

## ANALISIS PERBANDINGAN TEORI DRAINASE VERTIKAL HANSBO KONVENSIONAL DENGAN TEORI *NON-DARCIAN* DAN SEEP/W GEOSTUDIO

Bagas Prastyo

[bagasprastyo2016@student.uns.ac.id](mailto:bagasprastyo2016@student.uns.ac.id)

Universitas Sebelas Maret

### ABSTRAK

Kondisi tanah lunak yang siap dibangun sangat jarang ditemukan di lapangan, sehingga perlu dilakukan perbaikan tanah. Salah satu metode yang mudah dan umum digunakan yaitu dengan menggunakan Vertical drain. Metode Vertical drain dapat dilakukan dengan pemasangan PVD. Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan terdapat banyak teori dalam analisis pengaruh pemasangan PVD mulai dari teori konvensional seperti Teori Rendulic (1935) Carillo (1942) Teori Barron (1948) dan Teori Hansbo (1979) semua itu didasarkan asumsi apabila aliran yang terjadi di dalam PVD merupakan Aliran Laminar meskipun demikian banyak peneliti lain yang mengasumsikan bahwa aliran yang terjadi bukan aliran laminar tetapi merupakan aliran semi turbulen, maka dari itu pada penelitian ini mencoba menganalisis aliran diasumsikan berupa aliran non darcian dengan menggunakan teori  $\lambda$  (lamda) selain itu digunakan software Sigma/W dan Seep/W Geo-Studio, sehingga diharapkan dapat memberi gambaran mengenai analisis pengaruh pemasangan PVD pada konsolidasi tanah. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan bahwa Pemasangan PVD mempercepat proses konsolidasi dengan indikasi hasil perhitungan  $t$  90% konsolidasi tanah hanya menggunakan pembebanan tanpa menggunakan PVD memerlukan waktu yaitu 61.23 tahun sedangkan konsolidasi menggunakan pembebanan dan juga ditambah menggunakan PVD dengan perhitungan Rendulic Dan Caril didapat waktu  $t = 25$  hari, dengan perhitungan Barron didapat waktu  $t = 81$  hari, dengan perhitungan Hansbo didapat waktu  $t = 92$  hari, dengan perhitungan Lamda didapat waktu  $t = 86$  hari dengan perhitungan Sigma/ W didapat waktu  $t = 80$  hari, dengan perhitungan Seep/W +Sigma/W didapat waktu  $t = 80$  hari. Kedua analisis baik menggunakan Hukum Darcy maupun non-Darcy menunjukkan hasil yang tidak terlalu beda.

**Kata Kunci:** Konsolidasi, PVD, Hukum Darcy, Sigma/W dan Seep/W Geo-Studio.

### ABSTRACT

*Soft soil conditions that are ready to be built are very rare in the field, so it is necessary to improve the soil. One easy and commonly used method is to use Vertical drain. The Vertical drain method can be done by installing PVD. Along with the development of science, there are many theories in the analysis of the effect of PVD installation starting from conventional theories such as Rendulic Theory (1935) Carillo (1942) Barron Theory (1948) and Hansbo Theory (1979) all of which are based on the assumption that the flow that occurs in the PVD is Laminar Flow, although many other researchers assume that the flow that occurs is not laminar flow but is semi-turbulent flow, therefore this study tries to analyze the flow assumed to be non-darcian flow using the  $\lambda$  (lamda) theory in addition to using Sigma / W and Seep / W Geo-Studio software, so it is expected to provide an overview of the analysis of the effect of PVD installation on soil consolidation. Based on the research results, it was found that the installation of PVD accelerates the consolidation process with an indication of the calculation results of  $t$  90% of land consolidation using only loading without using PVD takes 61.23 years while consolidation using loading and also added using PVD with Rendulic and Caril calculations obtained time  $t = 25$  days, with Barron calculations obtained time  $t = 81$  days, with Hansbo calculations obtained time  $t = 92$  days, with Lambda calculations obtained time  $t = 86$  days with Sigma / W calculations obtained time  $t = 80$  days, with Seep / W + Sigma / W calculations obtained time  $t = 80$  days. Both analyses using Darcy's Law and non-Darcy showed results that were not too different.*

**Keywords:** Consolidation, PVD, Darcy's Law, Sigma/W and Seep/W Geo-Studio.

## PENDAHULUAN

Kondisi tanah lunak yang siap dibangun sangat jarang ditemukan di lapangan, sehingga perlu dilakukan perbaikan tanah. Beberapa jenis tanah memiliki permeabilitas yang sangat kecil seperti tanah lunak sehingga konsolidasi tanah yang terjadi membutuhkan waktu yang cukup lama. Konsolidasi tanah merupakan proses berkurangnya rongga pori dari tanah berbutir halus jenuh yang disebabkan oleh beban di atasnya (Hardiyatmo, 2018). Salah satu cara untuk mempercepat proses konsolidasi tanah adalah dengan menggunakan vertical drain (drainase vertikal). Dengan digunakannya sistem vertical drains dapat mempercepat proses konsolidasi tanpa mengalami penurunan tanah yang cukup besar pada hasil akhirnya. (Manfred R. 1990). Vertical drain memiliki sistem kerja yaitu dengan memotong jalur drainase sehingga dapat mengurangi waktu konsolidasi menjadi lebih cepat dibantu oleh timbunan di atasnya. (Hansbo, 2015). Pada tanah lunak seperti tanah, permeabilitas tanahnya lebih baik pada arah horizontal. Maka dengan adanya vertical drain proses keluarnya air dari dalam tanah bisa lebih cepat dibandingkan dengan kondisi alaminya. Jalan pintas tersebut dapat berupa PVD (Prefabricated Vertical Drains) yaitu strip plastik terbungkus filter geotekstil prefabrikasi dengan saluran beralur. Pemasangan PVD dilakukan dengan cara dipancang atau digetarkan ujung mandrel tertutupnya. PVD (Prefabricated Vertical Drains) dipasang secara vertikal di dalam tanah lunak dibawah timbunan tanah sehingga aliran air dari tanah dapat dikeluarkan. Selain dipasang secara vertikal PVD (Prefabricated Vertical Drains) dapat juga dipasang sebagai jalur drainase datar untuk menerima aliran air yang masuk dari sistem drainase vertikal

Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan terdapat banyak teori dalam analisis pengaruh pemasangan PVD (Prefabricated Vertical Drains) mulai dari teori konvensional seperti Teori Rendulic (1935) dan Carillo (1942) yang kemudian dikembangkan oleh Teori Barron (1948) dan menjadi teori yang biasanya digunakan yaitu Teori Hansbo (1979) semua itu didasarkan asumsi apabila aliran yang terjadi di dalam PVD (Prefabricated Vertical Drains) merupakan Aliran Laminar meskipun demikian banyak peneliti lain yang mengasumsikan bahwa aliran yang terjadi bukan aliran laminar tetapi merupakan aliran semi turbulen, maka dari itu pada penelitian ini mencoba menganalisis aliran diasumsikan berupa aliran non darcian dengan menggunakan teori  $\lambda$  (lamda) yang biasanya digunakan untuk meneliti aliran air yang berupa aliran turbulensi.

Selain itu analisis pengaruh pemasangan dalam PVD (Prefabricated Vertical Drains) dapat dihitung dengan pemodelan software dengan analisis Finite Element Method. Salah satu software yang menggunakan analisis FEM adalah Geostudio. Software ini merupakan aplikasi yang dikembangkan Geo-Slope International Ltd. dimana dapat digunakan untuk menganalisis deformasi akibat perubahan tekanan air pori melalui fitur Sigma/W selain menggunakan Sigma/W digunakan juga fitur Seep/W sebagai analisis aliran air yang terjadi saat proses konsolidasi terjadi. Sigma/W dan Seep/W digunakan pemodelan dengan perintah consolidation dengan durasi waktu sesuai analisis yang ingin dilakukan.

Alasan tersebut di atas yang melatarbelakangi penelitian untuk melakukan perbandingan analisis pengaruh pemasangan PVD (Prefabricated Vertical Drains) antara beberapa teori konvensional dengan teori  $\lambda$  (lamda) dan software Geo-Studio, sehingga diharapkan dapat memberi gambaran mengenai analisis pengaruh pemasangan PVD (Prefabricated Vertical Drains) pada konsolidasi tanah. Hasil akhir dari penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui perbandingan hasil analisis waktu dan besar konsolidasi tanah yang terjadi sehingga diharapkan dapat menjadi pertimbangan dalam pemasangan

PVD (Prefabricated Vertical Drains) dilapangan.

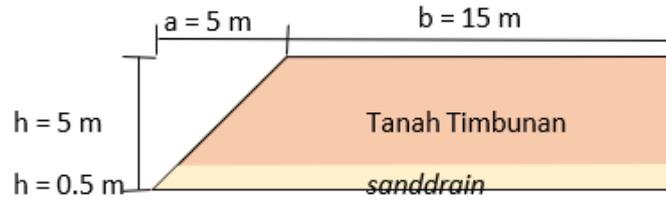
## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode analisis menggunakan perhitungan empiris, dimana analisis pengaruh penggunaan PVD terhadap konsolidasi tanah digunakan rumus konvensional yaitu Teori Rendulic (1935) dan Carillo (1942), Teori Barron (1948), Teori Hansbo (1979) dengan asumsi aliran pada PVD adalah aliran laminar dan teori  $\lambda$  (lamda) dengan asumsi aliran pada PVD adalah aliran turbulen. Analisis konvensional menggunakan software microsoft excel. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui perbandingan hasil analisis waktu dan besar konsolidasi tanah. Hasil yang didapatkan berupa grafik antara waktu dan penurunan yang dihasilkan. Data tanah yang digunakan merupakan data tanah Tanjung Selor, Kalimantan Utara, berdasarkan data yang diperoleh wilayah tersebut didominasi tanah lunak berupa tanah lempung. Data yang digunakan pada Tabel 1 berikut,

Tabel 1. Data parameter tanah

No. Sampel				UDS 1	UDS 2
<b>Depth</b>				0,00 – 6,00	6,00 – 20,00
<b>Index Properties</b>		Symbol	Unit		
1	Density	$\gamma$	t/m <sup>3</sup>	1,290	1,314
2	Water content	$\omega$	%	46,09%	40,68%
3	Specific of gravity	Gs	-	2,67	2,68
	Dry density	$\gamma_d$	t/m <sup>3</sup>	0,88	0,93
	Void Ratio	e	-	2,03	1,87
	Porosity	n	-	0,67	0,65
	Degree of saturation	Sr	%	60,77%	58,35%
4	Plastic limit	PL	%	34,44%	18,55%
	Liquid limit	LL	%	52,11%	43,75%
	Plasticity index	PI	%	17,67%	25,20%
5	Grain size				
	Gravel	G	%	0,00%	0,00%
	Sand	S	%	12,47%	4,73%
	Silt	M	%	87,12%	44,87%
	Clay	C	%	0,41%	50,40%
<b>Engineering Properties</b>					
6	UCS	qu	kg/cm <sup>2</sup>	0,043	0,129
		qu'	kg/cm <sup>2</sup>	0,036	0,085
		St	-	1,200	1,517
		Cu	kg/cm <sup>2</sup>	0,022	0,064
7	Triaxial UU test	$\phi$	-	5,830	5,820
		c	kg/cm <sup>2</sup>	0,013	0,063

Tabel 1 merupakan parameter tanah yang akan digunakan dalam analisis perhitungan dengan metode konvensional maupun dengan Geostudio. Keterbatasan data pengujian konsolidasi yang hanya berupa Cc dan Cv ini akan dilengkapi dengan korelasi dan perhitungan tambahan dari data yang tersedia. Data Cr,  $\sigma'$ , mv, dan k akan dihitung berdasarkan pengujian konsolidasi. Sedangkan, parameter yang dibutuhkan untuk input di pemodelan Geo Studio seperti E, Ko, v,  $\lambda$ , dan  $\kappa$  akan dilakukan korelasi dan perhitungan tambahan.



Gambar 1. ilustrasi timbunan yang akan menjadi beban preloading

Gambar 1. merupakan ilustrasi timbunan yang akan menjadi beban preloading. Timbunan memiliki lebar area sepanjang 40 m dan berbentuk trapesium sama kaki setinggi 5 m dengan rincian lapisan 0,5 m dari permukaan adalah sand drain dan 4,5 m berupa tanah timbunan. Kedua lapisan ini diasumsikan memiliki properties yang sama, tetapi sand drain akan difungsikan sebagai jalur aliran air yang keluar seiring berjalannya konsolidasi. Parameter tanah timbunan dapat dilihat pada tabel berikut,

Tabel 2. Data parameter tanah timbunan

No.	Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
1.	Berat jenis	$\gamma$	18	m
2.	Kohesi	$c$	0	kN/m <sup>2</sup>
3.	Sudut geser dalam	$\phi$	30	°
4.	Tegangan di permukaan tanah	$q$	90	kN/m <sup>2</sup>

PVD yang digunakan pada penelitian ini menggunakan salah satu produk PT TEKNINDOGEOSISTEM UNGGUL tipe CT-D812. Dalam penelitian ini PVD memiliki konfigurasi jarak pemasangan 1 m dengan pola bujursangkar. Konfigurasi pemasangan tersebut digunakan dalam perhitungan konvensional maupun GeoStudio. Parameter PVD yang digunakan dapat dilihat berdasarkan tabel berikut

Tabel 3. Parameter PVD

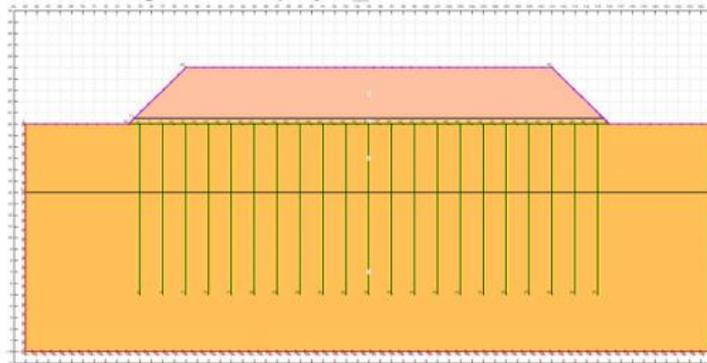
No	Parameter	Simbol	Satuan	Nilai
1.	Lebar tampang PVD	a	mm	0,1000
2.	Tebal tampang PVD	b	mm	0,0030
3.	Diameter pengaruh	D	m	1,1300
4.	Jari-jari pengaruh	R	m	0,5650
5.	Diameter ekuivalen	dw	m	0,0515
6.	Jari-jari ekuivalen	rw	m	0,1436

Sebagai pembanding lain digunakan juga software Geostudio dengan fitur Sigma/W dan Seep/W. Pemodelan awal dalam penelitian ini yaitu dengan Sigma/W dengan tipe analisis menggunakan In Situ Stress dengan kondisi awal PWP area berupa pizeometric surface. Kondisi Pore Water Pressure menggunakan mode Water Tabel, dengan berat volume air sebesar 9,808 kN/m<sup>3</sup>. Selain itu dilakukan pemodelan yang kedua yaitu dengan menggunakan Seep/W dengan tipe analisis menggunakan Steady State Seepage dengan mengabaikan parameter gangguan terhadap aliran air seperti pengaruh suhu dan lain sebagainya.

Dalam pemodelan Sigma/W dan Seep/W diberikan perintah pemodelan yaitu consolidation dengan waktu analisis yang digunakan disesuaikan dengan kondisi yang diinginkan. Setelah pemodelan dilakukan langkah selanjutnya yaitu menggambar penampang sesuai dimensi yang dibuat, menggunakan bantuan software AutoCAD untuk memodelkan penampang. Selanjutnya memodelkan bagian tanah asli, tanah timbunan, dan PVD dengan ketentuan antara lain:

- a. Tanah lunak (soft clay) dimodelkan dengan kategori material Effective Parameters w/PWP Change dan mode material Soft Clay (MCC w/PWP Change).
- b. Tanah timbunan dan material PVD dimodelkan dengan kategori material Effective Parameters w/PWP Change dan Linear Elastic (w/PWP Change), untuk spesifikasi

PVD diberikan pendekatan untuk nilai permeabilitas yang lebih besar.



Gambar 2. Kondisi Awal Pemodelan

Gambar 2. menunjukkan hasil material yang telah dimasukkan pada pemodelan, dimana tanah dimodelkan dan didefinisikan setiap lapisan tanahnya. Material untuk percepatan konsolidasi menggunakan PVD, material sand drained, dan tanah timbunan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Konsolidasi Sebelum Pemasangan PVD

Pada penelitian ini tanah yang ditinjau merupakan tanah berlapis yang membuat perhitungan koefisien konsolidasi arah vertikal harus dihitung dengan mengambil nilai rata-rata dari sejumlah tanah berlapis tersebut. Perhitungan koefisien konsolidasi arah vertikal rata-rata dapat dilihat pada tabel berikut,

Tabel 4. Perhitungan nilai koefisien konsolidasi.

No	Kedalaman	Tebal Tanah (h)	Cv	$\frac{h}{\sum J C_v}$
	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> /th)	
1	0,00 - 6,00	6,00	5,9918	2,451
2	6,00 - 20,00	14,00	5,3611	6,046
			Σ	8,498
$C_v^- = \frac{\left( \frac{\sum H}{h} \right)}{\left( \frac{\sum J C_v}{J C_v} \right)}$			5,539	m <sup>2</sup> /tahun
$C_v^- = 2 \times C_v^-$			11,079	m <sup>2</sup> /tahun

Nilai penurunan yang terjadi sebelum pemasangan PVD dapat dilihat pada Tabel 5 sebagai berikut,

Tabel 5. Perhitungan nilai penurunan yang terjadi dengan parameter Cr dan Cc.

No	Kedalaman	Cc	Cr	e0	σ'c	σ'v	ΔP	Sc
	(m)				kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>		
1,	6,00	0,058	0,945	2,03	120,621	17,064	88,607	1,104
2,	20,00	0,044	0,995	1,87	98,066	61,667	69,390	0,457
Σ								0,780

Konsolidasi merupakan suatu proses yang bergantung pada waktu, yang umumnya dinyatakan dalam faktor waktu T, yaitu waktu yang dibutuhkan suatu volume tanah dalam mencapai koefisien konsolidasi sebelum pemasangan PVD. Waktu konsolidasi yang terjadi pada tanah ditinjau sedalam 20 m untuk mencapai derajat konsolidasi 90% dan akar waktu  $T_v = 0,848$  adalah sebagai berikut.

$$t_{90} = \frac{TV \times H_{dr}}{Cv} = \frac{0,848 \times 2}{5,539} = 61,23 \text{ tahun}$$

### Analisis Konsolidasi menggunakan Teori Rendulic dan Carillo Setelah Pemasangan PVD

Hasil perhitungan waktu konsolidasi dan penurunan yang terjadi pada dapat dilihat pada tabel dibawah,

Tabel 6. Nilai Penurunan

Waktu (hari)	Tv	Uv	Th	Uh	Derajat Konsolidasi (%)	Penurunan (m)
0	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,00%	0,000
10	0,001	2,93%	0,238	59,62%	60,81%	0,474
<b>20</b>	<b>0,001</b>	<b>4,14%</b>	<b>0,475</b>	<b>83,70%</b>	<b>84,37%</b>	<b>0,658</b>
<b>30</b>	<b>0,002</b>	<b>5,08%</b>	<b>0,713</b>	<b>93,42%</b>	<b>93,75%</b>	<b>0,732</b>
40	0,003	5,86%	0,951	97,34%	97,50%	0,761
50	0,003	6,55%	1,189	98,93%	99,00%	0,772

### Analisis Konsolidasi menggunakan Teori Barron Setelah Pemasangan PVD

Hasil perhitungan waktu konsolidasi dan penurunan yang terjadi pada dapat dilihat pada tabel dibawah,

Tabel 7. Nilai Penurunan

Waktu (hari)	Tv	Uv	Th	Uh	Derajat Konsolidasi (%)	Penurunan (m)
0	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,00%	0,00000
10	0,001	2,93%	0,238	24,77%	26,98%	0,21049
20	0,001	4,14%	0,475	43,41%	45,75%	0,35700
30	0,002	5,08%	0,713	57,42%	59,58%	0,46495
40	0,003	5,86%	0,951	67,97%	69,85%	0,54503
50	0,003	6,55%	1,189	75,90%	77,48%	0,60461
60	0,004	7,18%	1,426	81,87%	83,17%	0,64902
<b>70</b>	<b>0,005</b>	<b>7,75%</b>	<b>1,664</b>	<b>86,36%</b>	<b>87,42%</b>	<b>0,68216</b>
<b>80</b>	<b>0,005</b>	<b>8,29%</b>	<b>1,902</b>	<b>89,74%</b>	<b>90,59%</b>	<b>0,70690</b>
90	0,006	8,79%	2,139	92,28%	92,96%	0,72539
100	0,007	9,27%	2,377	94,19%	94,73%	0,73921

### Analisis Konsolidasi menggunakan Teori Hansbo Setelah Pemasangan PVD

Hasil perhitungan waktu konsolidasi dan penurunan yang terjadi pada dapat dilihat pada tabel dibawah

Tabel 8. Nilai Penurunan

Waktu (hari)	Tv	Uv	Th	Uh	Derajat Konsolidasi (%)	Penurunan (m)
0	0,000	0,00%	0,000	0,00%	0,000%	0,000
10	0,001	2,93%	0,238	22,06%	24,347%	0,190
20	0,001	4,14%	0,475	39,26%	41,776%	0,326
30	0,002	5,08%	0,713	52,66%	55,063%	0,430
40	0,003	5,86%	0,951	63,10%	65,267%	0,509
50	0,003	6,55%	1,189	71,25%	73,130%	0,571
60	0,004	7,18%	1,426	77,59%	79,198%	0,618
70	0,005	7,75%	1,664	82,53%	83,888%	0,655
80	0,005	8,29%	1,902	86,39%	87,516%	0,683
<b>90</b>	<b>0,006</b>	<b>8,79%</b>	<b>2,139</b>	<b>89,39%</b>	<b>90,324%</b>	<b>0,705</b>
<b>100</b>	<b>0,007</b>	<b>9,27%</b>	<b>2,377</b>	<b>91,73%</b>	<b>92,498%</b>	<b>0,722</b>

### Analisis Konsolidasi menggunakan Teori Lamda ( $\lambda$ )

Hasil perhitungan waktu konsolidasi dan penurunan yang terjadi pada dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 9. Nilai Penurunan

Waktu (hari)	Tv	Uv	Th	Uh	Derajat Konsolidasi (%)	Penurunan (m)
0	0.000	0.00%	0.000	0.00%	0.00%	0.000
10	0.001	2.93%	0.238	36.09%	37.96%	0.296
20	0.001	4.14%	0.475	55.66%	57.50%	0.449
30	0.002	5.08%	0.713	67.44%	69.10%	0.539
40	0.003	5.86%	0.951	75.09%	76.55%	0.597
50	0.003	6.55%	1.189	80.32%	81.61%	0.637
60	0.004	7.18%	1.426	84.07%	85.21%	0.665
70	0.005	7.75%	1.664	86.84%	87.86%	0.686
80	0.005	8.29%	1.902	88.94%	89.86%	0.701
90	0.006	8.79%	2.139	90.58%	91.41%	0.713
100	0.007	9.27%	2.377	91.88%	92.63%	0.723

**Analisis Konsolidasi menggunakan Geostudio**

Hasil perhitungan waktu konsolidasi dan penurunan yang terjadi pada dapat dilihat pada tabel dibawah

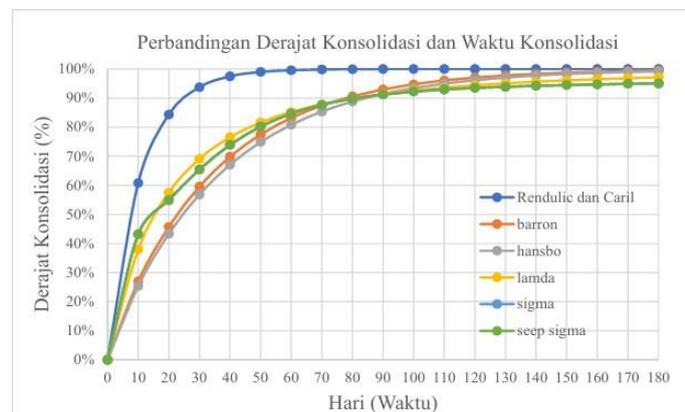
Tabel 10. Nilai Penurunan

Waktu (hari)	Sigma/W				Seep/W + Sigma/W			
	uo	uz	U	Sc	uo	uz	U	Sc
0	78.38	-	-	0.000	78.38	-	-	0.000
10	181.61	103.23	43.16%	-0.293	181.61	103.23	43.16%	-0.293
20	142.71	64.33	54.92%	-0.421	142.71	64.33	54.92%	-0.421
30	119.75	41.37	65.45%	-0.502	119.75	41.37	65.45%	-0.502
40	106.03	27.65	73.92%	-0.555	106.03	27.65	73.92%	-0.555
50	97.71	19.33	80.21%	-0.592	97.71	19.33	80.21%	-0.592
60	92.58	14.21	84.66%	-0.618	92.58	14.21	84.66%	-0.618
70	89.36	10.98	87.71%	-0.638	89.36	10.98	87.71%	-0.638
80	87.28	8.90	89.80%	-0.653	87.28	8.91	89.80%	-0.653
90	85.91	7.53	91.23%	-0.666	85.91	7.53	91.23%	-0.666
100	84.97	6.60	92.24%	-0.678	84.97	6.60	92.24%	-0.678

**Perbandingan Konsolidasi dengan Geostudio**

Rekapitulasi hasil perbandingan analisis sebagai berikut

	Tanpa PVD	Dengan PVD					
		Darcy			Non Darcy		
		Rendulic Dan Caril	Barron	Hansbo	Lamda	Sigma/W	Seep/W +Sigma/W
t 90% (Hari)	22349	25	81	92	86	80	80



Gambar 3. Rekapitulasi Derajat Konsolidasi



Gambar 4. Rekapitulasi hasil penurunan.

## KESIMPULAN

Perbandingan dari berbagai Teori diatas ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut,

1. Pemasangan PVD mempercepat proses konsolidasi dengan indikasi hasil perhitungan t 90% konsolidasi tanah hanya menggunakan pembebanan tanpa menggunakan PVD memerlukan waktu yaitu 61.23 tahun sedangkan konsolidasi menggunakan pembebanan dan juga ditambah menggunakan PVD dengan perhitungan Rendulic Dan Caril didapat waktu t = 25 hari, dengan perhitungan Barron didapat waktu t = 81 hari ,dengan perhitungan Hansbo didapat waktu t = 92 hari, dengan perhitungan Lamda didapat waktu t = 86 hari dengan perhitungan Sigma/ W didapat waktu t = 80 hari, dengan perhitungan Seep/W +Sigma/W didapat waktu t = 80 hari.
2. Kedua analisis baik menggunakan Hukum Darcy maupun non-Darcy menunjukkan hasil yang tidak terlalu beda
3. Hasil antara analisis konvensional dengan geostudio menunjukkan angka yang tidak terlalu beda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali, R., dan Sri W., 2020. Perbaikan Tanah Lempung Lunak dengan Metode Prefabricated Vertical Drain (PVD), Jurnal Politeknologi. Vol. 19 No. 2 Mei.
- Badan Standarisasi Nasional., 2017. Persyaratan Perancangan Geoteknik. SNI 8460:2017. Jakarta.
- Bergado, D., T., 2001. Prefabricated Vertikal Drains (PVDs) in Soft Bangkok Clay: a Case Study of The New Bangkok International Airport Project. NRC Research Press, Canada.
- Brian D. Wood, Xiaoliang He, Sourabh V. Apte, 2020 Modeling Turbulent Flows in Porous Media
- Hansbo, S., 1997. Aspects of vertical drain design: Darcian or non-Darcian flow
- C.Bordiera D.Zimmerb, 1999, Drainage equations and non-Darcian modelling in coarse porous media or geosynthetic materials
- Craig, R.F. 1991. Menanika Tanah. PT. Erlangga, Jakarta
- Das, B. M, Dkk. 1993. Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis). Jilid 2.Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, B. M. 1995 Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis). Jilid 1. Jakarta Erlangga, Jakarta.
- Hansbo, S., 1979. Consolidation of Clay by Band-Shaped Prefabricated Drains, Ground Engineering. Vol. 12 No. 5.
- Hansbo, S., 2004. Experience of Consolidation Process from Test Areas with and without Vertical Drains. Chalmers University of Technology. Sweden
- Hardiyatmo, H., C., 2010. Mekanika Tanah II. Edisi Kelima. Penerbit Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.,C., 2002, Mekanika Tanah I. Edisi Ketiga. Penerbit Gadjah Mada University

Press, Yogyakarta.

M. King Hubbert, 1956, Darcy's Law And The Field Equations Of The Flow Of Underground Fluids Wojciech Sobieski, Anna Trykozko, 2014, Darcy's And Forchheimer's Laws In Practice. Part 1. The Experiment