

Pelaksanaan Pekerjaan Cut and Fill pada Proyek Pembangunan Perumahan Subsidi Bukit Pinus Banjaran, Kabupaten Bandung

Nabila Fitria^{a,1}, Bambang Jatmika^{b,2}

^aMahasiswa Teknik Sipil Universitas Nusa Putra, ^bDosen Pembimbing

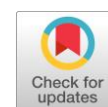
¹nabila.fitria_ts21@nusaputra.ac.id; ²bambang.jatmika@nusaputra.ac.id

ABSTRAK

Study Completion Program Internship Track dilakukan pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Komputer Teknik dan Desain Universitas Nusa Putra merupakan program mengaplikasikan berbagai ilmu yang telah diperoleh selama pembelajaran. Pelaksanaan kegiatan Study Completion Program Internship Track di Perusahaan SETIABUDILAND melakukan pekerjaan *cut and fill* terkait Proyek Pembangunan Perumahan Subsidi Bukit Pinus Banjaran, Kab. Bandung, Jawa Barat. Metode pelaksanaan kegiatan Study Completion Program Internship Track ini dengan pendekatan deskriptif kualitatif melalui survey dan wawancara secara langsung dari sumber aslinya yaitu Project Manajer sekaligus pembimbing di tempat magang. Hasil kegiatan Study Completion Program Internship Track terkait pelaksanaan kegiatan *cut and fill* ini menunjukkan bahwa terdapat beberapa faktor pada proses *cut and fill*, yaitu adalah kondisi tanah atau lahan yang berbukit dan lembah pada Lokasi proyek, permasalahan terkait gangguan alam berupa hujan dan pekerjaan pun diwajibkan untuk berhenti karena tidak efektif dan berbahaya bagi para pekerja di lapangan.

ABSTRACT

Study Completion Program Internship Track is carried out in the Civil Engineering Study Program, Faculty of Computer Engineering and Design, Nusa Putra University, which is a program to apply various knowledge that has been obtained during learning. Implementation of Study Completion Program Internship Track activities at the SETIABUDILAND Company carrying out cut and fill work related to the Bukit Pinus Banjaran Subsidized Housing Development Project, Kab. Bandung, West Java. The method for implementing the Study Completion Program Internship Track activities is a qualitative descriptive approach through surveys and interviews directly from the original source, namely the Project Manager and supervisor at the internship site. The results of the Study Completion Program Internship Track activities related to the implementation of cut and fill activities show that there are several factors in the cut and fill process, namely the condition of the land or land which is hilly and valley at the project location, problems related to natural disturbances in the form of rain and work is also required discontinued because it was ineffective and dangerous for workers in the field.



KATA KUNCI

Study Completion Internship Track, Cut and Fill

KEYWORDS

Study Completion Internship Track, Cut and Fill



This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

1. Pendahuluan

Pekerjaan *cut and fill* (galian dan timbunan) bagian dari sebuah proses yang berhubungan dengan pekerjaan tanah dimana sejumlah material baik tanah maupun bebatuan yang di ambil dari tempat tertentu dan kemudian dipindahkan ke tempat lain agar tercipta elevasi yang diinginkan atau agar lebih rapih sebelum dilakukan tahap Pembangunan. Dalam pengerjaannya dibutuhkan pengukuran yang teliti sebelum melakukan proses di lapangan.

Banyaknya beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses *cut and fill*, yang salah satunya adalah kondisi tanah atau lahan yang berbukit dan lembah pada Lokasi proyek, adapun permasalahan terkait gangguan alam berupa hujan dan pekerjaan pun diwajibkan untuk berhenti karena tidak efektif dan berbahaya bagi para pekerja di lapangan.

Ada banyak sifat tanah, dan jenisnya pun beragam ada tanah pasir, lempung, lanau dan lumpur. Pekerjaan *Cut and Fill* membutuhkan alat berat seperti Excavator dan Bulldozer, serta penggunaannya pun harus dilakukan dengan hati-hati. Sehingga untuk mendapatkan hasil pekerjaan *Cut and Fill* yang sesuai dengan rancangan.

Galian dan timbunan disebut *Cut and Fill* salah satu istilah dalam pekerjaan konstruksi yang sangat penting bahkan bagian utama hampir semua jenis konstruksi untuk memperbaiki suatu lahan yang berlereng sehingga lahan tersebut bisa menjadi datar atau memperbaiki elevasi. Pengertian lainnya bahwa *Cut and Fill* adalah proses pengambilan tanah dari suatu tempat kemudian menimbun tanah ke tempat lain yang dalam pekerjaannya dibutuhkan pengukuran yang teliti sebelum dilakukan proses di lapangan.

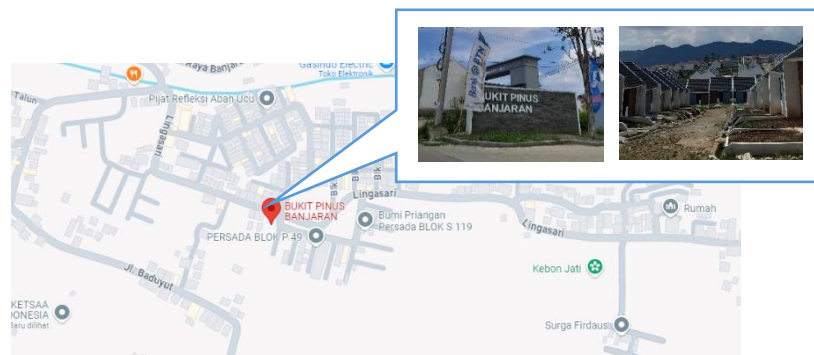
Jika lahan yang memiliki kemiringan perlu dilakukan tahapan pekerjaan *Cut and Fill* agar mempermudah kegiatan proyek Pembangunan sebagai salah satu dasar untuk pengerjaan pemotongan lahan baik untuk perumahan, infrastruktur, maupun untuk Kawasan industri. Oleh karena itu, diperlukan proses pekerjaan *Cut and Fill* berupa galian dan timbunan guna untuk menyesuaikan kemiringan atau elevasinya.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif. Untuk mendapatkan data hasil perhitungan dan pelaksanaan yang diperoleh secara langsung dari sumber aslinya dengan cara survey dan wawancara dengan Project Manager. Dengan melakukan pertanyaan terkait pelaksanaan, perhitungan, permasalahan dan hasil dari pelaksanaan pekerjaan *cut and fill*.

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini terletak di Bandung yaitu di Proyek Pembangunan Perumahan Subsidi Bukit Pinus Banjaran, Kab. Bandung, Jawa Barat. Untuk detail lokasi dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Lokasi Proyek Perumahan Bukit Pinus Banjaran sebagai Lokasi Penelitian
Sumber : Google Maps

2.2. Alur Penelitian



Gambar 2. Tahapan Proses Pekerjaan Cut and Fill

Setiap pekerjaan *Cut and Fill* tentunya membutuhkan sebuah perencanaan yang matang juga pengukuran yang teliti sebelum melakukan sebuah pekerjaan di lapangan. Selain beberapa tahapan dari tiga point diatas juga tahapan lainnya diantaranya :

1. Survey lapangan.
2. Pengolahan data, diantaranya :
 - a. Gambar Kerja,
 - b. Memo (dibuat untuk dijadikan SPK untuk pemenang tender (Kontraktor)).
 - c. Rencana anggaran biaya (budget planning presentation).
 - d. Time Schedule.
3. Form Izin Kerja.
4. Kalendering Cuaca.

Pekerjaan *Cut and Fill* butuh alat berat untuk mempercepat pekerjaan lahan dengan elevasi atau kemiringan yang dibutuhkan untuk proyek Pembangunan Perumahan Subsidi Bukit Pinus Banjaran yang telah direncanakan. Penggunaan alat berat dalam pekerjaan konstruksi seperti pekerjaan *Cut and Fill* dalam bidang Teknik Sipil tentunya sudah menjadi kebutuhan dan wajib dilaksanakan di setiap pekerjaan proyek Pembangunan.

Alat berat digunakan tentunya harus secara efisien penggunaannya agar tingkat produktifitas dapat tercapai sesuai dengan jadwal dan biaya tambahan yang telah dikeluarkan, dan keterbatasan alat serta biaya operasional alat. Beberapa jenis alat berat yang dibutuhkan untuk proses pekerjaan *Cut and Fill*, sebagai berikut :

1. Hydraulic Excavator.
2. Loader.
3. Truck.
4. Grader.
5. Compactor.
6. Bulldozer.

Dalam pekerjaan tanah berupa *Cut and Fill* yang perlu diperhatikan adanya faktor yang dapat mempengaruhinya salah satunya adalah kondisi tanah yang tidak stabil, elevasi atau kemiringan, serta agregat mineral-mineral padat.

Kondisi ini yang dapat mempengaruhi volume tanah dalam proses pengerjaan pendistribusian, adaun keadaan material yang menggambarkan ke dalam beberapa kondisi yaitu :

- a. Keadaan asli

Keadaan asli merupakan kondisi dimana material atau tanah sebelum dilakukan pengerjaan atau ketika masih dalam ukuran alam. Kondisi ini yang digunakan sebagai dasar untuk perhitungan volume pemindahan material atau tanah ke tempat yang dituju.

b. Keadaan lepas

Keadaan lepas adalah suatu kondisi tanah setelah dilakukan pekerjaan. Misalnya tanah yang ada di depan dozer blade atau diatas dump truck. Dalam kondisi ini ada penambahan rongga udara di antara butiran-butiran tanah. Hal ini membuat volume menjadi lebih besar.

c. Keadaan padat

Kondisi ini di dapat ketika material di timbun dan dilakukan pemadatan, sehingga terjadi perubahan volume karena adanya penyusutan rongga udara diantara butiran-butiran tanah. Hal ini membuat volume menjadi lebih besar.

Pekerjaan *Cut and Fill* (galian dan timbunan) diperlukan biaya yang yang tidak sedikit. Pekerjaan tersebut membutuhkan sejumlah biaya sehingga memerlukan fungsi objektif yang andal untuk menghitung volume pekerjaan tanah dalam waktu dan akurasi yang sangat tepat. Pembiayaan proyek (project financing) dalam pekerjaan *Cut and Fill* adalah pembiayaan yang diperuntukan untuk membiayai suatu kegiatan pekerjaan *Cut and Fill* dalam Proyek Pembangunan Perumahan Bukit Pinus Banjaran yang dilakukan oleh pihak bank atau Lembaga lainnya dengan tujuan agar pekerjaan proyek dapat berjalan dengan baik.

Pembiayaan biasanya terdapat pada sekelompok investor yang bertindak sebagai penanam saham dari sebuah Perusahaan, kemudian dikenal sebagai entitas bertujuan khusus. Ciri utama dalam pembiayaan proyek sebagai berikut :

1. Pembiayaan diberikan nilai atas dasar sebagai sebuah identitas.
2. Pembiayaan termasuk dalam highly leveraged atau memanfaatkan hutang dalam jumlah yang besar, hingga mencapai 65% - 80% dari nilai proyek.
3. Pembiayaan dengan lama proyek bersifat jangka Panjang.
4. Arus kas yang dihasilkan harus cukup untuk seluruh biaya operasional proyek.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Untuk penelitian ini bertempat di Proyek Perumahan Bukit Pinus Banjaran (BPB) beralamat di Jl. Lingansari, Baros – Arjasari, Kabupaten Bandung, Bandung, Jawa Barat 40379. Proyek Perumahan Bukit Pinus Banjaran ini dimulai dari awal tahun 2023 sampai dengan sekarang. Dan sudah ada 2 (dua) tahap pengerjaan, ada sekitar 500 unit rumah. Tidak hanya pembangunan rumah saja pastinya ada pekerjaan infrastruktur di dalam nya, diantaranya yaitu pekerjaan *Cut and Fill*, Jalan dan Saluran air.

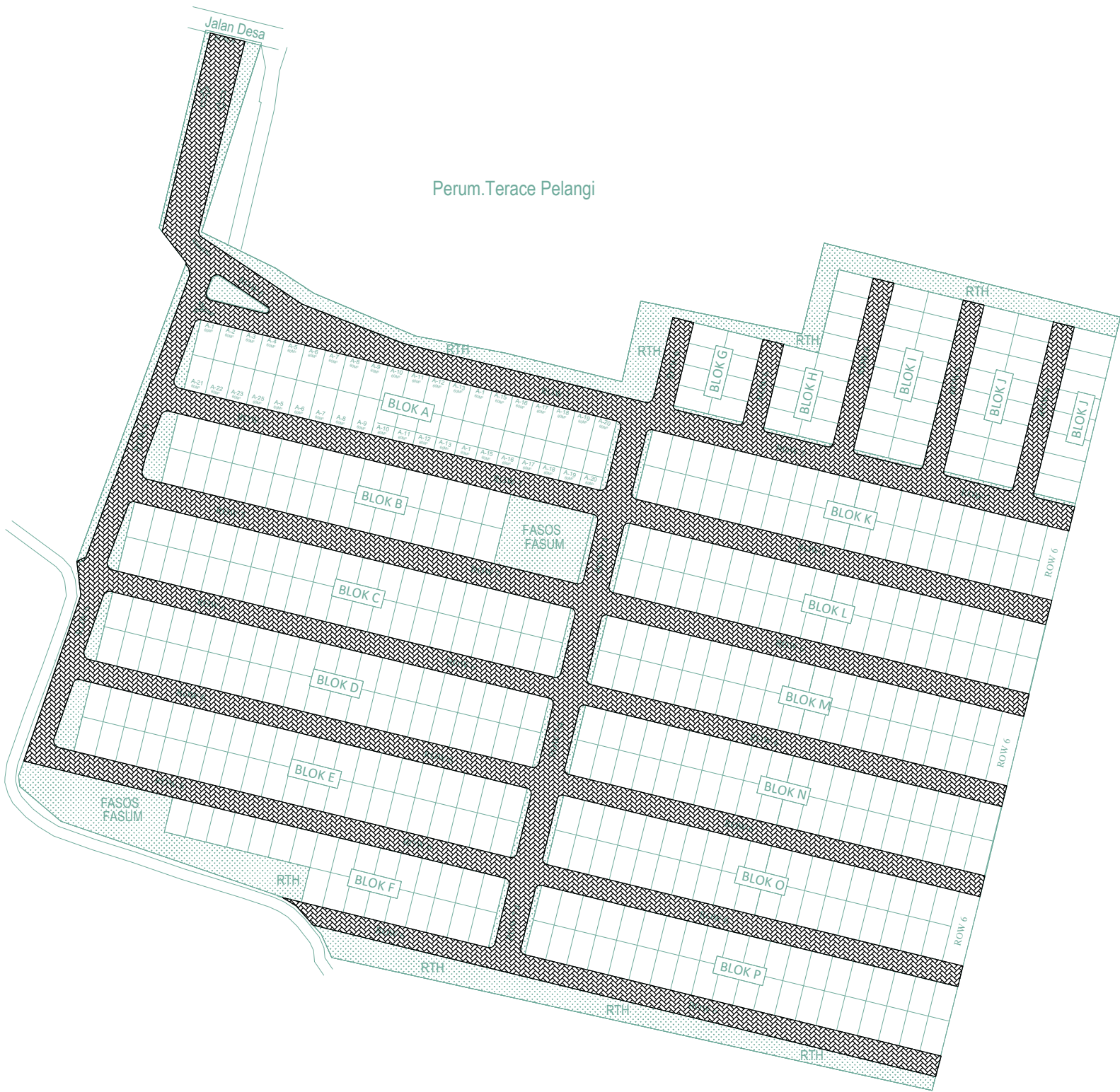
3.2. Hasil Penelitian

Pada lahan berbukit dan lembah dilakukannya proses *cut and fill* yang dimulai dengan pembentukan pemetaan lokasi yang ada di lapangan. Dan kemudian membentuk titik patok BM (Bancemart) untuk level tanah existing (tanah setempat) sebagai titik awal yang dapat dipantau oleh satelit, dibuat dengan 3 (tiga) titik segitiga sebagai acuan untuk mendapatkan jarak pandang.

Selanjutnya untuk hasil survey yang sudah di dapatkan oleh tim survey akan dibawa ke tim engineering untuk dibuat dan di olah menjadi gambar site plan menggunakan software AutoCad 3D dan dari data site plan tersebut akan dibuat gambar perencanaan elevasi existing. Tim survey akan

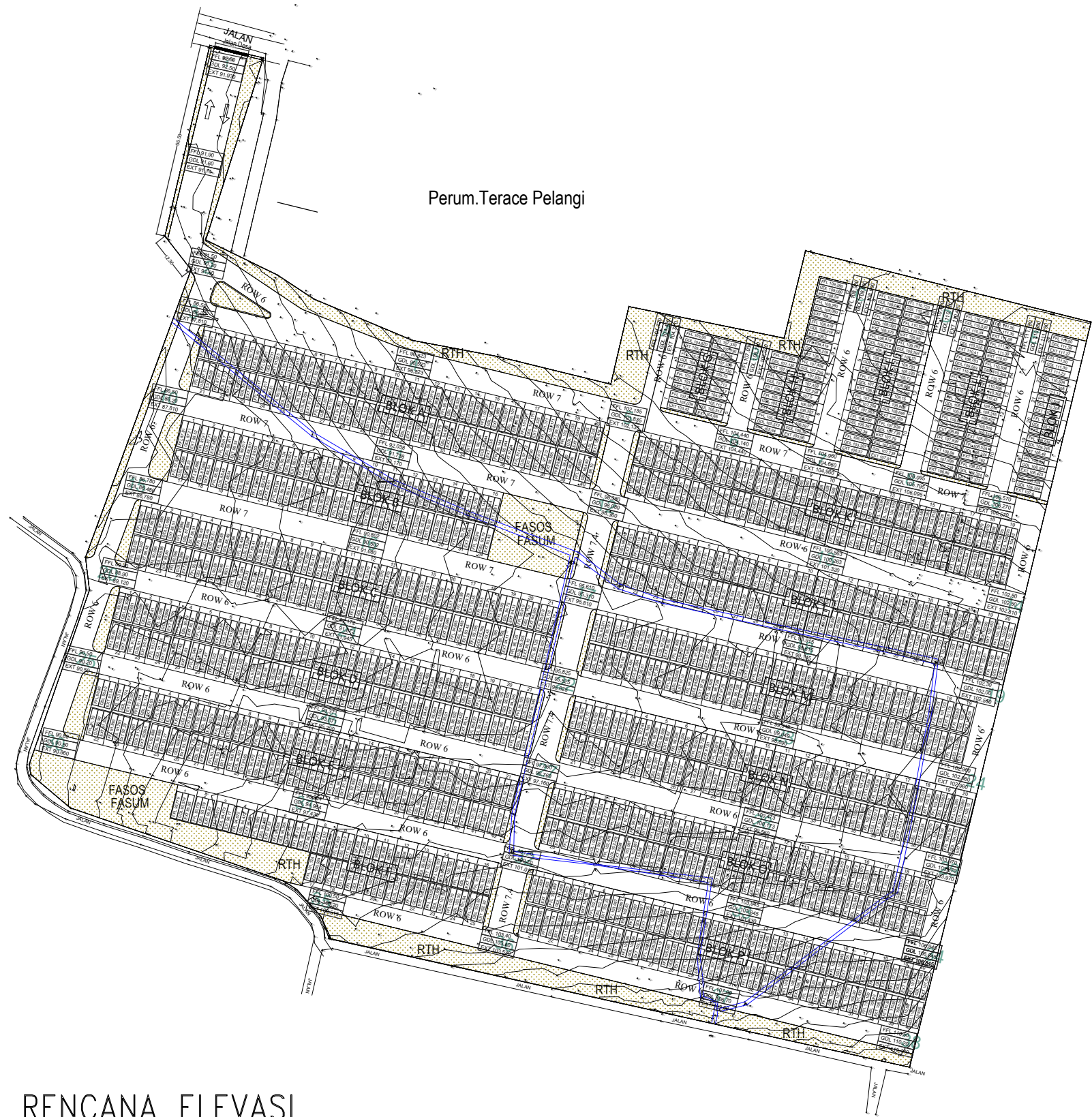
menentukan rencana untuk pembuatan level rencana, dan setelah ditentukan level rencana tersebut akan terdapat beberapa detail potongan memanjang dan potongan melintang dan akan terlihat hasil level tanah yang akan di *cut* dan hasil tanah yang akan di *fill*.

Untuk hasil data *cut and fill* proyek Pembangunan Perumahan Subsidi Bukit Pinus Banjaran, dapat dilihat di lampiran sebagai berikut :



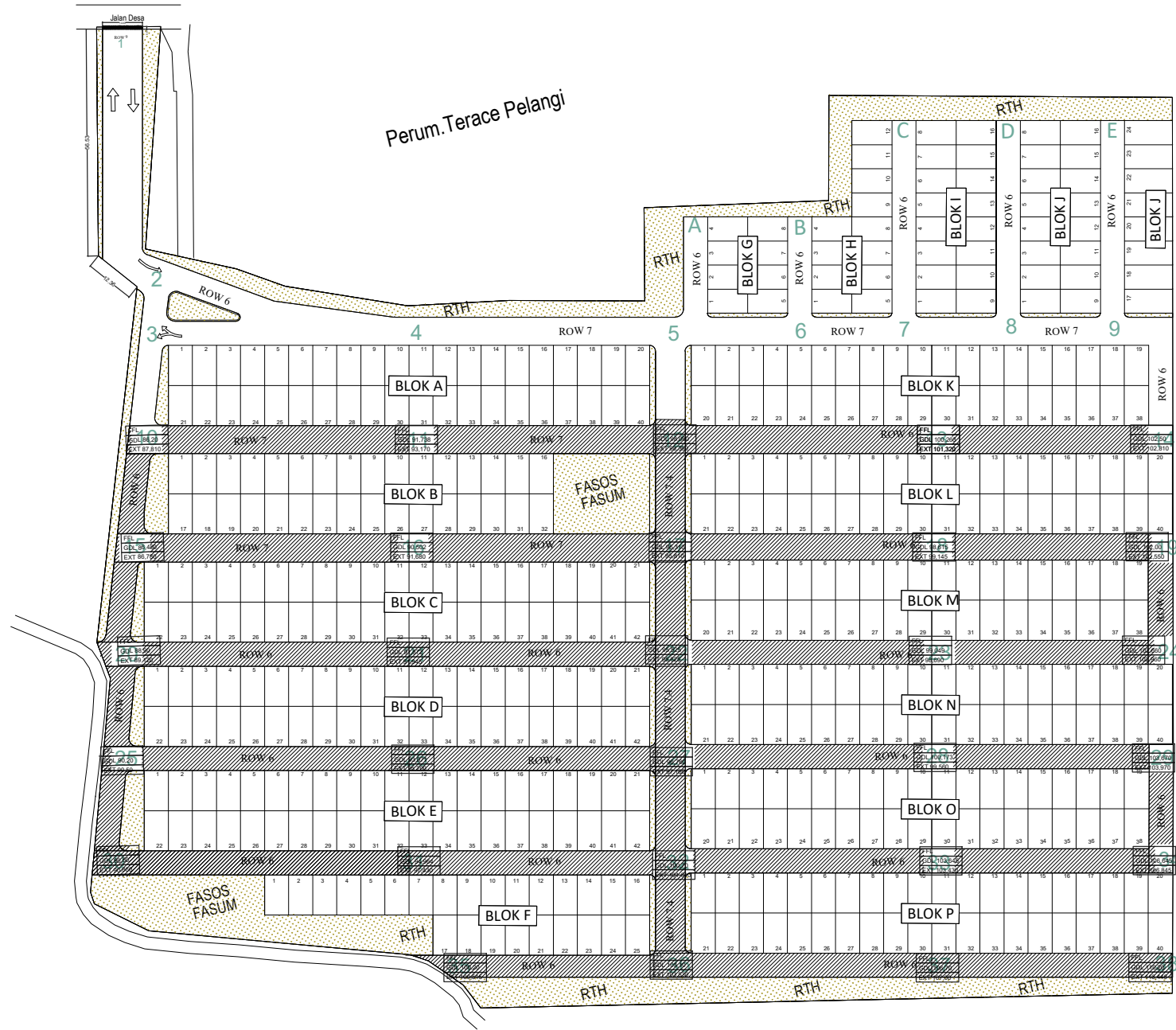
LUAS JALAN = 15,299.4838 m2

PROYEK			
PRA SITEPLAN BPB			
KETERANGAN			
NO.	REVISI	TGL	KET.
DISYAHKAN			
PERUNTUKAN			
PERUMAHAN			
LOKASI			
Jalan : Lingsari/Baduyut Kelurahan/Desa : Baros Kecamatan : Arjasari Kota : Kab. Bandung			
PEMOHON			
NAMA GAMBAR			
PRA SITEPLAN			
DIPERIKSA		DIGAMBAR	
SKALA	TANGGAL	NO.LBR	
1 : 700 (A2)	17-02-2023	01	



RENCANA ELEVASI
SCALE 1 : 1500

PROJECT		
BANJARAN		
ARCHITECT DESIGNER		
STRUCTURE DESIGNER		
MEP DESIGNER		
DRAWING TITLE		
SITEPLAN		
SCALE		
1:1500@A3		
REV	DESCRIPTION	DATE
△		
△		
△		
△		
△		
△		
△		
△		
APPROVED BY		
SETIABUDI LAND		
DRAWN BY	DATE	DWG NO
HLD	10/5/23	



PERHITUNGAN CUT & FILL TANAH								
AREA JALAN DAN SALURAN	T RATAZ EXT	T RATAZ GDL	SELISIH	LUAS	KOEF	VOL	SATUAN	KET
38-37	108,72	108,450	-0,270	360,000	1,1	-106,920	M3	CUT
37-36	105,265	104,9	-0,365	415,700	1,1	-166,904	M3	CUT
36-35	102,0225	101,650	-0,373	300,677	1,1	-123,202	M3	CUT
36-32	102,27	101,900	-0,370	145,608	1,1	-59,262	M3	CUT
32-27	99,085	98,730	-0,355	192,401	1,1	-75,133	M3	CUT
27-22	96,4925	96,143	-0,350	192,401	1,1	-74,075	M3	CUT
22-17	95,8175	95,418	-0,400	192,401	1,1	-84,657	M3	CUT
17-12	97,085	96,695	-0,390	262,657	1,1	-112,680	M3	CUT
32-33	102,220	102,1725	-0,047	369,965	1,1	-19,331	M3	CUT
33-34	105,1175	105,145	0,007	324,951	1,1	2,681	M3	FILL
27-28	98,36	98,467	0,106	369,966	1,1	43,341	M3	FILL
28-29	101,765	101,922	0,157	324,951	1,1	55,940	M3	FILL
29-34	105,4075	105,158	-0,250	191,177	1,1	-52,574	M3	CUT
22-23	97,2575	97,287	0,030	369,966	1,1	12,005	M3	FILL
23-24	100,825	100,855	0,030	324,000	1,1	10,514	M3	FILL
17-18	97,4775	96,963	-0,515	427,030	1,1	-241,912	M3	CUT
18-19	100,8475	100,308	-0,540	351,001	1,1	-208,494	M3	CUT
19-24	102,755	102,330	-0,425	200,581	1,1	-93,772	M3	CUT
12-13	99,84	99,172	-0,668	431,467	1,1	-317,279	M3	CUT
13-14	102,065	101,382	-0,683	420,821	1,1	-316,394	M3	CUT
12-11	96,03	94,909	-1,121	430,634	1,1	-531,015	M3	CUT
11-10	90,49	88,969	-1,521	488,363	1,1	-817,080	M3	CUT
17-16	93,745	92,906	-0,839	431,466	1,1	-398,200	M3	CUT
16-15	89,23	88,491	-0,739	511,744	1,1	-415,997	M3	CUT
22-21	93,885	93,699	-0,186	369,964	1,1	-75,898	M3	CUT
21-20	90,5325	90,386	-0,147	460,360	1,1	-74,187	M3	CUT
27-26	96,18	94,916	-1,265	430,540	1,1	-598,860	M3	CUT
26-25	93,03	91,636	-1,394	458,012	1,1	-702,567	M3	CUT
32-31	99,22	97,832	-1,388	369,965	1,1	-564,863	M3	CUT
31-30	94,145	92,732	-1,413	472,593	1,1	-734,551	M3	CUT
30-25	90,86	90,350	-0,510	122,275	1,1	-68,596	M3	CUT
25-20	89,99	89,700	-0,290	124,478	1,1	-39,709	M3	CUT
20-15	87,95	87,690	-0,260	122,905	1,1	-35,151	M3	CUT
15-10	87,295	86,340	-0,955	124,292	1,1	-130,569	M3	CUT
LUAS FILL				1.713,83		224,48	M3	
LUAS CUT				1.637,12		(7.239,83)	M3	

PROJECT
BANJARAN

ARCHITECT DESIGNER

STRUCTURE DESIGNER

MEP DESIGNER

DRAWING TITLE

SITEPLAN

SCALE

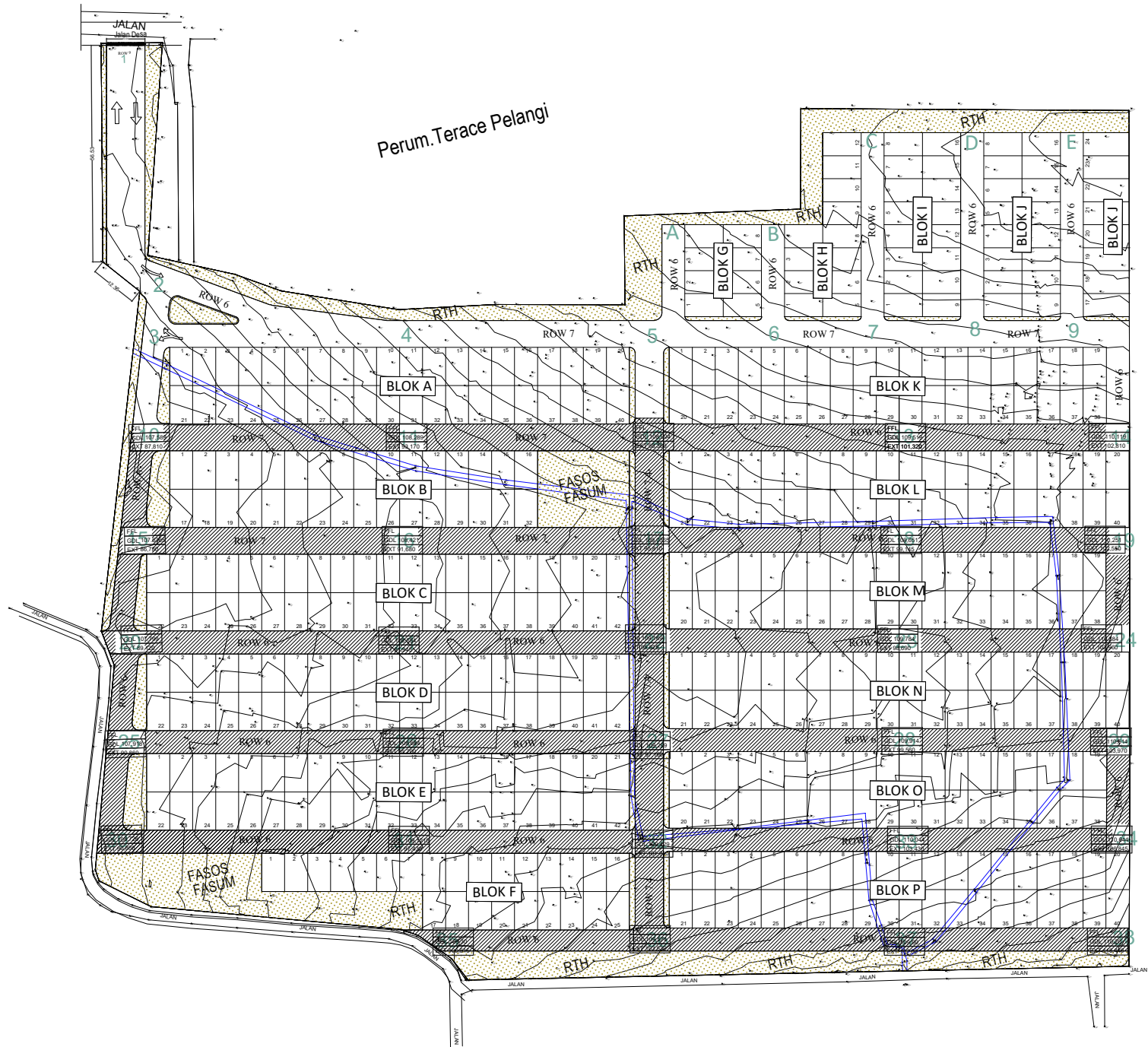
? : 100 @ A3

REV	DESCRIPTION	DATE
△		
△		
△		
△		
△		
△		
△		

APPROVED BY

SETIABUDI LAND

DRAWN BY	DATE	DWG NO
HLD	5/5/23	



MAPING CUT & FILL
SCALE 1 : 700

PERHITUNGAN CUT & FILL TANAH

AREA JALAN DAN SALURAN	T RATA2 EXT	T RATA2 GDL	SELISIH	LUAS	KOEF	VOL	SATUAN	KET
38-37	108,72	110,050	1,330	360,000	1,1	526,680	M3	FILL
37-36	105,265	109,737	4,472	415,700	1,1	2044,911	M3	FILL
36-35	102,0225	109,437	7,414	300,677	1,1	2452,303	M3	FILL
36-32	102,27	109,502	7,231	145,608	1,1	1158,257	M3	FILL
32-27	99,085	109,364	10,279	192,401	1,1	2175,459	M3	FILL
27-22	96,4925	109,234	12,742	192,401	1,1	2696,629	M3	FILL
22-17	95,8175	109,103	13,285	192,401	1,1	2811,709	M3	FILL
17-12	97,085	108,970	11,885	262,657	1,1	3433,921	M3	FILL
32-33	102,220	109,7365	7,517	369,965	1,1	3058,929	M3	FILL
33-34	105,1375	110,344	5,206	324,951	1,1	1861,043	M3	FILL
27-28	98,36	109,607	11,247	369,966	1,1	4576,899	M3	FILL
28-29	101,765	110,214	8,449	324,951	1,1	3020,062	M3	FILL
29-34	105,4075	110,579	5,172	191,177	1,1	1087,538	M3	FILL
22-23	97,2575	109,477	12,219	369,966	1,1	4972,669	M3	FILL
23-24	100,825	110,084	9,259	324,000	1,1	3299,908	M3	FILL
17-18	97,4775	109,344	11,866	427,030	1,1	5573,968	M3	FILL
18-19	100,8475	109,951	9,104	351,001	1,1	3514,866	M3	FILL
19-24	102,755	110,318	7,563	200,581	1,1	1668,585	M3	FILL
12-13	99,84	109,212	9,372	431,467	1,1	4447,842	M3	FILL
13-14	102,065	109,819	7,754	420,821	1,1	3589,346	M3	FILL
12-11	96,03	108,597	12,567	430,634	1,1	5952,718	M3	FILL
11-10	90,49	107,939	17,449	488,363	1,1	9373,587	M3	FILL
17-16	93,745	108,729	14,984	431,466	1,1	7111,468	M3	FILL
16-15	89,23	108,049	18,819	511,744	1,1	10593,421	M3	FILL
22-21	93,885	108,862	14,977	369,964	1,1	6094,837	M3	FILL
21-20	90,5325	108,177	17,644	460,360	1,1	8934,847	M3	FILL
27-26	96,18	108,992	12,812	430,540	1,1	6067,455	M3	FILL
26-25	93,03	108,301	15,271	458,012	1,1	7693,726	M3	FILL
32-31	99,22	109,275	10,055	369,965	1,1	4092,103	M3	FILL
31-30	94,145	108,924	14,779	472,593	1,1	7682,767	M3	FILL
30-25	90,86	108,322	17,462	122,275	1,1	2348,675	M3	FILL
25-20	89,99	107,859	17,869	124,478	1,1	2446,663	M3	FILL
20-15	87,95	107,738	19,788	122,905	1,1	2675,219	M3	FILL
15-10	87,295	107,633	20,338	124,292	1,1	2780,599	M3	FILL
LUAS FILL				11.085,31	VOL FILL		141.819,61	M3

PROYEK			
PRA SITEPLAN BPB			
KETERANGAN			
NO.	REVISI	TGL	KET.
DISYAHKAN			
PERUNTUKAN			
PERUMAHAN			
LOKASI			
Jalan : Lingsari/Baduyut Kelurahan/Desa : Baros Kecamatan : Arjasari Kota : Kab. Bandung			
PEMOHON			
NAMA GAMBAR			
PRA SITEPLAN			
DIPERIKSA		DIGAMBAR	
		HLD	
SKALA	TANGGAL	NO.LBR	
1 : 700 (A2)	17-02-2023	01	



MAPING CUTNFILL KAVLING
SCALE 1 : 1500

KETERANGAN:

	TANAH CUT LUAS = ± 11.100 M2 VOLUME = ± 15.002,88 M3
	TANAH FILL LUAS = ± 19.920 M2 VOLUME = ± 23.513,70 M3

PROJECT		
BANJARAN		
ARCHITECT DESIGNER		
STRUCTURE DESIGNER		
MEP DESIGNER		
DRAWING TITLE		
SITEPLAN		
SCALE		
1:1500@A3		
REV	DESCRIPTION	DATE
△		
△		
△		
△		
△		
△		
△		
△		
APPROVED BY		
SETIABUDI LAND		
DRAWN BY	DATE	DWG NO
HLD	10/5/23	



LUAS KAVLING :	
BLOK A	LUAS = 2401,06 m2
BLOK B	LUAS = 1920 m2
BLOK C	LUAS = 2520 m2
BLOK D	LUAS = 2520 m2
BLOK E	LUAS = 2520 m2
BLOK F	LUAS = 1500 m2
BLOK G	LUAS = 480 m2
BLOK H	LUAS = 720 m2
BLOK I	LUAS = 960 m2
BLOK J	LUAS = 960 + 574,17 = 1534,17 m2
BLOK K	LUAS = 2281,7 m2
BLOK L	LUAS = 2400 m2
BLOK M	LUAS = 2280 m2
BLOK N	LUAS = 2404,43 m2
BLOK O	LUAS = 2284,05 m2
BLOK P	LUAS = 2401,76 m2

LUAS TOTAL :
31.127,17 m2

PROYEK			
PRA SITEPLAN BPB			
KETERANGAN			
NO.	REVISI	TGL	KET.
DISYAHKAN			
PERUNTUKAN			
PERUMAHAN			
LOKASI			
Jalan	: Lingsari/Baduyut		
Kelurahan/Desa	: Baros		
Kecamatan	: Arjasari		
Kota	: Kab. Bandung		
PEMOHON			
NAMA GAMBAR			
PRA SITEPLAN			
DIPERIKSA		DIGAMBAR	
SKALA	TANGGAL	NO.LBR	
1 : 700 (A2)	17-02-2023	01	

REKAP VOLUME JALAN & KAVLING
BUKIT PINUS BANJARAN

PEKERJAAN	LUAS	KET.	VOLUME	KET.
KAVLING				
FILL	19.920	M2	23.514	M3
CUT	11.100	M2	- 15.003	M3
JALAN				
FILL	1.714	M2	124	M3
CUT	1.637	M2	- 7.240	M3
TOTAL				
FILL	21.634	M2	23.638	M3
CUT	12.737	M2	- 22.243	M3

Kesimpulan

1. Pekerjaan *cut and fill* merupakan aspek penting dalam konstruksi yang melibatkan penggalian dan penimbunan tanah dan batuan secara hati-hati untuk mencapai ketinggian yang diinginkan dan menciptakan permukaan tanah yang rata. Pengukuran yang akurat dan pertimbangan faktor lingkungan sangat penting untuk memastikan efektivitas dan keamanan pekerjaan *cut and fill* ini.
2. Penelitian ini menekankan pentingnya perencanaan dan pelaksanaan yang matang dalam pekerjaan *cut and fill*, serta penggunaan alat berat yang efisien untuk mencapai produktivitas yang optimal dalam proyek pembangunan. Selain itu, anggaran yang tepat juga menjadi faktor kunci untuk memastikan kelancaran dan keberhasilan proyek tersebut.

Daftar Pustaka

- [1] Erianda R.Alvisyahrin T.Rusdi M. E-Issn: 2614-6053 P-Issn: 2615-2878 (2022)
- [2] Hernando D.Romana M. G. Transportation Infrastructure Geotechnology (2015)
- [3] Roring H. S. D. Jurnal Ilmiah Realtech (2018)
- [4] Fahmilia A.Isvara W. Jurnal Indonesia Sosial Sains (2023)
- [5] Rohim A.Wateno W. Jurnal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik Sipil (2022)
- [6] Ryanto Imanuel Gultom e. a. 2. Engineering and science (2020)
- [7] Purwati D. N. Jurnal Tugas Akhir Teknik Sipil (2020)
- [8] <https://ejournal.unsub.ac.id/index.php/FTK/article/download/1765/1364/6636>