

# STUDI PERILAKU TAHANAN CABUT (*PULL-OUT RESISTANCE*) PADA TANAH BERPASIR

Hadiyan Putra<sup>1</sup>, Ferry Fatnanta<sup>2</sup>, Muhardi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Program S-1, Fakultas Teknik Universitas Riau

<sup>2</sup>Staff Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru  
Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

E-mail: Hadiyanputra@gmail.com

## ABSTRAK

*Soil improvement technique was first introduced by Vidal, 1966, by using a metal strip as soil reinforcement on structure reinforced earth. Soil improvement techniques suited to reinforcement materials used in the structure of soil retaining walls, road structure, the base of the bridge, and repair slopes. Proven by use steel reinforcement, in addition to structure flexible and easy in implementation, can also reduce deformation both vertical and lateral directions. Selection is based sand graded well as the properties it owns, among tractable in employment stack, including the last ingredient, and not cohesive strength is not affected until the rate of moisture. Pull out resistance scale laboratory use plain steel reinforcement diameter 10 mm with the direction and shape of the power profile is retrofitting the longitudinal direction, transverse direction, square-shaped profile, the profile of triangular and square-shaped profile combination. Each test used optimum water content (OMC) and tensile stress normal to be used only on reinforcement overburden soil. In testing using shaped reinforcement square profiles obtained resistivity values greater pull out resistance than the pull out resistance value using directional and other forms of reinforcement profiles.*

*Keywords: Reinforcement, pullout resistance, water content*

## PENDAHULUAN

Pada saat ini teknik perbaikan tanah berkembang dengan sangat pesat, baik itu di Indonesia khususnya maupun di dunia secara umum. Ada empat teknik perbaikan tanah yaitu secara mekanis, secara kimiawi, secara hidrolis dan dengan bahan perkuatan. Teknik perbaikan tanah dengan bahan perkuatan sangat cocok dipergunakan pada struktur dinding penahan tanah, struktur jalan raya, pangkal jembatan, dan perbaikan lereng. Salah satunya teknik perbaikan tanah dengan menggunakan tulangan, terbukti selain strukturnya yang fleksibel dan mudah dalam pelaksanaan, dapat juga mengurangi deformasi baik arah vertikal maupun lateral. Teknik perbaikan tanah ini pertama kali diperkenalkan oleh Vidal (1966), dengan menggunakan *metal strip*

sebagai perkuatan tanah pada struktur tanah bertulang (*reinforced earth*).

Dengan dasar penelitian sebelumnya mengenai uji cabut pada perkuatan tanah, masih ada beberapa jenis bahan perkuatan dan jenis tanah yang pemilihannya belum ada. Salah satunya adalah bahan perkuatan tulangan baja dengan jenis tanah pasir bergradasi baik (*sand well graded*).

Tanah pasir dipilih mengingat ketersediaannya di berbagai daerah di Indonesia begitu melimpah. Selain itu pemilihan tanah pasir didasarkan karena sifat-sifat yang dimilikinya, diantaranya mudah dikerjakan dalam pekerjaan timbunan, termasuk bahan lepas, dan tidak kohesif sehingga kekuatannya tidak dipengaruhi kadar kelembapannya. Sehingga atas dasar penjelasan diatas

tersebut maka tanah yang digunakan adalah tanah pasir bergradasi baik.

Bahan tulangan baja dipilih mengingat saat ini telah banyak pabrik tulangan baja yang berdiri dan beroperasi memproduksi ribuan ton tulangan baja untuk berbagai keperluan. Tulangan baja juga telah menjadi salah satu komoditi yang telah luas dipasarkan. Selain itu dengan didasarkan pada SNI 07-2052-2002 tulangan baja memiliki sifat-sifat yaitu kuat (kuat terhadap tarik, tekan, lenturan, dan geseran), elastis (perubahan bentuk akibat pembebanan dan kembali seperti semula setelah pembebanan dihentikan), kekerasan (tidak mudah cacat), dapat diubah bentuknya, dan tahan lama. Dengan dasar pertimbangan tersebut maka pemilihan tulangan baja yang digunakan sebagai perkuatan pada tanah pasir bergradasi baik.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji seberapa besar tahanan cabut tulangan baja dengan arah dan bentuk profil berbeda sebagai perkuatan dalam struktur tanah bertulang pada pasir bergradasi baik (*sand well graded*).

Manfaat penelitian ini adalah mengetahui perilaku tahanan cabut tulangan baja dengan arah dan bentuk profil berbeda sebagai perkuatan dalam struktur tanah bertulang pada pasir bergradasi baik (*sand well graded*) sehingga dapat dipertimbangkan sebagai bahan perkuatan pada timbunan jalan raya, lereng buatan, abutment jembatan, opret jembatan, maupun pada aplikasi perencanaan rekayasa geoteknik lainnya.

## LANDASAN TEORI

### Tahanan Cabut Tulangan Longitudinal

Tahanan gesek total yang bekerja pada tulangan longitudinal ( $F_f$ ), menurut Kwon, dkk (2010) dapat diberikan oleh Persamaan:

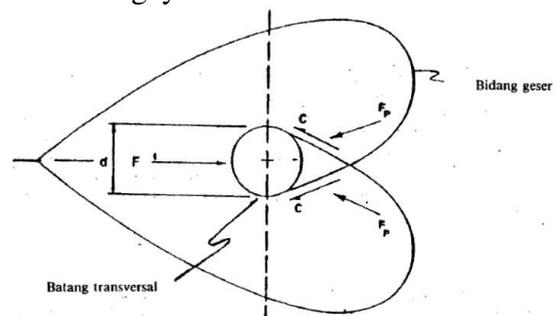
$$F_f = A_s (\sigma_v \tan \delta + c_a) \quad (1)$$

keterangan:

$A_s$  = luas permukaan gesekan  
 $\sigma_v$  = tegangan normal  
 $\tan \delta$  = koefisien gesekan antara dua permukaan material yang berbeda  
 $c_a$  = adhesi

### Tahanan Cabut Tulangan Transversal

Bidang keruntuhan yang terjadi pada sebuah tulangan transversal dianggap sebagai kondisi keruntuhan yang terjadi pada pondasi memanjang (Peterson et al. 1980), seperti yang terlihat pada Gambar 1. Dengan  $d$  adalah diameter tulangan,  $F$  adalah gaya yang menekan tulangan pada bidang transversal,  $c$  adalah kohesi tanah, dan  $F_p$  adalah tahanan dukung pasif yang menahan gaya  $F$ .



Gambar 1 Tahanan Dukung Tulangan Transversal

(Sumber: Peterson et al, dalam Christiady H., 1990)

Persamaan kapasitas dukung yang didasarkan pada persamaan Terzaghi-Buisman (1967, dalam Christiady H. 1990), adalah:

$$\frac{F_p}{nwd} = c N_c + \frac{1}{2} \sigma_v N_\gamma + \sigma_v N_q \quad (2)$$

dengan:

$c$  = kohesi  
 $\frac{F_p}{nwd}$  = tahanan dukung pasif per satuan lebar  
 $W$  = lebar tulangan  
 $N_c, N_\gamma, N_q$  = faktor daya dukung  
 $d$  = diameter tulangan  
 $N$  = jumlah tulangan transversal  
 $\sigma_v$  = tegangan normal

Selain persamaan Terzaghi-

Buisman, nilai tahanan cabut tulangan transversal ( $F_p$ ) juga dapat dihitung dengan metode tekanan tanah pasif ( dalam Braja M.Das, jilid dua) dengan persamaan sebagai berikut:

$$K_p = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad (3)$$

$$\sigma_h = K_p \times \sigma_v + 2c \times \overline{K_p} \quad (4)$$

$$F_p = \sigma_h \times d \times L \quad (5)$$

dengan:

$K_p$  = koefisien tanah pasif

$\phi$  = sudut gesek dalam butiran pasir ( $^\circ$ )

$\sigma_h$  = tegangan normal arah horizontal ( $gr/cm^2$ )

$\sigma_v$  = tegangan normal arah vertikal ( $gr/cm^2$ )

$c$  = kohesi ( $gr/cm^2$ )

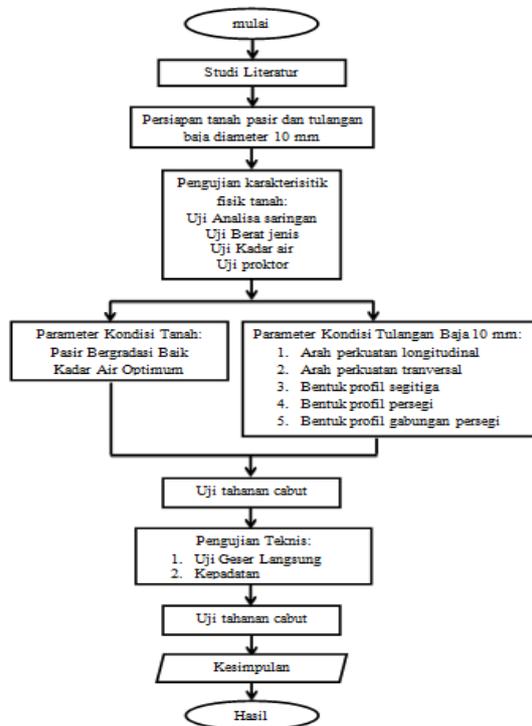
$d$  = diameter tulangan (cm)

$n$  = jumlah tulangan transversal

$L$  = lebar tulangan (cm)

## METODOLOGI PENELITIAN

Alur penelitian secara lengkap dapat dilihat pada *flowchart* penelitian pada Gambar 2.



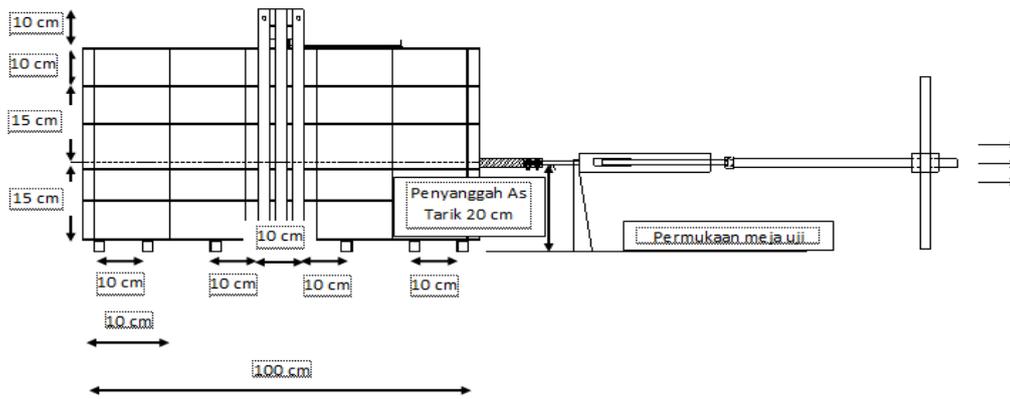
Gambar 2. Bagan alir (*flowchart*) Penelitian

Dimulai dengan melakukan studi literatur dari berbagai jurnal dan sumber yang mendukung, dilanjutkan dengan melakukan serangkaian pengujian hingga diperoleh hasil yang kemudian dianalisa untuk mendapatkan kesimpulan dalam penelitian ini.

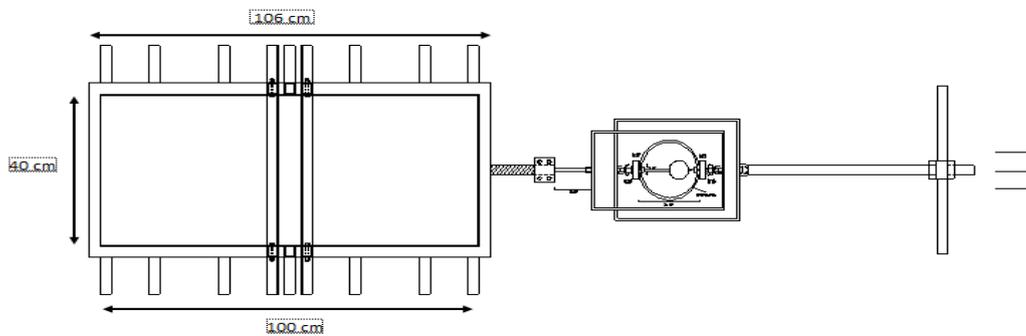
Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah Baja 2. Tulangan Polos (BjTP) berdiameter 10 mm, dengan arah dan bentuk profil perkusatan yaitu perkusatan arah longitudinal panjang tulangan yang digunakan yaitu 100 cm, perkusatan arah transversal panjang tulangan yang digunakan yaitu 20 cm, perkusatan dengan bentuk profil persegi dimensi yang digunakan yaitu 20 cm x 20 cm, perkusatan dengan bentuk profil segitiga dimensi yang digunakan yaitu 20 cm x 20 cm x 20 cm dan perkusatan dengan bentuk profil gabungan persegi dimensi yang digunakan (10 cm x 10 cm) x 4.

Sedangkan tanah pasir yang dipakai adalah tanah pasir yang diambil langsung dari *quary*. Pasir ini akan diuji dengan analisa saringan terlebih dahulu, untuk mendapatkan spesifikasi pasir bergradasi baik (*sand well graded*). Apabila dari hasil analisa saringan terbukti tidak sesuai dengan spesifikasi pasir bergradasi baik (*sand well graded*) maka untuk mendapatkan pasir bergradasi baik ini dengan cara dibentuk di laboratorium.

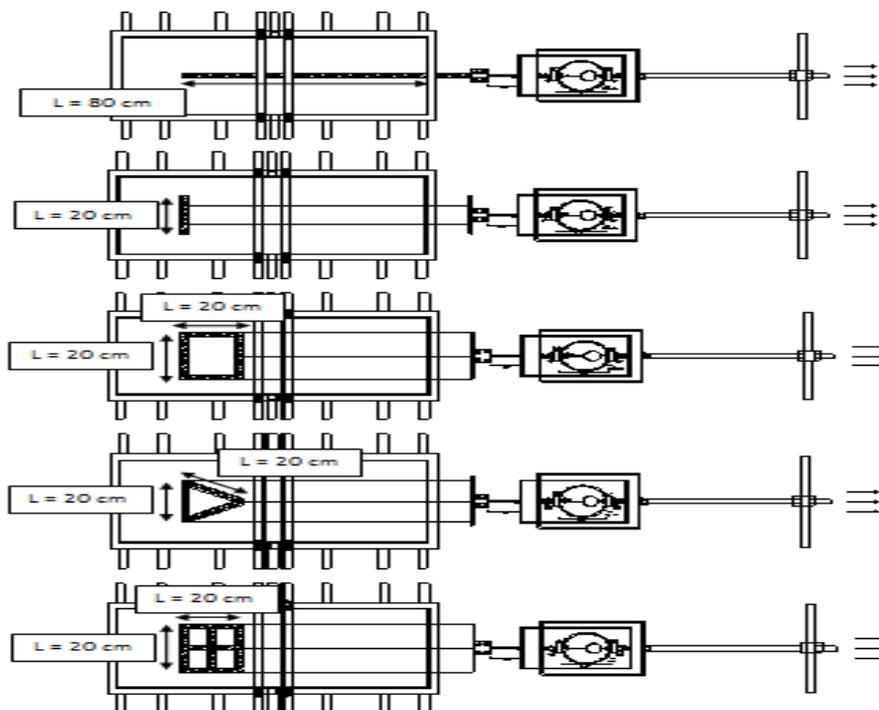
Alat yang dipakai selama proses pengujian adalah kotak uji yang terbuat dari kayu dengan dimensi panjang x lebar x tinggi = 100 cm x 40 cm x 30 cm. Kemudian kotak uji juga dihubungkan dengan perangkat penarik tulangan baja (*extruder*) beserta alat pembacanya (*dial*). Skema alat penelitian dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4 dibawah ini. Sedangkan tampak atas perkusatan pada kotak uji dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 3. Skema Alat Penelitian Uji Tarik (Tampak Samping)



Gambar 4. Skema Alat Penelitian Uji Tarik (Tampak Atas)



Gambar 5. Tampak Atas Perkuatan Pada Kotak Uji

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Analisa Saringan dengan Metoda Mekanik, (ASTM C 136)

Analisa saringan bertujuan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran pada tanah pasir yang dipakai. Dengan mengetahui distribusi butiran tanah pasir maka dapat ditentukan klasifikasi dan deskripsi dari tanah pasir. Setelah melakukan beberapa percobaan pada pengujian analisa saringan metode mekanik maka diperoleh hasil yang sesuai dengan persyaratan USCS yaitu dengan nilai  $C_c = 1,445$  (sesuai USCS dengan syarat nilai  $C_c = 1-3$ ) dan nilai  $C_u = 8$  (sesuai USCS dengan syarat nilai  $C_u \geq 6$ ).

### Pengujian Massa (Berat) Jenis Tanah, (ASTM D 854)

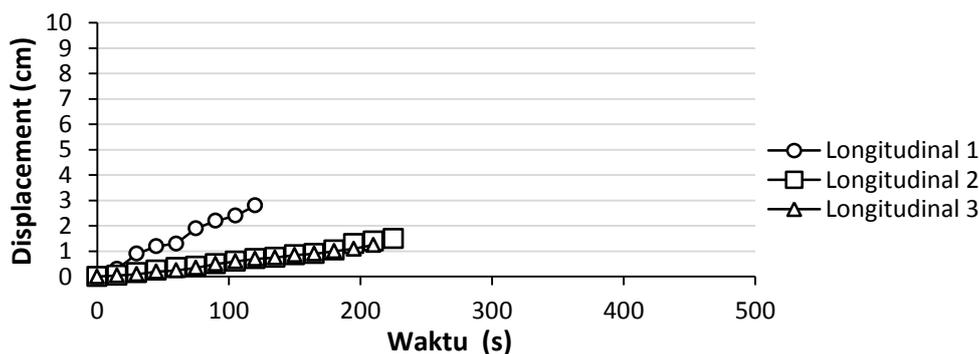
Pengujian massa (berat) jenis tanah bertujuan untuk menentukan massa (berat) jenis pasir yang digunakan. Massa jenis tanah adalah perbandingan antara massa butir-butir tanah dengan massa air destilasi diudara dengan volume yang sama pada temperatur  $27,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Setelah melakukan beberapa kali pengujian maka massa (berat) jenis rata-rata yang didapat adalah  $2,63$ .

### Pengujian Pemadatan (*Proctor*), (ASTM D 698)

Pengujian pemadatan (*proctor*) dilakukan untuk menentukan berat volume kering maksimum ( $\gamma_{d_{max}}$ ) dan kadar air optimum ( $W_{opt}$ ) pada tanah pasir yang digunakan, sehingga tanah pasir nantinya dapat dikondisikan nilai kadar airnya untuk mendapatkan pemadatan maksimum pada saat uji tanahan cabut. Dari hasil uji proctor didapatkan nilai berat volume kering ( $\gamma_{d_{max}}$ ) sebesar  $1,93\text{ gr/cm}^3$  ( $19,3\text{ kN/m}^3$ ) dan kadar air optimum ( $W_{opt}$ ) sebesar  $5,79\%$ .

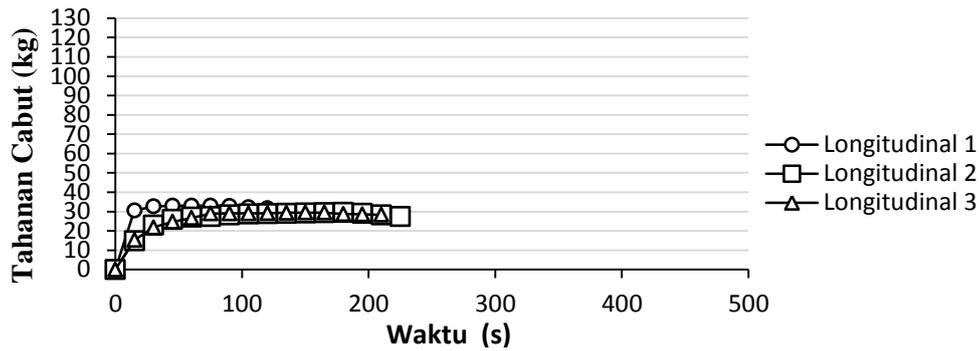
### Hasil Pengujian dengan Perkuatan arah Longitudinal

Pada pengujian tahanan cabut dengan perkuatan arah longitudinal diperoleh nilai deformasi maksimal sebesar  $2,8\text{ cm}$ ;  $1,5\text{ cm}$  dan  $1,25\text{ cm}$ . Selanjutnya nilai tahanan cabut dengan perkuatan arah longitudinal diperoleh nilai maksimal sebesar  $32,82\text{ kg}$ ;  $29,56\text{ kg}$  dan  $29,46\text{ kg}$ . Sedangkan nilai regangan maksimal yang terjadi sebesar  $3,50\%$ ;  $1,88\%$  dan  $1,56\%$ . Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik dibawah ini.

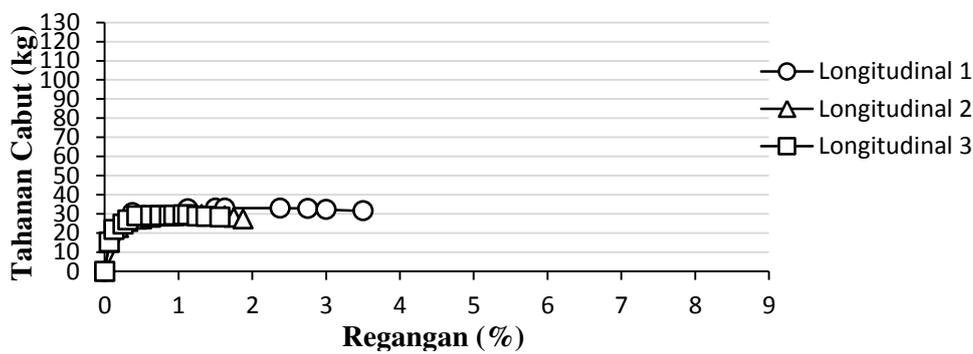


Gambar 6. Grafik hubungan antara waktu terhadap deformasi pada perkuatan arah longitudinal

(Sumber : Hasil analisa)



Gambar 7. Grafik hubungan antara waktu terhadap tahanan cabut pada perkuatan arah longitudinal  
(Sumber : Hasil analisa)



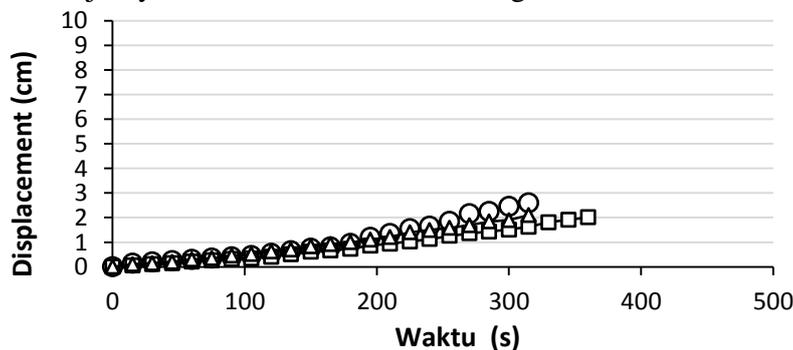
Gambar 8. Grafik hubungan antara regangan terhadap tahanan cabut pada perkuatan arah longitudinal  
(Sumber : Hasil analisa)

### Hasil Pengujian dengan Perkuatan arah Transversal

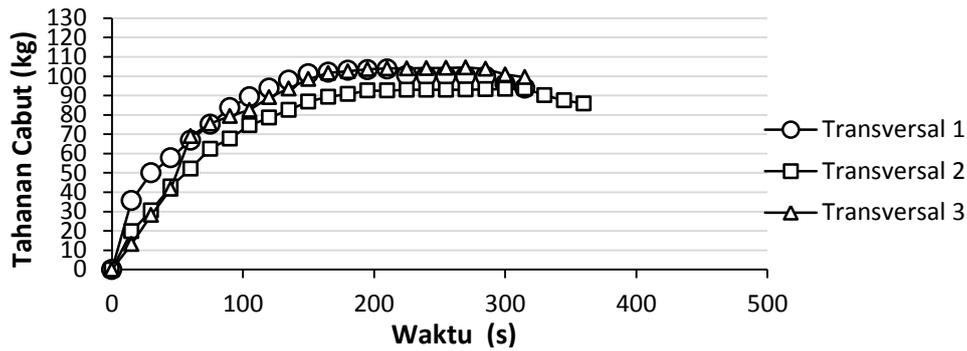
Pada pengujian tahanan cabut dengan perkuatan arah transversal diperoleh nilai deformasi maksimal sebesar 2,6 cm; 2,01 cm dan 2,1 cm.

Selanjutnya nilai tahanan cabut

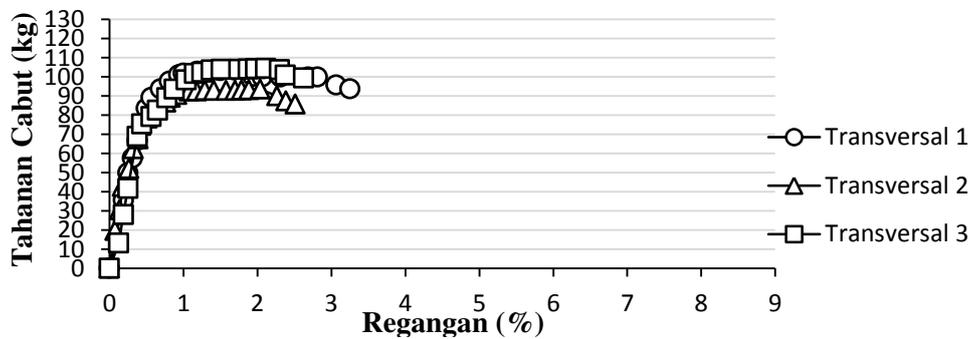
dengan perkuatan arah longitudinal diperoleh nilai maksimal sebesar 103,57 kg; 93,58 kg dan 104,49 kg. Sedangkan nilai regangan maksimal yang terjadi sebesar 3,25 %; 2,51 % dan 0,03 %. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 9. Grafik hubungan antara waktu terhadap deformasi pada perkuatan arah transversal  
(Sumber : Hasil analisa)



Gambar 10. Grafik hubungan antara waktu terhadap tahanan cabut pada perkuatan arah transversal  
(Sumber : Hasil analisa)

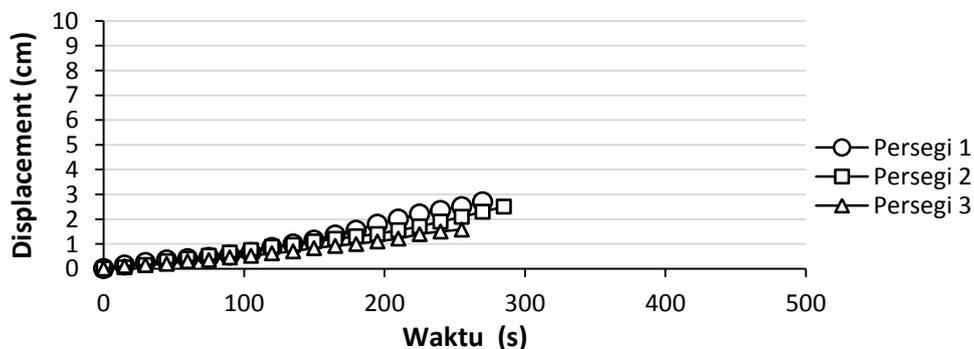


Gambar 11. Grafik hubungan antara regangan terhadap tahanan cabut pada perkuatan arah transversal  
(Sumber : Hasil analisa)

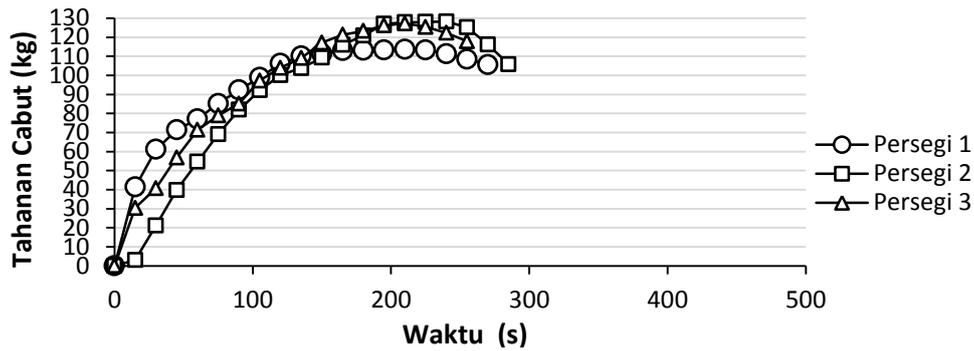
### Hasil Pengujian dengan Perkuatan berbentuk Profil Persegi

Pada pengujian tahanan cabut dengan perkuatan berbentuk profil persegi diperoleh nilai deformasi maksimal sebesar 2,7 cm; 2,5 cm dan 1,58 cm. Selanjutnya nilai tahanan cabut dengan

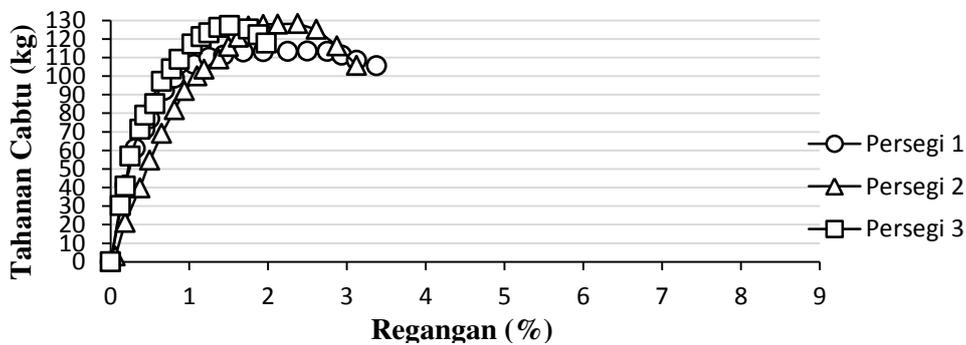
perkuatan arah longitudinal diperoleh nilai maksimal sebesar 113,56 kg; 128,24 kg dan 127,22 kg. Sedangkan nilai regangan maksimal yang terjadi sebesar 3,38 %; 3,13 % dan 1,98 %. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 12. Grafik hubungan antara waktu terhadap deformasi pada perkuatan berbentuk profil persegi  
(Sumber : Hasil analisa)



Gambar 13. Grafik hubungan antara waktu terhadap tahanan cabut pada perkuatan berbentuk profil persegi  
(Sumber : Hasil analisa)

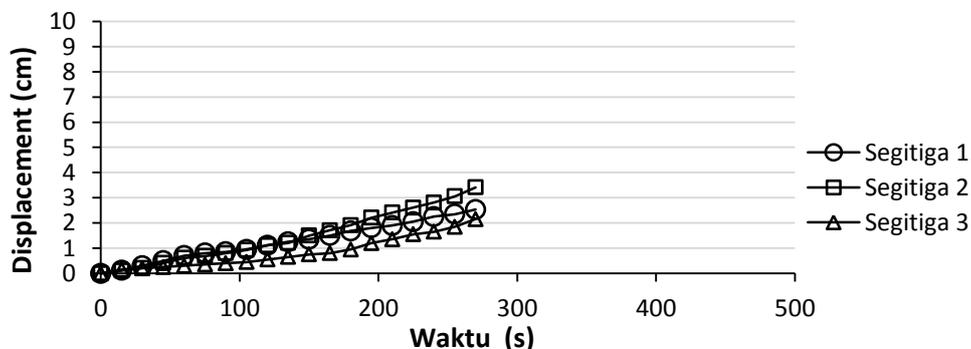


Gambar 14. Grafik hubungan antara regangan terhadap tahanan cabut pada perkuatan berbentuk profil persegi  
(Sumber : Hasil analisa)

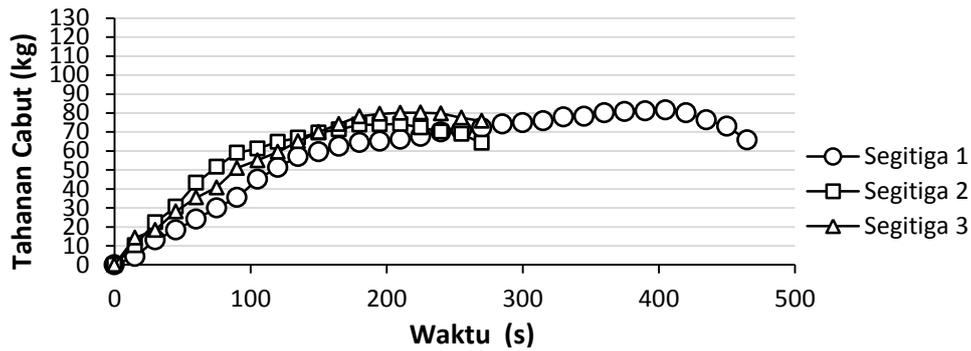
### Hasil Pengujian dengan Perkuatan berbentuk Profil Segitiga

Pada pengujian tahanan cabut dengan perkuatan berbentuk profil segitiga diperoleh nilai deformasi maksimal sebesar 5,45 cm; 3,41 cm dan 2,15 cm. Selanjutnya nilai tahanan cabut dengan

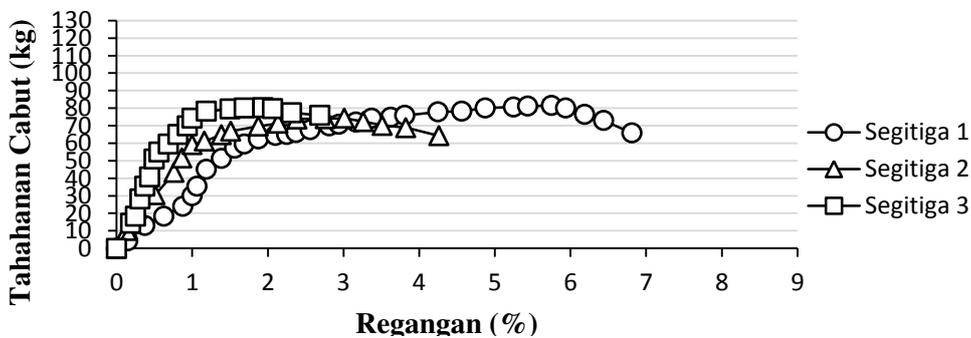
perkuatan arah longitudinal diperoleh nilai maksimal sebesar 81,55 kg; 74,21 kg dan 80,22 kg. Sedangkan nilai regangan maksimal yang terjadi sebesar 6,81 %; 4,26 % dan 2,69 %. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 15. Grafik hubungan antara waktu terhadap deformasi pada perkuatan berbentuk profil segitiga  
(Sumber : Hasil analisa)



Gambar 16. Grafik hubungan antara waktu terhadap tahanan cabut pada perkuatan berbentuk profil segitiga (Sumber : Hasil analisa)

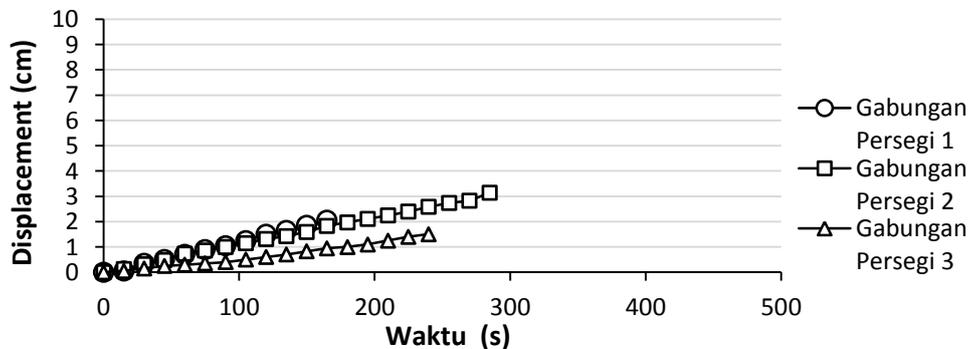


Gambar 17. Grafik hubungan antara regangan terhadap tahanan cabut pada perkuatan berbentuk profil segitiga (Sumber : Hasil analisa)

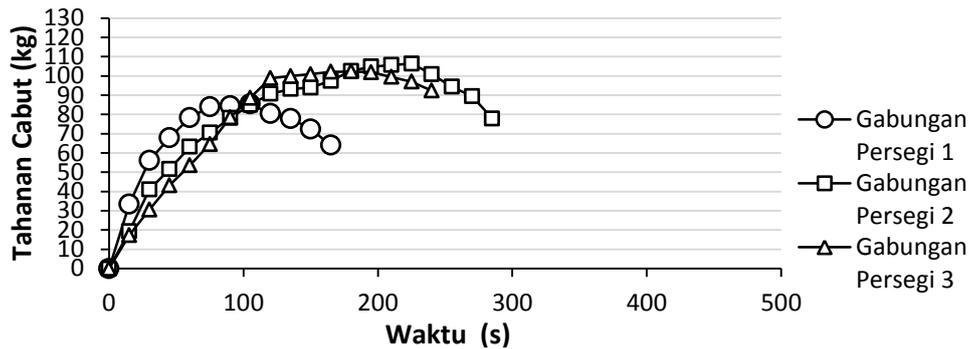
### Hasil Pengujian dengan Perkuatan berbentuk Profil Gabungan Persegi

Pada pengujian tahanan cabut dengan perkuatan berbentuk profil gabungan persegi diperoleh nilai deformasi maksimal sebesar 2,05 cm; 3,14 cm dan 1,5 cm. Selanjutnya nilai

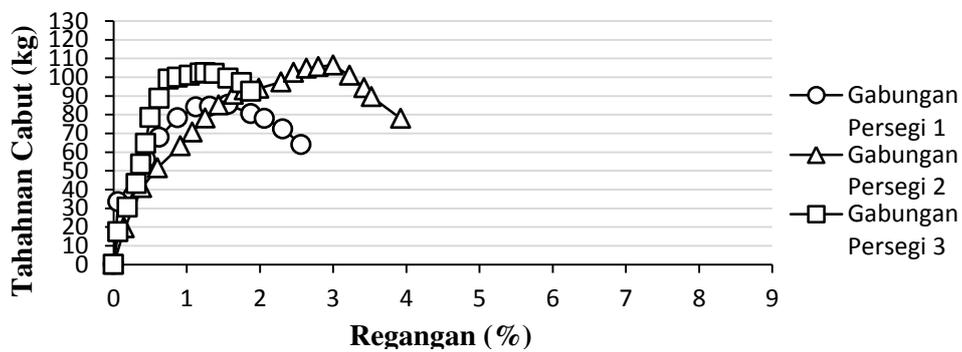
tahanan cabut dengan perkuatan arah longitudinal diperoleh nilai maksimal sebesar 80,53 kg; 106,42 kg dan 102,34 kg. Sedangkan nilai regangan maksimal yang terjadi sebesar 2,56 %; 3,93 % dan 1,88 %. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 18. Grafik hubungan antara waktu terhadap deformasi pada perkuatan berbentuk profil gabungan persegi (Sumber : Hasil analisa)



Gambar 19. Grafik hubungan antara waktu terhadap tahanan cabut pada perkuatan berbentuk profil gabungan persegi  
(Sumber : Hasil analisa)



Gambar 20. Grafik hubungan antara regangan terhadap tahanan cabut pada perkuatan berbentuk profil gabungan persegi  
(Sumber : Hasil analisa)

### Uji Geser Langsung (*Direct shear*) Tanah Pasir

Pengujian bahan pasir secara keseluruhan bertujuan untuk mengetahui nilai parameter pasir yaitu nilai kohesi ( $c$ ) dan sudut gesek intern butiran pasir ( $\phi$ ). Dari hasil pengujian ini didapat nilai parameter kohesi ( $c$ ) sebesar  $0,062 \text{ kg/cm}^2$  ( $6,2 \text{ kPa}$ ) untuk perkuatan arah longitudinal,  $0,064 \text{ kg/cm}^2$  ( $6,4 \text{ kPa}$ ) untuk perkuatan arah transversal,  $0,066 \text{ kg/cm}^2$  ( $6,6 \text{ kPa}$ ) untuk perkuatan berbentuk profil persegi,  $0,057 \text{ kg/cm}^2$  ( $5,7 \text{ kPa}$ ) untuk perkuatan berbentuk profil segitiga dan  $0,030 \text{ kg/cm}^2$  ( $3,0 \text{ kPa}$ ) untuk perkuatan berbentuk profil gabungan persegi. Sedangkan parameter sudut gesek intern butiran pasir ( $\phi$ ) diperoleh sebesar  $41,97^\circ$  untuk perkuatan arah longitudinal,  $34,00^\circ$  untuk perkuatan arah transversal,  $30,80^\circ$  untuk

perkuatan berbentuk profil persegi,  $33,02^\circ$  untuk perkuatan berbentuk profil segitiga dan  $37,37^\circ$  untuk perkuatan berbentuk profil gabungan persegi.

### Uji Geser Langsung (*Direct shear*) Tanah Pasir dengan Permukaan Tulangan Baja

Pengujian bahan berupa pasir-tulangan baja bertujuan untuk mengetahui nilai parameter pasir-tulangan baja yaitu adhesi ( $c_a$ ) dan sudut gesek pasir-tulangan baja ( $\delta$ ). Pada pengujian geser langsung pasir-tulangan baja, sampel uji geser terdiri dari tulangan baja pada bagian bawah dan pasir pada bagian atas dengan kadar air yang telah ditentukan sebelumnya. Nilai dari parameter inilah yang nantinya digunakan untuk menghitung tahanan cabut secara teoritis. Dari hasil pengujian didapat nilai parameter adhesi ( $c_a$ ) sebesar

0,042 kg/cm<sup>2</sup> (4,2 kPa); 0,022 kg/cm<sup>2</sup> (2,2 kPa); 0,054 kg/cm<sup>2</sup> (5,4 kPa); 0,055 kg/cm<sup>2</sup> (5,5 kPa) dan 0,044 kg/cm<sup>2</sup> (4,4 kPa). Dengan nilai rata-rata adhesi ( $c_a$ ) sebesar 0,043 kg/cm<sup>2</sup> (4,3 kPa). Sedangkan parameter sudut gesek pasir-tulangan baja ( $\delta$ ) diperoleh sebesar 38,06°; 38,54°; 36,77°; 36,93° dan 34,62°. Dengan nilai rata-rata sudut gesek pasir-tulangan baja ( $\delta$ ) sebesar 36,98°.

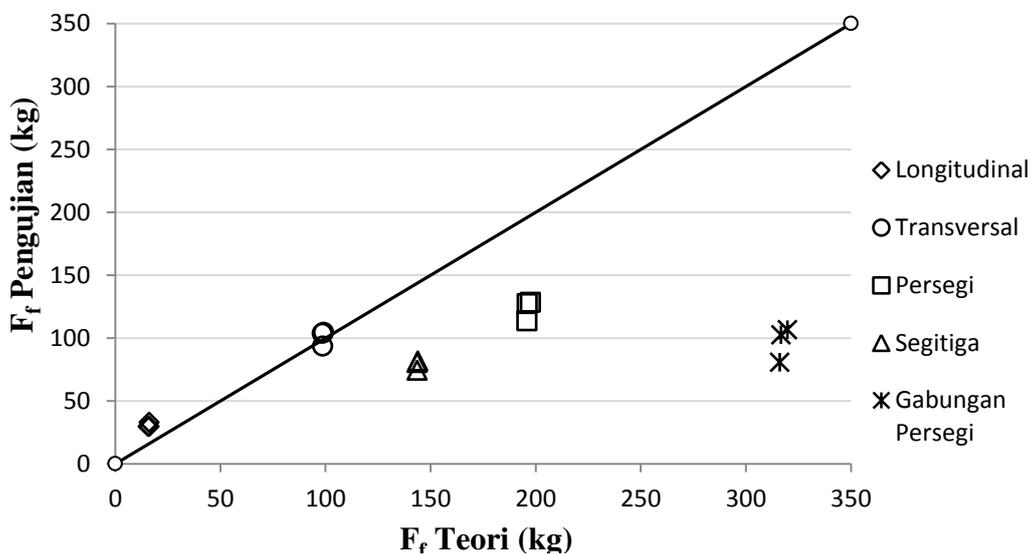
### Pengecekan Kepadatan Tanah Pasir saat Pengujian

Pengecekan kepadatan pada tanah pasir saat pengujian bertujuan sebagai kontrol terhadap nilai kepadatan yang direncanakan. Pada setiap pengujian kepadatan yang direncanakan sama dengan kepadatan yang didapat saat pengujian proktor pada kadar air optimum ( $W_{opt}$ ) yaitu sebesar 1,93 gr/cm<sup>3</sup>. Dari hasil pengujian dapat di analisa bahwa nilai kepadatan setiap pengujian berada

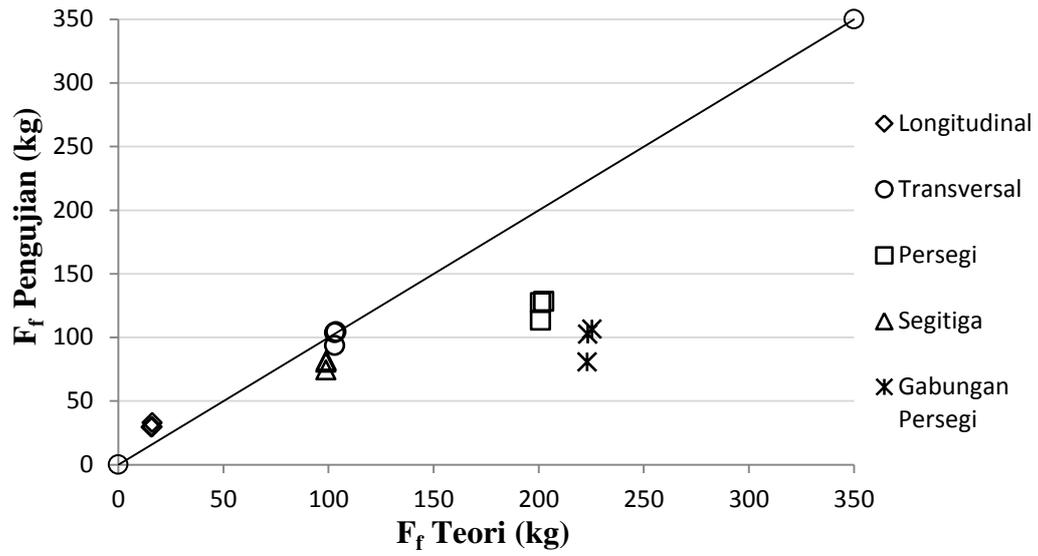
dibawah nilai kepadatan yang direncanakan.

### Analisa Tahanan Cabut Tulangan Baja pada Tanah Pasir secara Teoritis dengan Hasil Pengujian di Laboratorium

Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya maka perbandingan tahanan cabut secara teoritis dan pengujian di laboratorium dapat dilihat pada grafik di bawah ini. Dari grafik perbandingan tahanan cabut secara teoritis dan pengujian di laboraotirum dapat disimpulkan bahwa rata-rata nilai tahanan cabut yang diperoleh secara teoritis lebih besar dibandingkan dengan nilai tahanan cabut yang diperoleh di laboratorium. Apabila dilihat pada Gambar 21 dan Gambar 22 nilai tahanan cabut yang mendekati dari kedua alternatif diatas hanya terjadi pada perkuatan arah longitudinal dan arah transversal saja.



Gambar 21. Perbandingan tahanan cabut secara teoritis dan pengujian di laboratorium pada alternatif I  
(Sumber : Hasil analisa)



Gambar 22. Perbandingan tahanan cabut secara teoritis dan pengujian di laboratorium pada alternatif II  
(Sumber : Hasil analisa)

Tabel 1. Perbandingan perhitungan secara teoritis dengan pengujian skala laboraotrium

No.	Pengujian	As cm <sup>2</sup>	As Tulangan	$\gamma_d$	$\gamma_w$	$\sigma_v$	$\delta$	ca	n	w	d	c	Nc	Ng	Nq	Ff	Fp	ff teori	ffLab	kp	Fp	ff teori
			Longitudinal																			
1	Longitudinal 1	251,2	251,2	1,9	2,0	29,3	38,1	41,6	-	-	-	62,0	-	-	-	16,2	-	16,2	32,8	11,2	-	16,2
	Longitudinal 2			1,8	1,9	28,7			-	-	-					16,1	-	16,1	29,6	11,2	-	16,1
	Longitudinal 3			1,7	1,8	27,1			-	-	-					15,8	-	15,8	29,5	11,2	-	15,8
2	Transversal 1	62,8	-	1,8	1,9	28,5	38,5	21,8	1	20	1	64,4	52,6	35,0	36,5	-	98,6	98,6	103,6	3,5	102,9	102,9
	Transversal 2			1,8	1,9	28,6			1	20	1					-	98,6	98,6	93,6	3,5	103,0	103,0
	Transversal 3			1,9	1,9	29,1			1	20	1					-	99,1	99,1	104,5	3,5	103,5	103,5
3	Persegi 1	244,9	61,2	1,8	1,9	28,6	36,8	54,0	2	20	1	65,5	49,5	31,9	33,7	9,2	186,6	195,9	113,6	3,1	191,6	200,8
	Persegi 2			1,9	2,0	29,4			2	20	1					9,3	188,2	197,5	128,2	3,1	193,1	202,4
	Persegi 3			1,8	1,9	28,7			2	20	1					9,2	186,7	196,0	127,2	3,1	191,7	200,9
4	Segitiga 1	183,7	44,4	1,8	1,9	28,4	36,9	55,1	2	20	1	57,2	74,1	67,3	58,6	6,8	137,1	143,9	81,5	3,4	92,1	98,9
	Segitiga 2			1,8	1,9	28,3			2	20	1					6,8	136,9	143,7	74,2	3,4	92,0	98,8
	Segitiga 3			1,8	1,9	28,2			2	20	1					6,8	136,9	143,6	80,2	3,4	92,0	98,8
5	Gab. Persegi 1	367,4	61,2	1,8	1,8	27,7	34,6	43,7	3	20	1	30,1	77,7	72,9	62,4	11,5	304,7	316,2	80,5	4,1	211,5	223,0
	Gab. Persegi 2			1,8	1,9	28,3			3	20	1					11,6	308,3	319,9	106,4	4,1	213,7	225,3
	Gab. Persegi 3			1,8	1,9	27,8			3	20	1					11,6	305,1	316,7	102,3	4,1	211,8	223,3

(Sumber : Hasil analisa)

## KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini sesuai dengan tujuan dan manfaat penelitian adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian standar Proctor pada tanah pasir bergradasi baik (*sand graded well*) didapat nilai kadar air optimum ( $w_{opt}$ ) pada 5,79 % dengan nilai berat volume kering maksimum ( $\gamma_{dmaks}$ ) sebesar 1,93 gr/cm<sup>3</sup>.
2. Nilai tahanan cabut terbesar diperoleh dari perkutan berbentuk profil persegi sebesar 128,24 kg.
3. Nilai regangan terbesar diperoleh dari perkutan berbentuk profil segitiga sebesar 6,81%.
4. Nilai *secant modulus* ( $E_s$  saat  $\Delta\sigma$  50 %) yang diperoleh dari perkutan arah longitudinal 12 gr/cm<sup>3</sup>, arah transversal sebesar 75 kg/cm<sup>2</sup>, profil persegi 32 gr/cm<sup>3</sup>, profil segitiga 24 gr/cm<sup>3</sup> dan profil gabungan persegi 16 gr/cm<sup>3</sup>.
5. Nilai tahanan cabut tulangan baja yang dihitung secara teoritis lebih besar dibandingkan nilai tahanan cabut tulangan baja saat pengujian.
6. Nilai tahanan cabut tulangan baja berdiameter 10 mm arah perkutan longitudinal pada pasir bergradasi baik (*sand graded well*) hampir sama bila dibandingkan dengan nilai tahanan cabut tulangan baja berdiameter 22 mm arah perkutan longitudinal pada tanah *silty sand* yang dilakukan oleh Kwon, dkk dan begitu juga pada rotan jenis sega berdiameter 8 mm arah perkutan longitudinal pada tanah berpasir yang diuji oleh Harison.

Adapun saran yang diberikan untuk penelitian dan penulisan tugas akhir adalah:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kuat tahanan cabut

perkutan pada struktur tanah bertulang dengan menggunakan jenis tanah dan perkutan yang berbeda.

2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan variasi kadar air dan penambahan tegangan normal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. Istilah Dan Definisi Baja Tulangan (SNI-07-2052 2002).
- Christiady, H. 1990. Uji cabut jaringan tulangan baja untuk perencanaan struktur tanah bertulang. Media teknik sipil. Universitas Gajah Mada. Edisi 2.
- Dandung Sriharninto. 2010, *Studi Perilaku Pull Out Elemen Perkuatan Tanah pada Sistem Dinding Penahan Tanah*, A Thesis Submitted for the Degree of Master the University of Indonesia.
- Pramuhardi, G. *et al.* 2001. Adhesi tanah-metal pada berbagai tingkat perubahan kepadatan dan kadar air tanah. Buletin keteknikan pertanian. Institut Pertanian Bogor. *Volume* 15, 2.
- Prih Budi Susilowati. 2011, *Studi Perilaku Pull Out Elemen Perkuatan Retaining Wall Dan Pull Out Box*, A Thesis Submitted for the Degree of Master the University of Indonesia.
- Victor Harison. 2013, *Karakteristik Pull Out Resistance Tulangan Rotan Sebagai Perkuatan Pada Tanah Pasir*, Universitas Riau.