk. Permodelan tersebut dibentuk dari interpolasi antar titik/point sehingga

semakin rapat atau banyak titik yang ada maka bentuk relief akan semakin mendekati model sesungguhnya.

Data DEM yang dihasilkan dari interpolasi point cloud akan langsung didapatkan hasilnya jika permukaan bumi yang direkam merupakan area terbuka. Namun jika terdapat penutup lahan berupa pohon, bangunan dll. maka data point cloud harus diolah terlebih dahulu supaya mendapatkan nilai permukaan tanahnya. Data DEM yang dihasilkan tersebut selanjutnya dapat diekstraksi menjadi data kontur.



Gambar 4.13. Kondisi Topografi

Pengolahan data point cloud untuk menjadi DEM pada pekerjaan ini menggunakan Software Cloud Compare, Global Mapper dan ArcGIS. Sistem kerjanya yakni memasukkan terlebih dahulu data point cloud yang telah diproses sebelumnya di Agisoft ke dalam software cloud compare. Selanjutnya karena sumber data masih ada wilayah yang memiliki penutup lahan, proses yang dilakukan yakni filtering point cloud dengan proses CSF Filter (metodenya dengan memisahkan low point yang dianggap sebagai ground point dengan mengikuti relief yang terbentuk). Selanjutnya Low point/ Ground point diekspor ke dalam format data .e57 yang selanjutnya diproses di global mapper.

Fungsi global mapper hanya untuk merubah format data .e57 yang akan diekspor ke dalam format Shapefile. Shapefile yang telah tersimpan selanjutnya diolah di ArcGIS (Arcmap) dengan menggunakan tools Raster Interpolation. Pada pekerjaan ini, Interpolasi yang digunakan adalah Natural Neighbor karena hasilnya yang paling mendekati dan representatif mewakili relief dari wilayah

kajian. Hasil interpolasi tersebut merupakan data DEM yang selanjutnya dapat diproses untuk menjadi data kontur wilayah kajian.

Hasil data kontur format Shapefile kemudian dapat di export menjadi format CAD .dxf maupun .dwg agar dapat di pergunakan sesuai kebutuhan, baik dalam perhitungan sumberdaya maupun kajian lainnya.

4.5. Hasil Pengukuran TLS



Gambar 4.14. Pengukuran menggunakan TLS

Hasil pengolahan TLS didapatkan setelah proses akuisisi, registrasi, import data, indeks scan, registrasi ulang hingga mendapatkan kualitas yang lebih baik berdasarkan parameter yang diperlukan. Hasil pengolahan data TLS dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15. *Point clouds* TLS

Gambar 4.15 menunjukkan hasil kondisi point clouds dari pengolahan TLS yaitu tahap registrasi dimana warna point clouds terlihat cukup terang dikarenakan terpengaruh pada kondisi cahaya matahari saat mengambil dimana cukup terik sehingga kontras warna point clouds terlihat terang. Pewarnaan point clouds ini menggunakan metode RGB didapatkan dari kamera yang ada pada TLS sehingga

kualitas warna yang didapatkan pada point clouds bergantung pada kualitas kamera dan kondisi pengambilan gambar dimana faktor yang paling berpengaruh saat pengambilan foto adalah kondisi cahaya dan pada saat pengambilan data TLS dilakukan saat pagi hari dimana posisi matahari masih rendah dan disisi timur dan terlihat backlight dan silau, sehingga warna tidak sebaik itu di beberapa sisi dan cukup baik ketika matahari mulai meninggi.

4.6. Hasil dan Analisis Uji Validasi

4.6.1. Ketelitian Geometri Pengukuran (LE90)

Uji akurasi posisi didapatkan menggunakan nilai RMSE Independent Check Point (ICP). RMSE ICP merupakan titik koordinat yang diketahui nilai koordinat lapangan dengan melakukan pengukuran kemudian dibandingkan dengan koordinat pada point clouds yang didapatkan dengan mengecek titik yang sama pada software Clouds Compare.

Tabel 4.4. Koordinat ICP *point clouds*

No	Nama	Easting	Northing	Elevasi TS
1	ICP 6	418418,540	9136070,000	86,593
2	ICP 7	418422,190	9136070,450	88,582
3	ICP 8	418419,670	9136069,810	87,684
4	ICP 9	418422,980	9136071,190	88,779
5	ICP 10	418423,410	9136072,100	88,879
6	ICP 11	418423,660	9136072,910	88,737
7	ICP 12	418423,950	9136074,180	88,769
8	ICP 13	418424,170	9136076,040	88,737
9	ICP 14	418424,670	9136077,550	88,521
10	ICP 15	418425,240	9136079,770	87,790

Nilai RMSE ICP yang dihitung menggunakan *software* Microsoft Excel dapat dilihat pada Tabel 4.7. Nilai RMSE ICP didapatkan pada tingkat desimeter dengan RMSEz TLS adalah 0,046 m dengan nilai LE90 0,076 m dan UAV adalah 0,143 m dengan LE90 0,236 m. Nilai RMSE ini menunjukkan bahwa nilai lapangan dan *point clouds* terdapat perbedaan atau pergeseran dalam georeferensinya, hal ini dapat dipengaruhi karena ketidaktepatan penempatan titik

pada saat melakukan georeferensi dimana titik *point clouds* pada tiap *scan* memiliki sedikit perbedaan, sehingga penempatan antara titik *scan* 1 dengan *scan* lainnya tidak selalu tepat pada posisi titik *point clouds* yang sama. Selain itu RMSE yang mengacu data TS pada timbunan juga di pengaruhi oleh posisi prisma yang menancap atau material yg bergeser karena di pijak.

Tabel 4.5. RMSE ICP

No	Elevasi TS (m)	Elevasi TLS (m)	Elevasi UAV (m)	Selisih TS-TLS (m)	Selisih TS-UAV (m)	Kuadrat Selisih TS-TLS (m)	Kuadrat Selisih TS-UAV (m)
1	86,593	86,572	86,531	0,021	0,062	0,000	0,004
2	88,582	88,589	88,140	-0,007	0,442	0,000	0,195
3	87,684	87,457	87,491	0,227	0,193	0,052	0,037
4	88,779	88,731	88,406	0,048	0,373	0,002	0,139
5	88,879	88,858	88,611	0,021	0,268	0,000	0,072
6	88,737	88,755	88,611	-0,018	0,126	0,000	0,016
7	88,769	88,847	88,564	-0,078	0,205	0,006	0,042
8	88,737	88,656	88,459	0,081	0,278	0,007	0,077
9	88,521	88,478	88,453	0,043	0,068	0,002	0,005
10	87,790	87,807	87,489	-0,017	0,301	0,000	0,091
					Jumlah	0,070	0,678
					Rata-rata	0,002	0,021
					RMSE	0,046	0,143
					LE90	0,076	0,236

Tabel 4.6. Ketelitian Geometri Peta RBI

No	Skala	Interval Kontur (m)	Ketelitian Peta RBI					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			Horizontal (CE90)	Vertikal (LE90)	Horizontal (CE90)	Vertikal (LE90)	Horizontal (CE90)	Vertikal (LE90)
1	1:1.000.000	400	200	200	300	300	500	500
2	1:50.000	200	100	100	150	150	250	250
3	1:250.000	100	50	50	75	75	125	125
4	1:100.000	40	20	20	30	30	50	50
5	1:50.000	20	10	10	15	15	25	25
6	1:25.000	10	5	5	7,5	7,6	12,5	12,6
7	1:10.000	4	2	2	3	4	5	6
8	1:5.000	2	1	1	1,5	1,6	2,5	2,6
9	1:2.000	1	0,5	0,5	0,75	0,75	1,25	1,26
10	1:1.000	0,4	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5	0,6

(Sumber : Badan Informasi Geospasial ,2014)

Pada pengujian DEM TLS dan UAV dapat diuji menggunakan pengujian ketelitian peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) yang dikeluarkan melalui Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (BIG) No 15 Tahun 2014. Menurut Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (BIG) No 15 Tahun 2014, ketelitian peta RBI termasuk kedalam Kelas 1 pada skala 1:2000 dengan nilai LE90 berkisar 0,2 m sampai 0,5 m dapat dilihat pada tabel 4.8.

4.7. Hasil Pencatatan Waktu Pengukuran

4.7.1. Waktu dan Biaya Penggunaan Alat

Tabel 4.7. Pencatatan Waktu Pengukuran

Jenis Instrumen	Terrestrial Laser Scanner	Unamed Aerial Vehicle
1. Persiapan	Pembuatan Marking Overlay	Pemasangan Marking GCP
	15 menit	15 menit
2. Kalibrasi dan Pemasangan Alat	Pemasangan TLS pada Statif (Centring dan Kalibrasi Alat)	Pengukuran Titik GCP dengan GPS Geodetik dan <i>Settings</i> UAV
	1 jam	20 menit
3. Akuisi Data	Scanning dan Moving Alat	Akuisi Data Foto Udara
	2 jam	5 menit
Total Waktu	3 Jam 35 menit	30 menit

4.7.2. Biaya Penggunaan Alat

Tabel 4.8. Rincian Alat dan Biaya

Jenis Instrumen	Terrestrial Laser Scanner	Unamed Aerial Vehicle
Merk	Topcon GLS 150	DJI Phantom 4 Pro
Kelengkapan	GPS Geodetik E Survey Statif	GPS Geodetik E Survey Statif
Biaya Sewa	TLS Topcon + Statif Rp. 2000.000/Hari	DJI Phantom 4 Pro Rp. 500.000/Hari
Simulasi Sewa	Rp.2000.0000 / Day	Rp. 500.000 / day
Biaya Pembelian	Rp. 450 Juta <i>*Harga Berdasarkan https://www.tradekorea.com/</i>	Rp. 20 Juta <i>*Harga Berdasarkan https://iprice.co.id/</i>

4.8. Titik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 9 sampel material dengan titik pengambilan sampel kanan, tengah, dan kiri diharapkan dapat mewakili material pada keseluruhan timbunan.



(Sumber : Foto Udara 2022)

Gambar 4.16. Titik Pengambilan Sampel

Tabel 4.9. Kode dan Koordinat Titik Sampel

No	Sampel_id
1	Kanan-Atas
2	Kanan-Tengah
3	Kanan-Bawah
4	Tengah-Atas
5	Tengah-Tengah
6	Tengah-Bawah
7	Kiri-Atas
8	Kiri-Tengah
9	Kiri-Bawah

(Sumber : Pengukuran Berdasar Citra Drone 2022)

4.8.1. Hasil Analisis Distribusi Ukuran Butiran

Pengujian didasarkan ukuran material pada stockpile yaitu produk berukuran 1-1 cm, artinya mayoritas produk merupakan ukuran tersebut. Nilai angle of repose sangat di pengaruhi dengan variasi ukuran butir, sehingga perlu di ketahui distribusi ukuran butiran pada material ukuran 1-1 cm tersebut (Lampiran 3.)

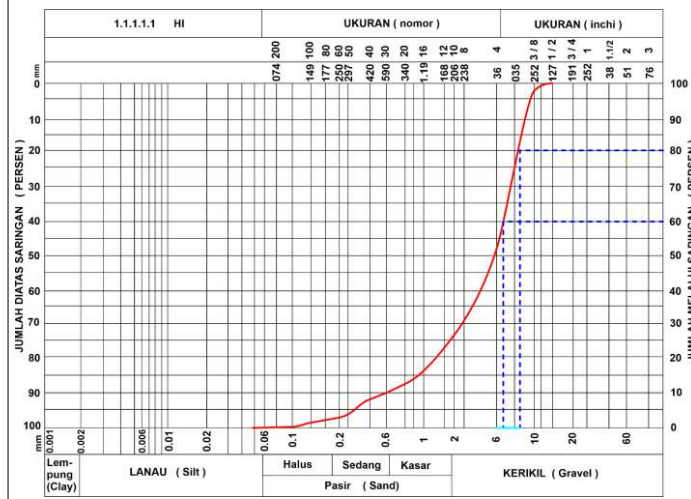


Laboratorium Mekanika Tanah
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
Jl. Babarsari, Tambak Bayan, Caturtunggal, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281

No. Pengujian : Kiri 1
 Jenis Contoh : Kerikil 1-1 Crusher
 Jumlah Contoh :
 Diterima Tanggal :
 Diuji Tanggal : 20-05-2022
 Diuji Oleh : Haris Nur Eka Prasetya
 Diperiksa Oleh :

Pengujian dilaksanakan sesuai dengan metode uji SNI ASTM C136:2012

Saringan mm (inci)	Massa Tertahan	Jumlah Tertahan	Persentase Kumulatif		Spesifikasi
	Gram (a)	Gram (b)	Tertahan (c)	Lolos (d)	
12.7 mm (No. 1/2)	0	0	0.000%	100.000%	
9.5 mm (No. 3/8)	60	60	3.871%	96.129%	
4.760 mm (No. 4)	665	725	46.774%	53.226%	
2.000 mm (No. 10)	410	1135	73.226%	26.774%	
0.841 mm (No. 20)	205	1340	86.452%	13.548%	
0.595 mm (No. 30)	40	1380	89.032%	10.968%	
0.420 mm (No. 40)	65	1445	93.226%	6.774%	
0.250 mm (No. 60)	35	1480	95.484%	4.516%	
0.149 mm (No. 100)	30	1510	97.419%	2.581%	
0.074 mm (No. 200)	30	1540	99.355%	0.645%	
pan	10	1550	100.000%	0.000%	
Modulus Kehalusan :					



(Sumber : Hasil Laboratorium Distribusi Ukuran Butir 2022)

Gambar 4.17. Hasil ayakan Sampel kiri-atas