

BAB II

SIFAT-SIFAT TANAH DAN BATUAN

2.1. klasifikasi Tanah

Dalam pekerjaan pemindahan tanah pengetahuan tentang jenis-jenis tanah perlu untuk diketahui, karena tiap jenis tanah memiliki sifat yang berbeda yang akan berpengaruh terhadap jenis alat yang akan digunakan, produktifitas, perhitungan volume pekerjaan, dan kemampuan kerja alat pada kondisi material yang ada.

Tanah dalam keadaan alam terdiri dari dua bagian yaitu:

- a. Bagian Padat, terdiri dari partikel-partikel tanah yang padat, dan
- b. Bagian Pori, berisi air dan/ atau udara.

Sifat-sifat phisik tanah yang perlu diketahui antara lain :

- | | |
|--|-----------------------------------|
| - Batas-batas konsistensi (atterberg's limits) | - Kadar air (moisture content) |
| - Kepadatan (density) | - Berat Jenis |
| - Gradasi | - Volume |
| - Permeabilitas (permeability) | - Porositas (porosity) |
| - Konsolidasi (Consolidation) | - Kekuatan geser (shear strength) |

Dalam pekerjaan tanah perlu diperhatikan lima jenis tanah yang dibedakan atas ukuran dan sifat plastisitasnya, yaitu : kerikil, pasir, lumpur, bahan organik, dan gabungan dari jenis ini. Dibawah ini diberikan tabel jenis tanah dan karakteristiknya.

Tabel 2.1. Diskripsi tanah berdasarkan ukuran butir dan berat volume dalam keadaan asli (Bank)

Nama Umum	Diameter Butir (mm)	Berat Jenis (t/m ³)
Batu Pecah	> 25,40	1,55 – 1,65
Kerikil (Gravel) - pecah - bulat	0,60 – 25,40	1,70 – 1,80 1,80 – 1,90
Pasir (Sand) - kering - sedang	0,05 – 0,60	1,40 – 1,50 1,65 – 1,75
Lanau (Silt) - kering - basah	0,005 – 0,05	1,60 – 1,80 1,90 – 2,10
Lempung (Clay) - kering - basah	< 0,005	1,60 – 1,80 1,90 – 2,10
Tanah (Organik) - kering - basah	campuran	1,50 – 1,60 1,60 – 1,70

2.2. Sifat Kembang Susut Tanah .

Yang dimaksud dengan Kembang susut tanah adalah perubahan baik berupa penambahan atau pengurangan volume tanah setelah diolah atau diubah dari bentuk asalnya. Karena adanya perubahan volume pada kondisi tersebut, maka perlu diketahui dan ditetapkan adanya volume di tempat aslinya, dalam keadaan lepas dan setelah dipadatkan.

Seperti telah kita ketahui tanah umumnya diukur dalam tiga kondisi seperti berikut :

- Kondisi Asli (*Bank Cubic Meter / BCM*).
- Kondisi Lepas (*Loose Cubic Meter / LCM*), yaitu tanah yang telah mengalami pengembangan. Besarnya penambahan volume tergantung dari faktor kembang tanah (*Swelling factor*) yang besarnya dipengaruhi oleh jenis tanahnya.

Volume dalam keadaan lepas dapat dihitung dari persamaan :

$$LCM = BCM + (\% \text{ Swell} \times BCM) \quad (2.1)$$

Dengan :

LCM = Volume dalam kondisi lepas (m³)
 BCM = Volume dalam keadaan asli (m³)
 Swell = Faktor kembang tanah (%)

Tabel 2.2. Faktor Kembang Pada Beberapa Jenis Tanah

JENIS TANAH	SWELL (% BCM)
- Pasir	5 - 10
- Tanah permukaan (top soil)	10 - 25
- Tanah Biasa	20 - 45
- Lempung (Clay)	30 - 60
- Batu	50 - 60

Contoh : Tanah biasa dalam keadaan asli (bank) = 10 m³
 Swell 20 % - 45 % = 2 - 4,50 m³
 Volume dalam keadaan lepas (loose) = 12 - 14,50 m³

c. Kondisi Padat (*Solid Measure / SM*)

Yaitu keadaan tanah setelah ditimbun kembali kemudian dipadatkan. Volume tanah setelah diadakan pemadatan, mungkin lebih besar atau lebih kecil dari volume dalam keadaan bank, hal ini tergantung usaha pemadatan yang kita lakukan. Untuk menghitung perubahan volume pada kondisi lepas dari bentuk aslinya atau ke bentuk padat setelah dipadatkan perlu dikalikan faktor kembang atau faktor susut. Faktor-faktor tersebut dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$SW = \frac{B - L}{B} \times 100 \% \quad (2.2)$$

$$Sh = \frac{C - B}{C} \times 100 \% \quad (2.3)$$

Dimana :

SW = Faktor kembang (%)
 Sh = Faktor susut (%)
 B = Berat jenis tanah keadaan asli
 L = Berat jenis tanah keadaan lepas
 C = Berat jenis tanah keadaan padat.

Secara praktis nilai faktor konversi tanah ini dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Faktor Konversi Tanah (Faktor perubahan Volume Tanah)

JENIS MATERIAL	KONDISI AWAL	KONDISI ASLI	KONDISI LEPAS	KONDISI PADAT
Pasir (Sand)	B	1,00	1,11	0,99
	L	0,90	1,00	0,80
	C	1,05	1,17	1,00
Lempung Kepasiran (Sandy Clay)	B	1,00	1,25	0,90
	L	0,80	1,00	0,72
	C	1,11	1,39	1,00
Lempung (Clay)	B	1,00	1,35	0,90
	L	0,70	1,00	0,72
	C	1,11	1,59	1,00
Tanah berkerikil	B	1,00	1,18	1,08
	L	0,85	1,00	0,91
	C	0,93	1,09	1,00
Kerikil	B	1,00	1,13	1,03
	L	0,88	1,00	0,91
	C	0,97	1,10	1,00
Kerikil Padat / Kasar	B	1,00	1,42	1,29
	L	0,70	1,00	0,91
	C	0,77	1,10	1,00
Batu Kapur Pecah Atau Batuan Lunak	B	1,00	1,65	1,22
	L	0,61	1,00	0,74
	C	0,82	1,35	1,00
Granit Basalt dan Batuan Keras	B	1,00	1,70	1,31
	L	0,59	1,00	0,77
	C	0,76	1,30	1,00
Pecahan Batu	B	1,00	1,75	1,40
	L	0,57	1,00	0,80
	C	0,71	1,24	1,00
Batuan hasil ledakan	B	1,00	1,80	1,30
	L	0,56	1,00	0,72
	C	0,77	1,38	1,00

Contoh :

Jika diketahui Volume Lempung dalam keadaan Bank sebesar 100 m^3 , berapa volume lempung tersebut setelah digali ?

Jawab :

Dari tabel konversi diperoleh data bahwa faktor konversi lempung dari kondisi asli ke lepas adalah 1,35. Maka :

$$\text{Volume dalam keadaan lepas} = 100 \text{ m}^3 \times 1,35 = 135 \text{ m}^3.$$

Tabel 2.4. Tabel Berat Jenis Berbagai Material dan Faktor Muat

WEIGHT* OF MATERIAL	LOOSE		BANK		LOAD FACTORS
	Kg/m ³	lb/yb ³	Kg/m ³	lb/yb ³	
Basalt	1960	3300	2970	5000	.67
Bauxite, Kaolin	1420	2400	1900	3200	.75
Caliche	1250	2100	2260	3800	.55
Carnotite, Uranium ore	1630	2750	2200	3700	.74
Clnders	560	950	860	1450	.66
Clay — Natural bed	1660	2800	2020	3400	.82
Dry	1480	2500	1840	3100	.81
Wet	1660	2800	2080	3500	.80
Clay & Gravel — Dry	1420	2400	1660	2800	.85
Wet	1540	2600	1840	3100	.85
Coal — Anthracite, Raw	1190	2000	1600	2700	.74
Washed	1100	1850	-	-	.74
Ash, Bituminous Coal	530 – 650	900 – 1100	590 – 890	1000 – 1500	.93
Bituminous, Raw	950	1600	1280	2150	.74
Washed	830	1400	-	-	.74
Decomposed rock					
75% Rock, 25% Earth	1960	3300	2790	4700	.70
50% Rock, 50% Earth	1720	2900	2280	3850	.75
25% Rock, 75% Earth	1570	2650	1960	3300	.80
Earth — Dry packed	1510	2550	1900	3200	.80
Wet excavated	1600	2700	2020	3400	.79
Loam	1250	2100	1540	2600	.81
Granite — Broken	1660	2800	2730	4600	.61
Gravel — Pitrun	1930	3250	2170	3650	.89
Dry	1510	2550	1690	2850	.89
Dry 6–50 mm (1/4"–2")	1690	2850	1900	3200	.89
Wet 6–50 mm (1/4"–2")	2020	3400	2260	3800	.89
Gypsum — Broken	1810	3050	3170	5350	.57
Crushed	1600	2700	2790	4700	.57
Hematite, Iron ore, high grade	1810 – 2450	4000 – 5400	2130 – 2900	4700 – 6400	.85
Limestone — Broken	1540	2600	2610	4400	.59
Crushed	1540	2600	-	-	-
Magnetite, Iron ore	2790	4700	3260	5500	.85
Pyrite, Iron ore	2580	4350	3030	5100	.85
Sand — Dry, loose	1420	2400	1600	2700	.89
Damp	1690	2850	1900	3200	.89
Wet	1840	3100	2080	3500	.89
Sand & Clay — Loose	1600	2700	2020	3400	.79
Compacted	2400	4050	-	-	-
Sand & Gravel — Dry	1720	2900	1930	3250	.89
Wet	2020	3400	2230	3750	.91
Sandstone	1510	2550	2520	4250	.60
Shale	1250	2100	1660	2800	.75
Slag — broken	1750	2950	2940	4950	.60
Snow — Dry	130	220	-	-	-
Wet	520	860	-	-	-
Stone — crushed	1600	2700	2670	4500	.60
Taconite	1630 – 1900	3600 – 4200	2360 – 2700	5200 – 6100	.58
Top Soil	950	1600	1370	2300	.70
Traprock — broken	1750	2950	2610	4400	.67

* Varies with moisture content, grain size, degree of compaction, etc. Test must be made to determine exact material characteristics.

2.3. Berat dan Bentuk Tanah

Berat material ini dihitung dalam satuan berat (kg, ton, lb) per m³. Berat material ini akan berpengaruh terhadap kemampuan alat untuk melakukan pekerjaannya (mendorong, menggali, mengangkat, dan mengangkut). Berat material ini akan berpengaruh terhadap volume yang dikerjakan dalam hubungannya dengan **Drawbarr Pull (DBP)** atau tenaga tarik. Makin berat material maka tenaga yang harus disediakan alat untuk bekerja semakin besar.

Bentuk material berpengaruh terhadap banyak sedikitnya tanah untuk menempati suatu ruang tertentu. Material yang kondisi butirannya seragam dan berdiameter kecil, kemungkinan besar isinya dapat sama dengan volume ruangan yang ditempati, sedangkan material berbentuk bongkahan mempunyai rongga yang lebih besar sehingga membutuhkan volume (ruangan) yang lebih besar dari volume yang sebenarnya.

Banyaknya material yang dapat ditampung oleh suatu ruangan diperhitungkan dengan suatu faktor koreksi yang disebut **Load Factor** (faktor muat). Faktor muat tersebut diberikan pada tabel 2.4 dibawah ini dalam hubungannya dengan faktor kembang (**Swell**) dan **Voids** (prosentase luasan bagian luar dari suatu partikel yang tidak berhubungan dengan partikel lainnya).

Tabel 2.5. Hubungan antara Swell, Voids dan Load Factors

SWELL %	VOIDS %	LOAD FACTOR
5	4,8	0,952
10	9,1	0,909
15	13,0	0,870
20	16,7	0,833
25	20,0	0,800
30	23,1	0,769
35	25,9	0,741
40	28,6	0,714
45	31,0	0,690
50	33,3	0,667
55	35,5	0,645
60	37,5	0,625
65	39,4	0,606
70	41,2	0,588
75	42,9	0,571
80	44,4	0,556
85	45,9	0,541
90	47,4	0,526
95	48,7	0,513
100	50,0	0,500

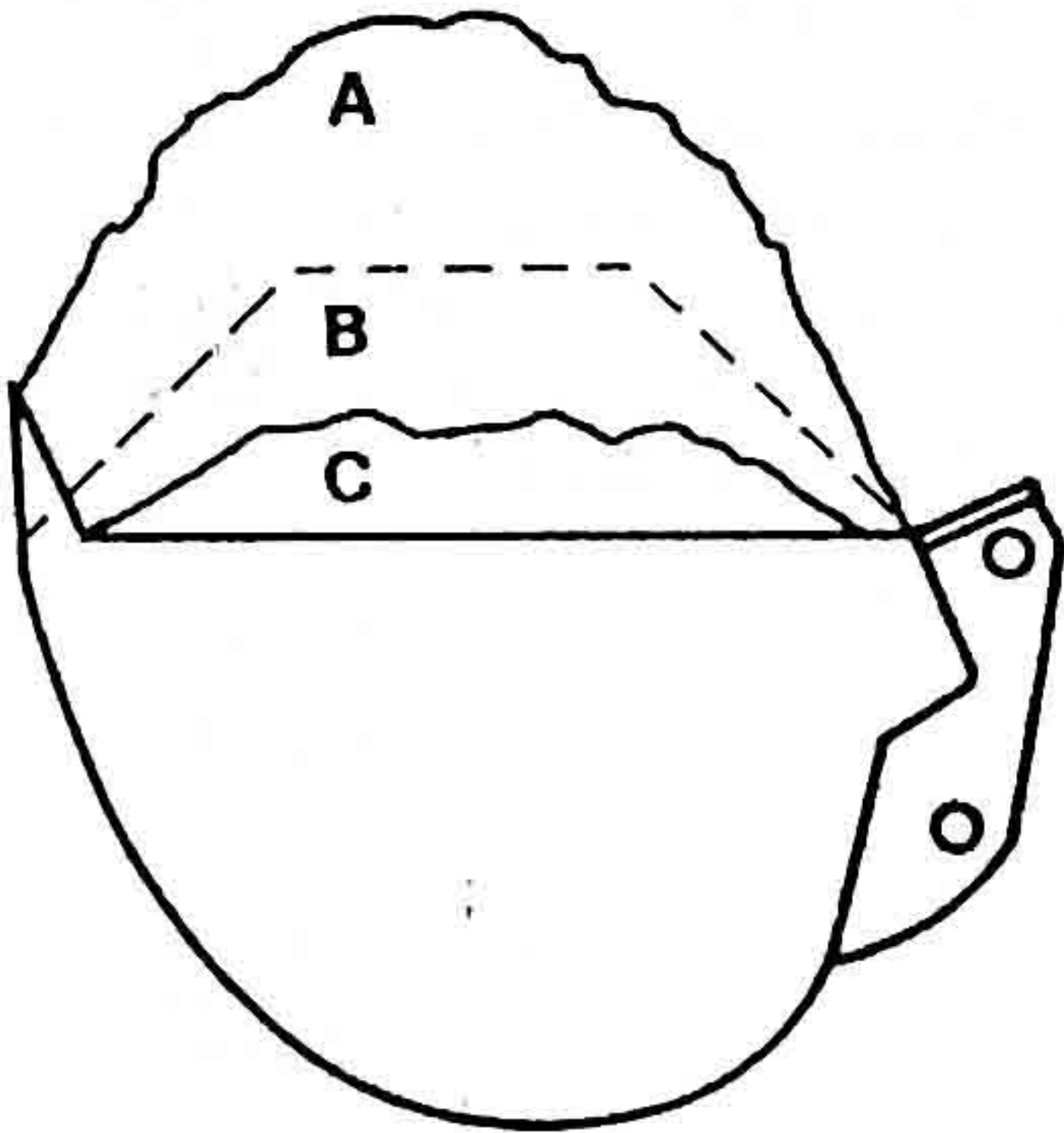
2.4. Daya Lekat Material (Kohesivitas)

Daya lekat atau kehesivitas material adalah kemampuan untuk saling mengikat diantara butiran material itu sendiri. Sifat ini jelas berpengaruh terhadap faktor luber (*Spillage Factor*), misalnya tanah liat akan cenderung munjung (*Heaped / menggunung*) diatas permukaan bucket atau blade dibanding pasir yang mempunyai daya lekat rendah, atau air yang akan menempati bidang datar dari permukaan bucket (rata/peres).

Dibawah ini diberikan suatu gambaran faktor pengisi dari suatu bucket Excavator untuk beberapa jenis material.

Tabel 2.6. Factor Kapasitas Pengisi Bucket

MATERIAL	FILL FACTOR % X bucket capacity	
Moist Loam or Sandy Clay	100 – 110	A
	95 – 100	B
	95 – 100	
	85 – 90	
	90 – 95	
Sand and Gravel Uniform diameter < 3 mm	85 – 90	
	80 – 90	
	60 – 75	
Hard / tough Clay	40 – 50	C
Rock - Well Blasted		
Rock - Poorly Blasted		



Gambar 2.1. Ilustrasi Perbedaan Daya Lekat Material.

2.5. Kekerasan Tanah dan Batuan.

Kekerasan tanah dan batuan akan mempengaruhi kemudahan alat dalam melakukan pekerjaan dan produktivitas alat. Tanah atau batuan yang keras akan sulit untuk dipotong, digali atau dikupas dibandingkan dengan tanah atau batuan yang lunak. Dalam pengertian pemindahan tanah, batuan dikelompokkan menjadi tiga jenis, yaitu :

- a. Batuan beku, dengan ciri-ciri keras, padat, pejal dan kokoh.
- b. Batuan sedimen, dari pelapisan yang lunak sampai keras.
- c. Batuan metamorf pada umumnya, dari pelapisan yang keras padat dan tidak teratur.

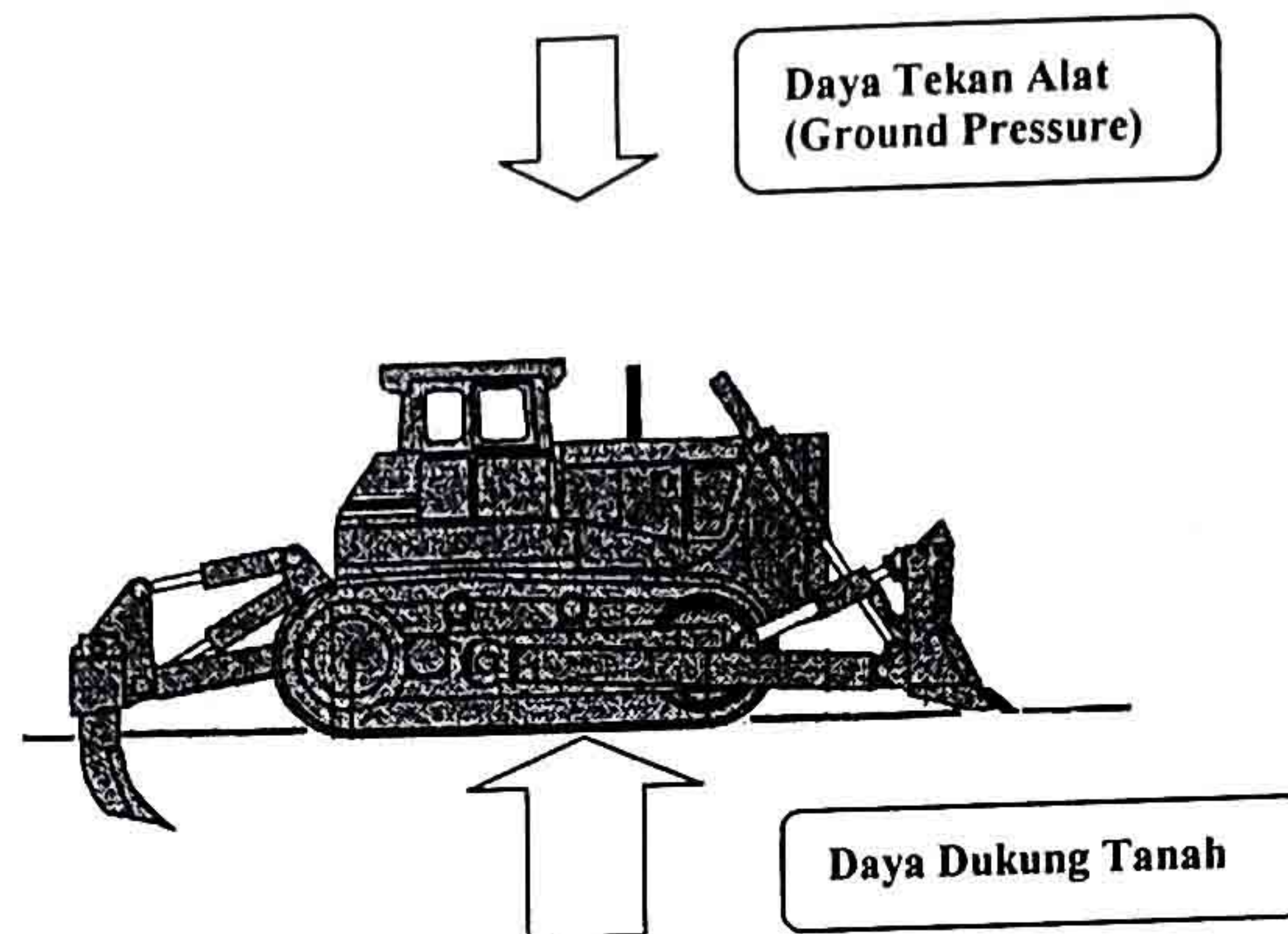
Pengujian kekerasan dapat dilakukan dengan menggunakan alat : Shear Meter, Seismic Meter, Soil Investigation Drill, Rippermeter, dan lain-lain.

Nilai kekerasan tanah dan batuan perlu diperhatikan dalam memilih jenis alat yang sesuai untuk kondisi kekerasan dan volume tertentu, sehingga dapat diperoleh kemudahan pelaksanaan pekerjaan dan produktivitas yang tinggi.

2.6. Daya Dukung Tanah.

Daya dukung tanah adalah kemampuan tanah dalam mendukung beban di atasnya. Apabila suatu alat berada di atas tanah, maka alat akan memberikan tekanan ke permukaan tanah yang disebut dengan Daya Tekan Alat atau Ground Pressure, dan tanah akan melawan sesuai daya dukungnya.

Setiap jenis alat mempunyai tekanan yang berbeda-beda sesuai dengan berat alat dan luas bidang kontak antara alat dengan permukaan tanah, dinyatakan dengan satuan kPa (kilo pascal). Alat akan amblas ke bawah (mengalami penurunan) apabila daya dukung tanah lebih kecil dari daya tekan alat. Ilustrasi dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 2.2. Daya Tekan Alat dan Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah dapat diketahui dengan cara pengujian langsung di lapangan. Peralatan yang umum digunakan adalah alat Dynamic Cone Penetrometer (DCP). Daya tekan masing-masing alat dapat dilihat pada tabel 2.6. dibawah ini.

Tabel 2.7. Daya Tekan Alat (Ground Pressure)

CONE INDEX	JENIS ALAT	DAYA TEKAN ALAT	
		Kg/cm ²	kPa
2 2 - 4	Extra Swamp Dozer	0,15 - 0,30	
	Swamp Dozer	0,20 - 0,45	
	- D31P-18 (Kom)	0,22	21,50
	- D65P-8	0,26	25,40
	- D83P-1	0,31	30,40
	- D3C-LGP Series III (Cat)	0,29	29,00
	- D4H-LGP Series III	0,32	31,00
	- D5H-LGP Series II	0,30	29,00
	- D6H-LGP Series II	0,33	32,00
	- D7H-LGP Series II	0,47	46,00
	Swamp Excavator		
	- 205 (Cat)	0,23	23,00
	- 225	0,40	39,00
	- EX100M-3 (Htc)	0,21	20,60
	Swamp Track Loader		
	- 931B-LGP (Cat)	0,33	32,00
4 - 5	Small Bulldozer	0,30 - 0,60	
	- D31S-18 (Kom)	0,54	52,90
	- D31E-18	0,41	40,00
	- D3C Series III (Cat)	0,45	44,00
	- D4C Series III	0,45	44,00
	- D5C Series III	0,42	41,00

CONE INDEX	JENIS ALAT	DAYA TEKAN ALAT	
		Kg/cm ²	KPa
4 - 5	Small Excavator		
	- 211 (Cat)	0,44	43,00
	- 213	0,56	55,00
	- 307	0,32	31,40
	- 311	0,38	37,30
	- 312	0,39	38,20
	- EX100-3 (Htc)	0,28	27,50
		0,32	31,40
		0,37	36,30
	Medium Excavator		
	- 215B (Cat)	0,26 - 0,53	25 - 52
	- 315	0,48	47,10
	- 315 L	0,46	45,10
	- 320	0,45	44,04
	- 320 L	0,42	41,01
	- EX200/210H-5 (Htc)	0,31 - 0,45	30 - 44
	- EX200/210LCH	0,29 - 0,43	29 - 42
	- 220LC-III (Daewoo)	0,47	46,06
	Small Track Loader		
	- 931B (Cat)	0,62	61,00
	- 933	0,55	54,00
	- 939	0,56	55,30
5 - 7	Medium Bulldozer	0,60 - 0,80	
	- D57S-1 (Kom)	0,79	77,50
	- D60E-8	0,50	49,00
	- D4H Series II (Cat)	0,51	50,00
	- D5H Series II	0,57	56,00
	- D6H Series II	0,62	61,00
	- DX175 (Htc)	0,60	58,40
	Large Excavator		
	- 322	0,51	50,01
	- 322 L	0,47	46,10
	- 325	0,55	53,94
	- 325 L	0,53	51,98
	- 330	0,68	66,39
	- 330 L	0,63	61,39
	Medium Track Loader		
	- 943 (Cat)	0,73	72,00
	- 953 B	0,85	83,10
7 - 10	Large Bulldozer	0,70 - 1,30	
	- D75S-5 (Kom)	0,84	82,40
	- D7H Series II (Cat)	0,76	75,00
	- D8N	1,03	100,60
	- D9N	1,01	99,10
	- D10N	1,27	124,10
	- D11N	1,53	150,20
	Large Excavator		
	- 235 (Cat)	0,48 - 0,92	47 - 90
	- 245	0,71 - 1,03	70 - 101
	- 350	0,89	87,30
	- 350 L	0,82	80,40
	- 375	1,23	120,60
	- 375	1,15	112,90
	- 5130 ME	2,11	207
	Large Track Loader		
	- 963 (Cat)	0,85	83,10
	- 973	0,87	85,30
10 - 13	Motor Scraper	1,30 - 2,85	
15	Dump Truck	3,20	