

## DAFTAR PUSTAKA

- Afrianita, dkk. 2013. *Efisiensi dan Kapasitas Penyerapan Fly Ash Sebagai Adsorben dalam Penyisihan Logam Timbal (Pb) Limbah Cair Industri*. Percetakan di Kota Padang. Jurnal Teknik Lingkungan Unand Vol 10, No. 1 pp 1-10.
- Ajitha dkk. 2020. *Study the Effect of Lead on the Engineering Properties of Lanfill Liners*. SSRG International Journal of Civil Engineering Volume 7 Issue 7, 23-31, July 2020.
- American Standar Testing and Materials. Standard Method of Laboratory Determination Of Moisture Content Of Soil. ASTM 2216-71. West Conshohocken. Pennsylvania. United States: ASTM. <https://standards.globalspec.com/std/3849905/astm-d2216-71>. Diakses Tanggal 30 Januari 2022.
- American Standar Testing and Materials. Standard of Compaction Test. ASTM D 633 -1994. West Conshohocken. Pennsylvania. United States: ASTM. <https://www.astm.org/Standard/alpha-lists/D.html>. Diakses Tanggal 30 Januari 2022.
- American Standar Testing and Materials. Standard Test Method for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer. ASTM D 2216. West Conshohocken. Pennsylvania. United States: ASTM. [https://kupdf.net/download/astm-d-854-2006\\_596d71dddc0d60ed0ca88e76\\_pdf](https://kupdf.net/download/astm-d-854-2006_596d71dddc0d60ed0ca88e76_pdf). Diakses Tanggal 28 Januari 2022.
- American Standar Testing and Materials. Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Falling Head). ASTM D2434 - 68(2006) . West Conshohocken. Pennsylvania. United States: ASTM. <https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/D2434-68R06.htm>. Diakses Tanggal 30 Januari 2022.
- Arham, Arsyil., Muh. Yusuf S. Chandra Bhuana, Musrady Mulyadi. 2015. Evaluasi Kinerja Boiler Combustion Fluidized Bed (CFB) di PT. PLN (Persero) Unit PLTU Barru. *Sinergi* No 1, Tahun 13, April 2015. 75-88.
- Arifatunnisa, N.R., Prisma Nursetyowati, Dyah Marganingrum. 2022. Studi Pemanfaatan Limbah Bottom Ash Sebagai Adsorben Zat Warna pada Industri Tekstil (Studi Kasus PT. TCI Kabupaten Bandung). *Jurnal Reka Lingkungan*, 10 (1), 35-46. DOI: <http://dx.doi.org/10.26760/rekalingkungan.v10i1.35-46>
- Bakri, E. P., Rolliyah., Zen, I., Artono, A, RT., Karim, A., dkk. 2019. *Nilai Ekonomi Pemanfaatan Fly Ash dan Bottom Ash PLTU-PLN di Berbagai Sektor*. Direktorat Penilaian Kinerja Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Beracun dan Limbah Non Bahan Berbahaya Beracun. ISBN 978-602-61775-4-4.

- Candra. 2021. *Pemanfaatan Fly Ash dan Bottom Ash untuk Pengelolaan Batuan Air Asam Tambang Batu Bara*. Direktorat Penilaian Kinerja Pengelolaan Limbah B3 dan Limbah Non B3, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Costa, Madalena Da. 2019. *Studi Penurunan Kadar Logam Karomium (Cr) dalam Limba Buatan Elektroplating Menggunakan Metode Presipitasi dan Adsorpsi*. Program Studi Magister Reknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Chakraborty, S., Dutta, A.R., Sural, S., Gupta, D. dan Sen, S., 2013, Ailing Bones and Failing Kidneys: a Case of Chronic Cadmium Toxicity, *Ann Clin Biochem*, **50**(5), 492–495.
- Chalermyanont, Tanit., Surapon, Arrykul., Nanthanit, Charoenthaisong., 2009. *Potential Use of Lateritic and Marine Clay Soils as Landfill Liners to Retain Heavy Metals*. *Waste Management* 29 (2009), 117-127.
- Damanhuri, Enri. 2008. *Diktat Landfilling Limbah*. Program Studi Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung.
- Das, Braja M. 1985. *Mekanika Tanah Prinsip-Prinsip Geoteknik Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kesdm. 2020. *Abu Batubara (Faba) Sebagai Bahan Bangunan, Pencegahan Air Asam Tambang dan Pupuk*. <https://litbang.esdm.go.id/news-center/arsip-berita/abu-batubara-faba-sebagai-bahan-bangunan-pencegahan-air-asam-tambang-dan-pupuk>. Diakses Tanggal 2 Januari 2022.
- Direktorat Pekerjaan Umum. 2006. *Pedoman Pengoperasian dan Pemeliharaan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sistem Controlled Landfill dan Sanitary Landfill*. Direktorat Jenderal Cipta Karya.
- Ekaputri et al., 2020. *Perbandingan Reguasi Fly Ash sebagai Limbah B3 di Indonesia dan Beberapa Negara*. *Media Komunikasi Teknik Sipil*. Website: [mkts.sipil.undip.ac.id](http://mkts.sipil.undip.ac.id).
- Faizal. 2011. *Pemanfaatan Limbah Abu Terbang (Fly Ash) , Abu Dasar (Bottom Ash) Batubara dan Limbah Padat (Sludge) Industri Karet sebagai Bahan Campuran pada Pembuatan Batako*. Tesis Magister, Universitas Sumatera Utara.
- Gunawan, Linda Irnawanti ddk. 2015. *Kriteria Kadar Air-Kepadatan Bentonite Dicampur dengan Fly Ash untuk Compacted Soil Liner*. *Jurnal Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya*, page 1-12.
- Gupt et al., 2020. *A Feasibility Study of Indian Ffly Ash-Bentonit as an Alternative Adsorbent Composite to Sand-Bentonite Mixes in Landfill Liner*. *Environmental Pollution*. Volume 265, Part A, October 2020. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114811>.

- Hidayat Irpan. 2014. *Modul Praktikum Mekanika Tanah (Khusus Tanah Disturbed)*. Binus University.
- Irianti, Tanti., Kuswandi., Sindu Nuranto., Anik Budiyatni. 2017. *Logam Berat & Kesehatan*. Yogyakarta.
- Indra ddk, 2016. *Studi Prameter Penghalang Lempung sebagai Penghambat Sebaran Zat Organik dan Timbal (Pb) dalam Air Lindi*.
- Irianto, Ketut, 2015. *Buku Bahan Ajar pencemaran Lingkungan*. Universitas Warmadewa.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2021. *Pengaturan Pengelolaan Fly Ash dan Bottom Ash (FABA) dalam PP 22/2021*. Direktorat Jenderal Pengelolaan Sampah, Limbah, dan B3. <https://seminar.tekmira.esdm.go.id/index.php/download/category/3-road-to-ismct-2?download=7:materi-achmad-gunawan-wicaksono-klhk>. Diakses Tanggal 27 Januari 2021.
- Kurniasari, Paramita Tri. 2017. *Pemanfaatan Penggunaan Fly Ash dan Bottom Ash sebagai Pozzolon pada Binder Geopolymer*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kristianingrum., S. (2020). *J. Sains Dasar* 2020 9 (2) 54 - 59. *Aplikasi Sistem Kontinyu Menggunakan Karbon Aktif Untuk Penurunan Kadar Logam Cu Dan Zn Dalam Air Limbah*, 54-59.
- Maghfirana. 2019. *Kemampuan Adsorpsi Karbon Aktif Dari Limbah Kulit Singkong Terhadap Logam Timbal (Pb) Menggunakan Sistem Kontinyu*. Surabaya. UIN Sunan Ampel.
- Notodarmojo, Suprihanto. 2005. *Pencemaran Tanah dan air Tanah*. Bandung: Penerbit ITB
- Pap, S., J. Radonic, S. Trifunovic, D. Adamovic, I. Mihajlovic, Mirjana V. Miloradov, and Maja T. Sekulic. 2016. *Evaluation of the Adsorption Potential of Eco-Friendly Activated Carbon Prepared from Cherry Kernels for the Removal of Pb<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup> and Ni<sup>2+</sup> from Aqueous Wastes*. *Journal of Environmental Management*. 1–10.
- Patang. 2018. *Dampak Logam Berat Kadmium dan Timbal pada Perairan*. Makassar: Badan Penerbit UNM.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 85 Tahun 1999. *Perubahan Atas Peraturan Pemerintah Nomor 18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun*. <https://jdih.esdm.go.id/storage/document/PP%20No.%2085%20Thn%201999.pdf>. Diakses pada 1 Februari. 2021.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 101 Tahun 2014. *Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*.

<https://pelayanan.jakarta.go.id/download/regulasi/peraturan-pemerintah-nomor-101-tahun-2014-tentang-pengelolaan-limbah-bahan-berbahaya-dan-beracun.pdf>. Diakses pada 1 Februari. 2021.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor P.59/Menlhk/Setjen/Kum.1/7/2016 tentang Baku Mutu Lindi Bagi Usaha dan atau Kegiatan Tempat Pemrosesan Akhir Sampah. <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/168713/permen-lhk-no-59-tahun-2016>. Diakses Tanggal 31 Januari 2021

Peraturan Pemerintah No 22 Tahun 2021. Penyelenggaraan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/161852/pp-no-22-tahun-2021>. Diunduh pada Tanggal 28 Januari 2022.

Rahmadania, A.N., Adhi Setiawan, Novi E.M. 2020. Adsorpsi Cu(II) Menggunakan Adsorben dari Kombinasi Fly Ash dan Bottom Ash. Conference Proceeding on Waste Treatment Technology, 3 (1), 1-5.

Reski, dkk. 2021. *Pemanfaatan Tanah Sedimen sebagai Lapisan Kedap Air Penutup Akhir Landfill*. Jurnal Prosiding Ceedrims 2021. ISBN:978-602-361-385-4. Universitas Hasanuddin.

Samosir. 2021. *Pemanfaatan Fly Ash Bottom Ash dan Tawas untuk Menetralkan Air Asam Tambang*. Jurnal Bina Tambang, Vol. 6, No. 4. Universitas Negeri Padang.

Sari, Yunitya & Yulinah Trihadiningrum. 2004. Evaluasi Kelayakan Ash Valley PLTU Suralaya sebagai Secure Landfill. *Jurnal Purifikasi*, 5 (1), Januari 2004, page 13-18.

Setiawan, Didik 2015. Analisa Hidrolik Sistem Lifter Pada Farm Tractor Foton FT 824, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

SNI 03-6414-2002. Spesifikasi Timbangan yang Digunakan pada Pengujian Bahan. Badan Standardisasi Nasional. <https://klinikkonstruksi.jogjaprovo.go.id/nspm/SNI%2003-6414-2002.pdf>. Diakses pada Tanggal 18 Januari 2022.

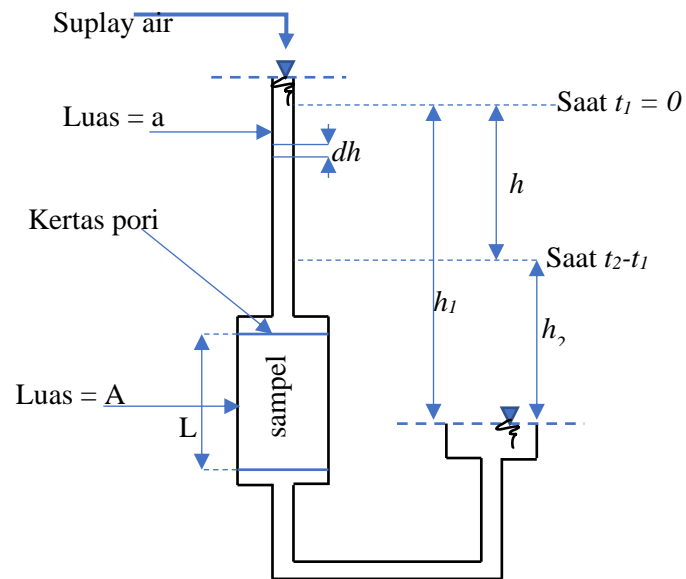
SNI 1966: 2008 Cara uji penentuan batas plastis dan indeks plastisitas tanah. <https://binamarga.pu.go.id/index.php/nspk/detail/sni-1966-2008-cara-uji-penentuan-batas-plastis-dan-indeks-plastisitas-tanah>. Diakses Tanggal 29 Januari 2022.

SNI 2460:2014. Spesifikasi Abu Terbang Batubara dan Pozolan Alam Mentah atau yang Telah Dikalsinasi untuk Digunakan dalam Beton. Standar Nasional Indonesia. [http://perpus.ditbtp.id/opac/index.php?p=show\\_detail&id=10257](http://perpus.ditbtp.id/opac/index.php?p=show_detail&id=10257). Diakses pada 29 Januari 2022

SNI 03-6759 : 2002 Cara uji analisis ukuran butir tanah. <https://binamarga.pu.go.id/index.php/peraturan/dokumen/sni-3423-2008-cara-uji-analisis-ukuran-butir-tanah>. Diakses Tanggal 29 Januari 2022

- SNI 06-6989.4 : 2004 Cara Uji Kadmium dengan Spektrofotometer. <https://bsilhk.menlhk.go.id/standarlhk/2022/09/01/sni-06-6992-4-2004-sedimen-bagian-4-cara-uji-kadmium-cd-secara-destruksi-asam-dengan-spektrofotometer-serapan-atom/>. Diakses pada Tanggal 25 Juli 2022.
- Sugiyono. 2017. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung : Alfabeta, CV.
- Sukandarrumidi. 2009. *Batubara dan Pemanfaatannya : Pengantar Teknologi Batubara Menuju Lingkungan Bersih*. Yogyakarta : Gadjad Mada University Press.
- Suraneni, Prannoy, Lisa Burris, Christopher R.S., Doug Hooten. 2021. ASTM C618 Fly Ash Specification: Comparison with Other Specifications, Shortcomings, and Solutions. *ACI Materials Journal*, 118 (1), p 157-167.
- Sutarman. 2013. *Konsep dan Aplikasi Mekanika Tanah*. Yogyakarta : CV Andi Offset.
- Sriwahyuni., dkk. (2010). J. Sains Dasar 2020 9 (2) 54 - 59. *Difusi Stronsium dalam Bentonit sebagai Calon Bahan Buffer Sistem Penyimpanan Limbah*. ISSN 0216-3128.
- Syaefudin, 2020. *Analisis pemanfaatan fli ash dan bottom ash sebagai material alternatif NAF yang digunakan dalam upaya pencegahan pembentukan air asam tambang*. Jurnal Geosapta Vol. 6 No. 1, Universitas Lambung Mangkurat.
- Sylvia, Novi, Meriatna, Lukman Hakim, Fitriani, dan Anisma Fahmi. 2017. *Kinerja Kolom Adsorpsi Pada Penyerapan Timbal ( $Pb^{2+}$ ) dalam Limbah Artifisial Menggunakan Cangkang Kernel Sawit*. Jurnal Integrasi Proses 6(4): 185–190.
- Ukiman dkk, 2017. Karakteristik Campuran Tanah Dan Semen Yang Dipadatkan Pada Berbagai Campuran Sebagai Upaya Perbaikan Lapisan Tapak Pondasi Dangkal Dengan Uji Sondir. *Teknik Sipil* Vol. 22 No. 2 Desember 2017.
- Wasley, L. D. 2012. *Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan dan Residu*. Edisi Bahasa Indonesia diterbitkan oleh Penerbit ANDI.
- Xu, D., Li, H., Bao, W., & Wang, C. 2016. *A New Process of Extracting Alumina From High-Alumina Coal Fly Ash in  $NH_4HSO_4 + H_2SO_4$  Mixed Solution*. *Hydrometallurgy*, 165, 336-334.
- Zalensi, Besnaya. 2018. *Studi Penyebaran Kontaminan Pb dan Fe dari Lindi di Air Tanah Dangkal (Studi Kasus TPA Sampah Regional Payakumbuh)*. Padang: Sekolah Tinggi Teknologi Industri Padang.

## LAMPIRAN



rumus perbandingan umum  $\frac{a1}{b1} = \frac{a2}{b2}$

$a2$  = Diameter alat permeabilitas

$b1$  = nilai  $\rho b$  dan  $\theta$  setelah uji permeabilitas

$a2$  = Diameter alat kolom kontinyu

$b1$  = nilai  $\rho b$  dan  $\theta$  yang dicari untuk nilai  $Rf$

Diketahui :

Panjang sampel (L) = 8 cm

Diameter sampel ( $D_s$ ) = 6,35 cm

Diameter buret ( $D_b$ ) = 1 cm

- Perhitungan Konduktivitas Hidrolik dengan menggunakan rumus:

$$K = \left( \frac{Lr^2}{tR^2} \right) \ln \left( \frac{h_1}{h_2} \right)$$

K : konduktivitas hidrolik cm/s)

R : jari-jari tabung contoh tanah (cm)

r : jari-jari pipa tegak (luas buret) (cm)

L : Panjang sampel (cm)

t : Waktu yang dibutuhkan untuk  $h_1=h_2$  (s)

(sumber : Notodarmojo, 2005)

- Perhitungan Bulk Dencity,  $\rho b$  ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )  $\rho b = \frac{\text{berat tanah kering (Ws),gr}}{\text{Volume ring (V),cm}^3}$

(sumber : Wasley, L. D. 2012)

- Perhitungan kadar air,  $w$  (%)  $w = \frac{\text{Berat air (Ww),gr}}{\text{berat tanah kering (Ws)}} \times 100\%$

(sumber : Wasley, L. D. 2012)

- Faktor Retardasi**

Dengan menggunakan rumus perbandingan umum  $\frac{a1}{b1} = \frac{a2}{b2}$  untuk nilai  $\rho b$  dan  $\theta$  dari nilai akhir pada pengujian Konduktifitas hidrolik.

$$Rf = 1 + \frac{\rho b}{\theta} \times Kd \quad (\text{Sumber: Notodarmojo, 2005})$$

**Ket :**  $\rho b$  = bulk dencity ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$\theta$  = kadar air (%)

Kd = Koefisien distribusi

## Adsorpsi Kolom Kontinyu

### Data Awal Adsorpsi Kolom Kontinyu

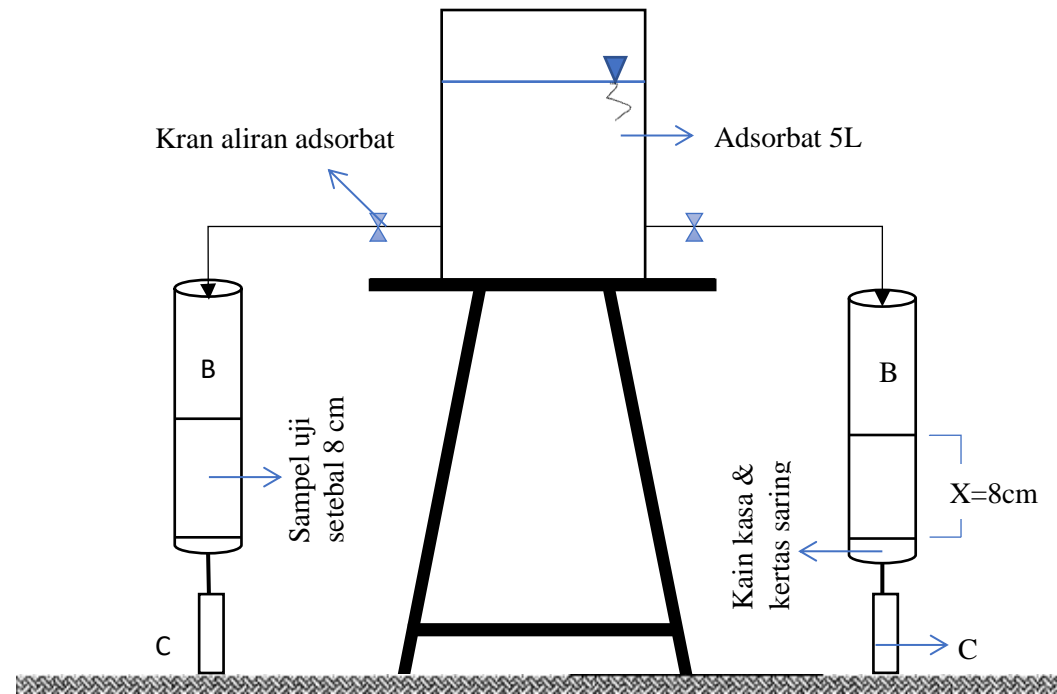
#### Keterangan :

A = Bak Penampung (*Inlet*)

B = Kolom adsorbat

C = *Effluent*

- Panjang sampel (X) = 8 cm
- Diameter sampel = 8,4 cm
- Waktu kesetimbangan = 90 & 120 menit  
(Tabel 3.3)
- Variasi campuran FABAsedimen (Tabel 3.2)
- Konsentrasi awal 5 ppm



#### Koefisien Difusi

$$\frac{C_x + C_0}{C_s + C_0} = 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right)$$

$$D \left(\frac{m^2}{s}\right) = \frac{(Cx \times x)^2}{t}$$

- Ket :**
- $C_x$  = konsentrasi atom donor pada kedalaman x dan waktu (mg/L)
  - $C_0$  = konsentrasi atom donor di dalam material (mg/L)
  - $C_s$  = konsentrasi atom donor di permukaan material (g/L)
  - D = Koefisien Difusi ( $cm^2/detik$ )
  - t = waktu proses difusi (s)

(Sumber : Abramowitz et al, 1970 dalam Setiawan, 2015)

#### Perhitungan :

- Perhitungan Bed Volume

$$BV = \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \times t$$

- V. adsorbat = 5 liter
- Konsentrasi awal 5 ppm
- Analisis Pengukuran effluent Cd dengan instrument AAS
- Pengaruh variasi % campuran adsorben terhadap Efisiensi Penyerapan (*Removal*) penyisihan kadar Cd

$$Eff(\%) = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\%$$

- $C_0$  = konsentrasi awal (mg/L)
- $C_e$  = Konsentrasi akhir (mg/L)
- Pengaruh variasi % campuran adsorben terhadap kapasitas adsorben Kadar Cd pada waktu t

$$qt = \frac{C_0 - C_e}{m} \times V$$

- qt = kapasitas adsorpsi (mg/g)
- m = massa adsorben (gr)
- V = volume adsorbat (L)

#### Faktor Retardasi :

$$Rf = 1 + \frac{\rho b}{\theta} \times Kd$$

$$Kd = \frac{qt}{C_e}$$

**Lampiran 1 Data Analisis Saringan Hidrometer Sampel Tanah Sedimen**

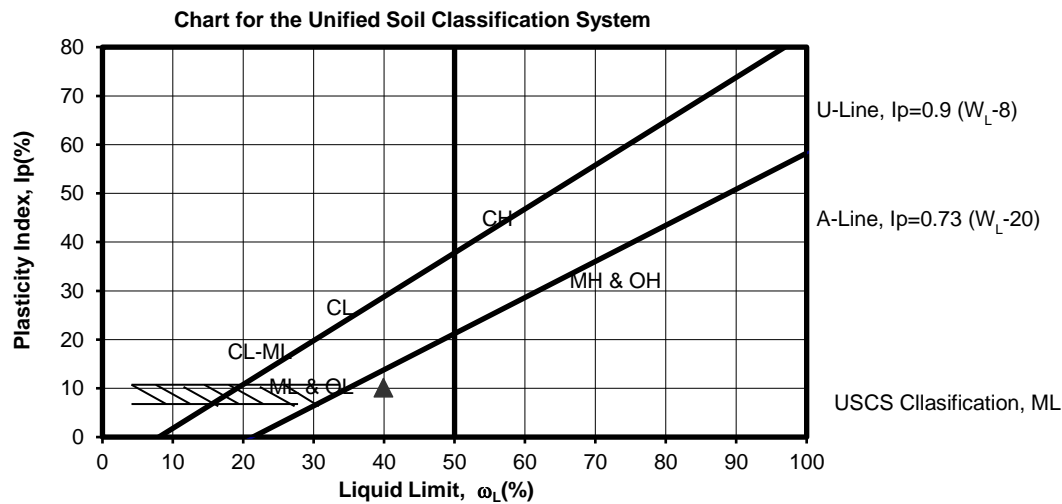
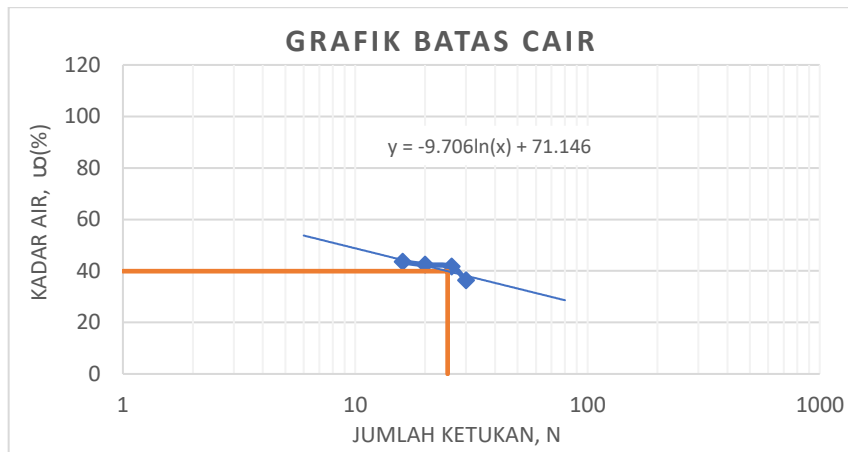
Berat Tanah kering	500	Gram	Spec. Dravity, Gs	2,664	T :	28,0	°C						
Analisa Saringan						Analisa Saringan							
Saringan No.	Diameter (mm)	Berat Tertahan	Berat Kumulatif	Persen Tertahan	Persen Lolos (%)	Waktu (menit)	R	Rep=R+Ft -Fz	% Finer=(( axRcp)/Ws )x 100% (% Finer Sieve Analysis	Rcl=R+Fm	L (cm)	A	$D=A \sqrt{L/t}$ (mm)
4	4,75	0	0	0	100	0,25	46,00	49,15	94,66	47,00	8,60	0,0123	0,07214
10	2	1	1	0,2	99,8	0,5	44,00	47,15	90,80	45,00	8,90	0,0123	0,05189
20	0,84	1	2	0,4	99,6	1	42,00	45,15	86,95	43,00	9,20	0,0123	0,03731
40	0,425	2	4	0,8	99,2	2	40,00	43,15	83,10	41,00	9,60	0,0123	0,02695
60	0,25	2	6	1,2	98,8	4	38,00	41,15	79,25	39,00	9,90	0,0123	0,01935
100	0,15	2	8	1,6	98,4	8	36,00	39,15	75,40	37,00	10,20	0,0123	0,01389
200	0,075	9	17	3,4	96,6	15	33,00	36,15	69,62	34,00	10,70	0,0123	0,01039
Pan	-	483	500	100	0	30	29,50	32,65	62,88	30,50	11,30	0,0123	0,00755
						60	23,50	26,65	51,32	24,50	12,30	0,0123	0,00557
						90	20,00	23,15	44,58	21,00	12,90	0,0123	0,00466
						120	18,00	21,15	40,73	19,00	13,20	0,0123	0,00408
						240	14,00	17,15	33,03	15,00	13,80	0,0123	0,00295
						1440	9,50	12,65	24,36	10,50	14,60	0,0123	0,00124
Berat jenis air terhadap temperature, g Wet T										=	0,99624		
faktor, K = ( 1000 x Gs x g wet T)/(10 x Ws(Gs -1))										=	3,19		
Faktor Kt = f(Gs,T)										=	0,0123		
Temperatur Correction (Ft) = -4.85 + 0.25 T)										=	2,15		
Zero Correction (Fz)										=	-1,0		
Meniscus correction (Fm)										=	1		
Gs Correction										=	1,00		



## Lampiran 2 Data Analisis Batas Atterberg Sampel Tanah Sedimen

Test number	Unit	Plastic Limit		Liquid Limit							
		1	2	1		2		3		4	
Number of blows	N	-	-	16		20		26		30	
Container No. or Can No.	-	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D1	D2	E1	E2
Weight of wet soil+Can, W1	gr	18.71	19.91	23.24	25.25	21.47	23.98	23.60	21.50	22.86	22.25
Weight of dry soil+Can, W2	gr	17.87	18.85	20.89	22.32	19.63	21.50	21.16	19.59	20.82	20.44
Weight of Water, Ww=W1-W2	gr	0.84	1.06	2.35	2.93	1.84	2.48	2.44	1.91	2.04	1.81
Weight of Can, W3	gr	15.05	15.30	15.50	15.58	15.28	15.66	15.32	15.00	15.25	15.42
Weight of Dry Soil, Ws=W2-W3	gr	2.82	3.55	5.39	6.74	4.35	5.84	5.84	4.59	5.57	5.02
Water Content, w=Ww/Ws*100%	%	29.8	29.9	43.6	43.5	42.3	42.5	41.8	41.6	36.6	36.1
Average of Water Content, w	%	29,82		43,54		42,38		41,70		36,34	

Atterberg Limits	Value
Plastic Limit, $w_p$ (%)	29,8
Liquid Limit, $w_L$ (%)	39,9
Plastic Index, $I_p = w_p - w_L$	10,1
Shrinkage Limit, $w_L$ (%)	27,2



### Lampiran 3 Analisis Pengujian Kompaksi Tanah Sedimen

Compaction Test Results (ASTM D 698/D 1567)						
Berat tanah	gr	2000	2000	2000	2000	2000
Kadar air mula-mula	%	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72
Penambahan air	ml	350	400	450	500	550
Kadar air akhir	%	20,69	23,26	25,83	28,40	30,96

Berat Isi Basah (Wet Density)						
No. Mould	-	1	2	3	4	5
Berat Mould	gr	1917	1917	1917	1917	1917
Berat tanah basah + Mould	gr	3542	3670	3740	3744	3512
Berat tanah basah, $W_{wet}$	gr	1625	1753	1823	1827	1595
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	996	996	996	996	996
Berat Volume Basah $\rho_{wet} = W_{wet}/V_{mould}$	gr/cm <sup>3</sup>	1.631	1.759	1.830	1.834	1.601

Kadar Air (Water Content)											
No. Container	-	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B
Berat tanah basah + Container	gram	48.89	51.79	42.66	48.37	46.06	40.48	35.94	34.78	50.37	58.81
Berat tanah kering + Container	gram	42.17	44.34	37.60	42.30	39.84	35.45	31.60	30.75	40.57	46.88
Berat air	gram	6.72	7.45	5.06	6.07	6.22	5.03	4.34	4.03	9.8	11.93
Berat container	gram	9.48	8.27	15.26	15.43	15.32	15.00	15.29	15.66	8.84	8.22
Berat tanah kering	gram	32.69	36.07	22.34	26.87	24.52	20.45	16.31	15.09	31.73	38.66
Kadar air	%	20.56	20.65	22.65	22.59	25.37	24.60	26.61	26.71	30.89	30.86
Kadar air rata-rata	%	20,61		22,62		24,98		26,66		30,87	

Berat Isi Kering (Dry Density)						
Berat tanah basah, $W_{wet}$	gram	1625	1753	1823	1827	1595
Kadar air rata-rata	%	21	23	25	27	31
Berat kering $W_{dry} = \frac{W_{wet}}{1 + \left(\frac{W}{100}\right)}$	gram	1347.37	1429.62	1458.61	1442.47	1218.75
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	996.31	996.31	996.31	996.31	996.31
Berat isi kering $\gamma_{dry} = \frac{W_{dry}}{V_{mould}}$	gr/cm <sup>3</sup>	1.35	1.43	1.46	1.45	1.22
$gzav = gw/(w+(1/Gs))$	gr/cm <sup>3</sup>	1.69	1.64	1.58	1.54	1.44

Berat jenis (Gs)	-	2,600
Kadar air optimum dicapai pada saat	%	25
Berat isi kering	gr/cm <sup>3</sup>	1,46

#### Lampiran 4 Analisis Pengujian Campuran 40%BA + 25%FA + 35%TS

Compaction Test Results (ASTM D 698/D 1567)						
Berat tanah	gr	2000	2000	2000	2000	2000
Kadar air mula-mula	%	3.34	3.34	3.34	3.34	3.34
Penambahan air	ml	450	500	550	600	700
Kadar air akhir	%	26.6	29.2	31.8	34.3	39.5

Berat Isi Basah (Wet Density)						
No. Mould	-	1	2	3	4	5
Berat Mould	gr	1908	1908	1908	1908	1908
Berat tanah basah + Mould	gr	3705	3730	3785	3750	3695
Berat tanah basah, $W_{wet}$	gr	1797	1822	1877	1842	1787
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	996	996	996	996	996
Berat Volume Basah $g_{wet} = W_{wet} / V_{mould}$	gr/cm <sup>3</sup>	1.804	1.829	1.884	1.849	1.794

Kadar Air (Water Content)											
No. Container	-	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B
Berat tanah basah + Container	gram	47.71	53.69	51.01	56.46	60.18	59.31	51.38	57.01	65.80	76.18
Berat tanah kering + Container	gram	42.29	47.28	44.80	49.38	51.77	50.80	44.06	48.69	53.84	61.93
Berat air	gram	5.42	6.41	6.21	7.08	8.41	8.51	7.32	8.32	11.96	14.25
Berat container	gram	15.50	15.16	15.40	15.32	15.42	15.34	15.36	15.55	14.22	15.24
Berat tanah kering	gram	26.79	32.12	29.4	34.06	36.35	35.46	28.7	33.14	39.62	46.69
Kadar air	%	20.2	20.0	21.1	20.8	23.1	24.0	25.5	25.1	30.2	30.5
Kadar air rata-rata	%	20,1		21,0		23,6		25,3		30,4	

Berat Isi Kering (Dry Density)						
Berat tanah basah, $W_{wet}$	gram	1797	1822	1877	1842	1787
Kadar air rata-rata	%	20.09	20.95	23.57	25.31	30.35
Berat kering $W_{dry} = \frac{W_{wet}}{1 + \left(\frac{W}{100}\right)}$	gram	1496.33	1506.35	1519.01	1470.01	1370.89
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	996.31	996.31	996.31	996.31	996.31
Berat isi kering $\gamma_{dry} = \frac{W_{dry}}{V_{mould}}$	gr/cm <sup>3</sup>	1.50	1.51	1.52	1.48	1.38
$g_{zav} = g_w / (w + (1/G_s))$	gr/cm <sup>3</sup>	1.74	1.71	1.64	1.59	1.48

Berat jenis (Gs)	-	2,671
Kadar air optimum dicapai pada saat	%	23,6
Berat isi kering	gr/cm <sup>3</sup>	1,52

### Lampiran 5 Analisis Pengujian Campuran 30%BA + 20%FA + 50%TS

Compaction Test Results (ASTM D 698/D 1567)						
Berat tanah	gr	2000	2000	2000	2000	2000
Kadar air mula-mula	%	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31
Penambahan air	ml	300	400	500	600	700
Kadar air akhir	%	17.7	22.8	27.9	33.0	38.1

Berat Isi Basah (Wet Density)						
No. Mould	-	1	2	3	4	5
Berat Mould	gr	1908	1908	1908	1908	1908
Berat tanah basah + Mould	gr	3560	3680	3790	3775	3710
Berat tanah basah, $W_{wet}$	gr	1652	1772	1882	1867	1802
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	996	996	996	996	996
Berat Volume Basah $\rho_{wet} = W_{wet}/V_{mould}$	gr/cm <sup>3</sup>	1.658	1.779	1.889	1.874	1.809

Kadar Air (Water Content)											
No. Container	-	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B
Berat tanah basah + Container	gram	79.43	82.61	67.50	74.15	91.04	93.33	82.03	81.54	75.39	64.75
Berat tanah kering + Container	gram	71.26	74.58	59.28	65.12	76.93	79.35	67.75	67.32	61.89	53.34
Berat air	gram	8.17	8.03	8.22	9.03	14.11	13.98	14.28	14.22	13.5	11.41
Berat container	gram	15.48	15.27	15.34	15.58	15.46	15.41	15.31	15.15	15.82	15.05
Berat tanah kering	gram	55.78	59.31	43.94	49.54	61.47	63.94	52.44	52.17	46.07	38.29
Kadar air	%	14.6	13.5	18.7	18.2	23.0	21.9	27.2	27.3	29.3	29.8
Kadar air rata-rata	%	14,1		18,5		22,4		27,2		29,6	

Berat Isi Kering (Dry Density)						
Berat tanah basah, $W_{wet}$	gram	1652	1772	1882	1867	1802
Kadar air rata-rata	%	14.09	18.47	22.41	27.24	29.55
Berat kering $W_{dry} = \frac{W_{wet}}{1 + \left(\frac{W}{100}\right)}$	gram	1447.94	1495.77	1537.47	1467.26	1390.96
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	996.31	996.31	996.31	996.31	996.31
Berat isi kering $\gamma_{dry} = \frac{W_{dry}}{V_{mould}}$	gr/cm <sup>3</sup>	1.45	1.50	1.54	1.47	1.40
$gzav = gw/(w+(1/Gs))$	gr/cm <sup>3</sup>	1.93	1.78	1.66	1.54	1.49

Berat jenis (Gs)	-	2,653
Kadar air optimum dicapai pada saat	%	22,4
Berat isi kering	gr/cm <sup>3</sup>	1,54

### Lampiran 6 Analisis Pengujian Campuran 20%BA + 10%FA + 70%TS

Compaction Test Results (ASTM D 698/D 1567)						
Berat tanah	gr	2000	2000	2000	2000	2000
Kadar air mula-mula	%	3.15	3.15	3.15	3.15	3.15
Penambahan air	ml	300	400	500	600	700
Kadar air akhir	%	18.6	23.8	28.9	34.1	39.3

Berat Isi Basah (Wet Density)						
No. Mould	-	1	2	3	4	5
Berat Mould	gr	1908	1908	1908	1908	1908
Berat tanah basah + Mould	gr	3565	3690	3795	3760	3695
Berat tanah basah, $W_{wet}$	gr	1657	1782	1887	1852	1787
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	996	996	996	996	996
Berat Volume Basah $g_{wet} = W_{wet}/V_{mould}$	gr/cm <sup>3</sup>	1.663	1.789	1.894	1.859	1.794

Kadar Air (Water Content)											
No. Container	-	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B
Berat tanah basah + Container	gram	60.28	57.78	53.66	58.19	59.54	53.27	55.46	59.65	60.18	65.40
Berat tanah kering + Container	gram	54.28	52.04	47.34	51.33	51.23	46.31	46.79	50.06	49.08	52.82
Berat air	gram	6	5.74	6.32	6.86	8.31	6.96	8.67	9.59	11.1	12.58
Berat container	gram	15.41	15.12	15.39	15.29	14.60	15.53	15.46	15.24	15.24	14.47
Berat tanah kering	gram	38.87	36.92	31.95	36.04	36.63	30.78	31.33	34.82	33.84	38.35
Kadar air	%	15.4	15.5	19.8	19.0	22.7	22.6	27.7	27.5	32.8	32.8
Kadar air rata-rata	%	15,5		19,4		22,6		27,6		32,8	

Berat Isi Kering (Dry Density)						
Berat tanah basah, $W_{wet}$	gram	1657	1782	1887	1852	1787
Kadar air rata-rata	%	15.49	19.41	22.65	27.61	32.80
Berat kering $W_{dry} = \frac{W_{wet}}{1 + \left(\frac{W}{100}\right)}$	gram	1434.74	1492.37	1538.53	1451.33	1345.61
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	996.31	996.31	996.31	996.31	996.31
Berat isi kering $\gamma_{dry} = \frac{W_{dry}}{V_{mould}}$	gr/cm <sup>3</sup>	1.44	1.50	1.54	1.46	1.35
$gzav = gw/(w+(1/Gs))$	gr/cm <sup>3</sup>	1.89	1.76	1.67	1.54	1.43

Berat jenis (Gs)	-	2,680
Kadar air optimum dicapai pada saat	%	22,6
Berat isi kering	gr/cm <sup>3</sup>	1,54

### Lampiran 7 Analisis Pengujian Campuran 10%BA + 5%FA + 85%TS

Compaction Test Results (ASTM D 698/D 1567)						
Berat tanah	gr	2000	2000	2000	2000	2000
Kadar air mula-mula	%	4.69	4.69	4.69	4.69	4.69
Penambahan air	ml	300	400	500	600	700
Kadar air akhir	%	20.4	25.6	30.9	36.1	41.3

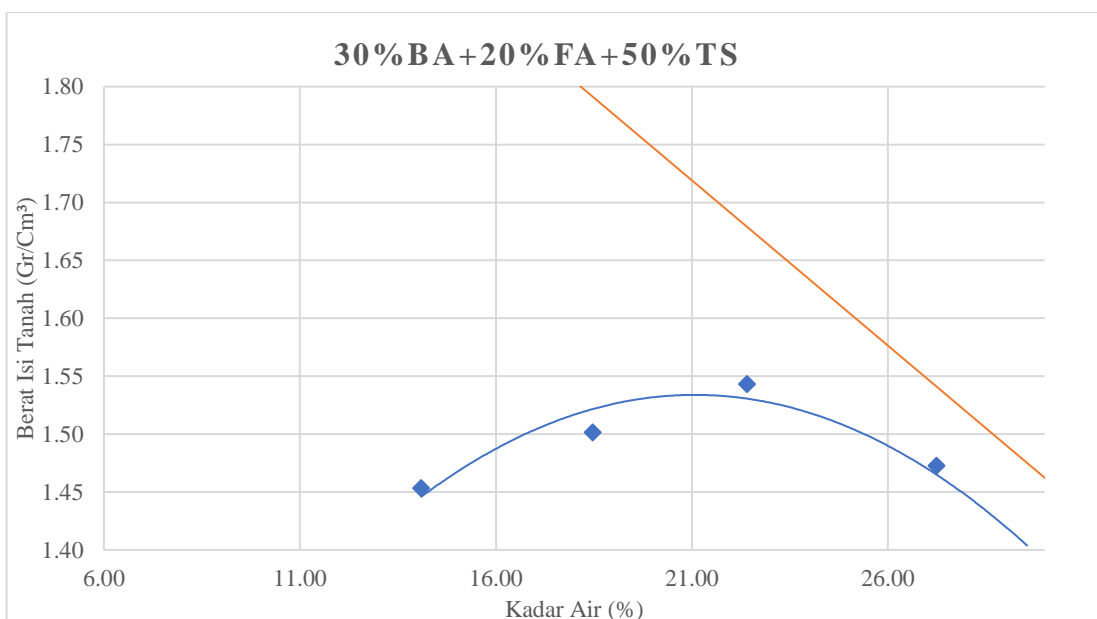
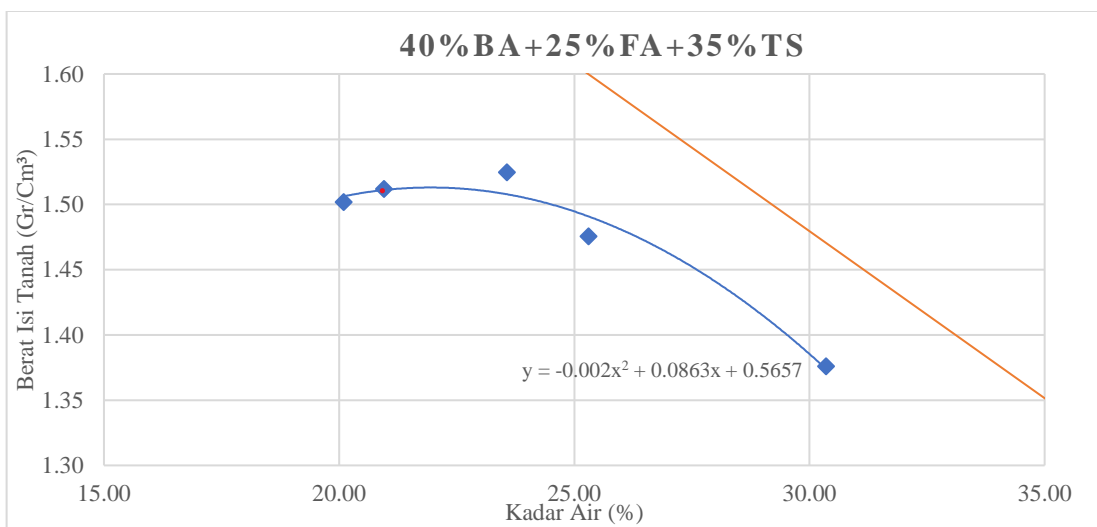
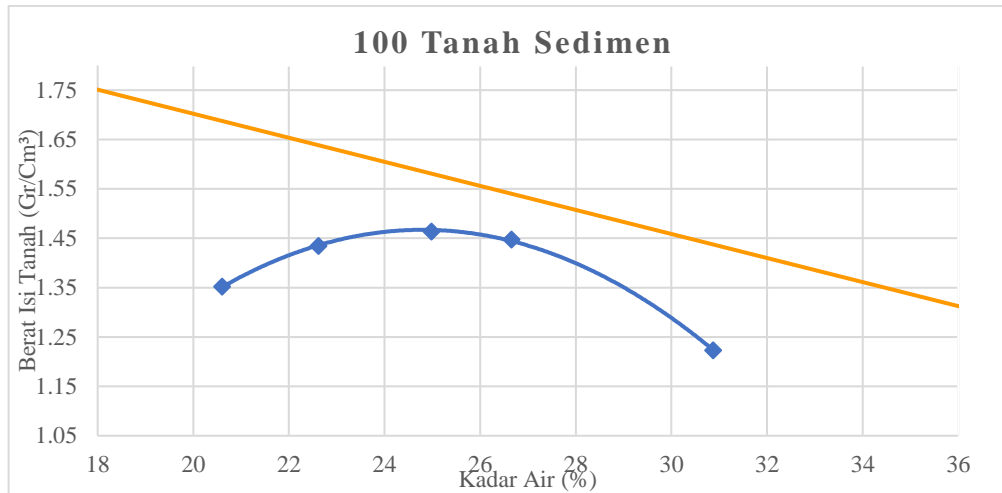
Berat Isi Basah (Wet Density)						
No. Mould	-	1	2	3	4	5
Berat Mould	gr	1908	1908	1908	1908	1908
Berat tanah basah + Mould	gr	3587	3667	3744	3700	3685
Berat tanah basah, $W_{wet}$	gr	1679	1759	1836	1792	1777
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	996	996	996	996	996
Berat Volume Basah $g_{wet} = W_{wet} / V_{mould}$	gr/cm <sup>3</sup>	1.685	1.766	1.843	1.799	1.784

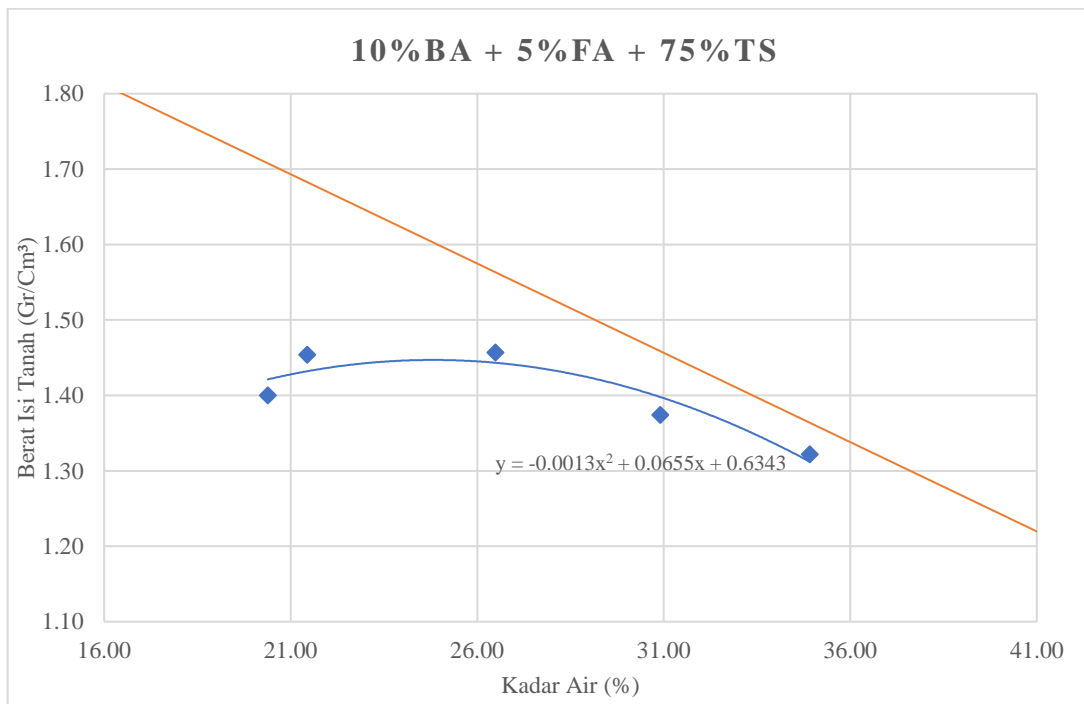
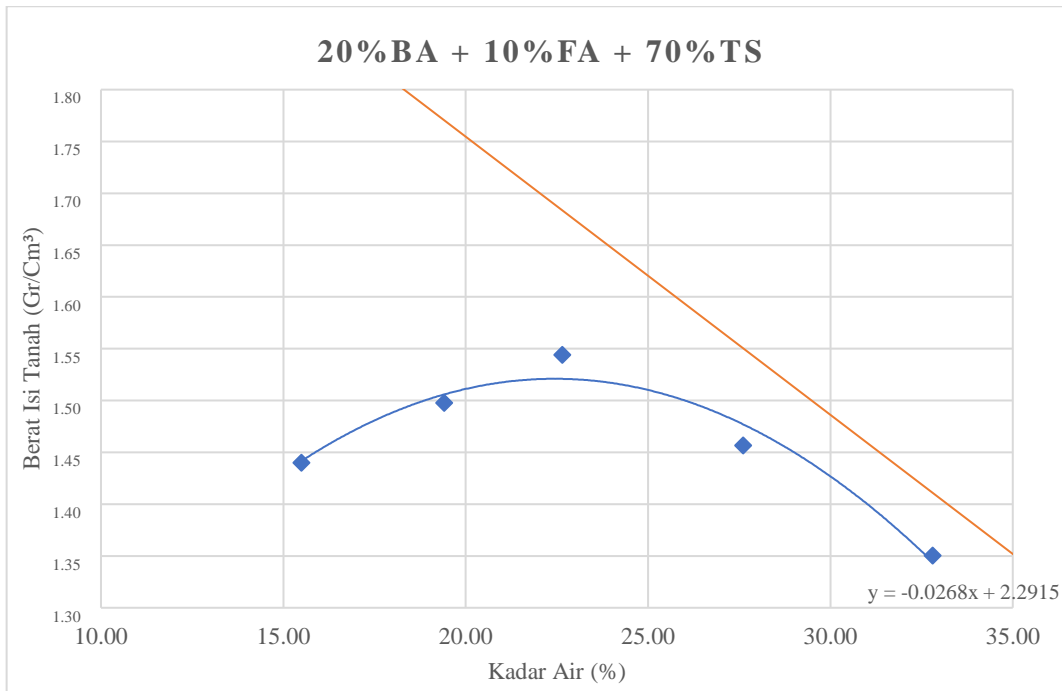
Kadar Air (Water Content)											
No. Container	-	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B
Berat tanah basah + Container	gram	35.83	34.86	34.83	38.86	55.02	58.22	55.69	53.07	64.83	79.55
Berat tanah kering + Container	gram	32.84	31.39	30.84	35.39	46.71	49.24	46.15	44.05	52.01	62.97
Berat air	gram	2.99	3.47	3.99	3.47	8.31	8.98	9.54	9.02	12.82	16.58
Berat container	gram	15.56	16.61	15.18	15.46	15.53	15.15	15.15	15.00	15.30	15.49
Berat tanah kering	gram	17.28	14.78	15.66	19.93	31.18	34.09	31	29.05	36.71	47.48
Kadar air	%	17.3	23.5	25.5	17.4	26.7	26.3	30.8	31.0	34.9	34.9
Kadar air rata-rata	%	20,4		21,4		26,5		30,9		24,9	

Berat Isi Kering (Dry Density)						
Berat tanah basah, $W_{wet}$	gram	1679	1759	1836	1792	1777
Kadar air rata-rata	%	20.39	21.44	26.50	30.91	34.92
Berat kering $W_{dry} = \frac{W_{wet}}{1 + \left(\frac{W}{100}\right)}$	gram	1394.63	1448.39	1451.42	1368.86	1317.07
Volume Mould	cm <sup>3</sup>	996.31	996.31	996.31	996.31	996.31
Berat isi kering $\gamma_{dry} = \frac{W_{dry}}{V_{mould}}$	gr/cm <sup>3</sup>	1.40	1.45	1.46	1.37	1.32
$gzav = gw / (w + (1/Gs))$	gr/cm <sup>3</sup>	1.71	1.68	1.55	1.45	1.37

Berat jenis (Gs)	-	2,636
Kadar air optimum dicapai pada saat	%	26,5
Berat isi kering	gr/cm <sup>3</sup>	1,46

**Lampiran 8** Gambar Grafik Pengujian Kompaksi (Hubungan Kadar Air dengan Berat Isi Kering Tanah)







### Lampiran 9 Perhitungan Campuran Uji Permeabilitas Falling Head

Diameter Alat = 6,4 cm  
Tinggi Sampel = 8 cm  
Volume Mould =  $1/4 \times 3,14 \times D^2 \times t$   
=  $1/4 \times 3,14 \times 6,4^2 \times 8$   
= 253,35 cm<sup>3</sup>  
Kadar air 1 ( $w_1$ ) = 4,24 %  
Kadar air 2 ( $w_2$ ) = 4,28 %  
Kadar air ( $w$ ) =  $w_1 - w_2 = 4,24 - 4,28$   
Kadar air mula-mula = 0,04 %

**Keterangan** = W (Berat) dan w (kadar air)

Data kompaksi 95% dari kadar air terhadap berat isi kering optimum, maka diperoleh data campuran permeabilitas yaitu :

Data Kompaksi				Campuran Permeabilitas		
Item	BJ (Gs)	Kadar air, $w$ (%)	Berat isi kering, $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	Kadar air, $w$ (%)	Berat isi kering, $\gamma_d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	Angka pori ( $e$ )
Tanah sedimen	2,6	25	1,46	23,73	1,39	0,87
40%BA+25%FA+35%TS	2,67	23,57	1,52	22,39	1,45	0,84
30%BA+20%FA+50%TS	2,65	22,41	1,54	21,29	1,47	0,81
20%BA+10%FA+70%TS	2,68	22,65	1,54	21,52	1,47	0,83
10%BA+5%FA+85%TS	2,64	26,50	1,46	25,17	1,38	0,90

Item	Tanah Sedimen	40%BA+ 25%FA+ 35%TS	30%BA+ 20%FA+ 50%TS	20%BA+ 10%FA+ 70%TS	10%BA+ 5%FA+8 85%TS
$\gamma_{dry}$ (gr/cm <sup>3</sup> ). [1]	1,39	1,45	1,47	1,47	1,38
$\gamma_{wet}$ (gr/cm <sup>3</sup> ), [2] = [1]x(1+([3]/100))	1,721	1,773	1,7780	1,7826734	1,73232
$w_{opt}$ (%). [3]	24	22,39	21,29	21,5	25,17
Volume mould [4]	253,35	253,35	253,35	253,35	253,35
Berat kering (gr/cm <sup>3</sup> ), $W_{dry}$ , [5] = [1] x [4]	352,36735	366,95747	371,41644	371,67468	350,6297
$W_{wet}$ . [6] = [2] x [4]	435,994	449,116	450,487	451,647	438,89
$w$ mula-mula. [7]	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Penambahan air (ml). [8] = [3]-[7]/([3]+100)x[6]	83	82	79	80	88
$W_{water}$ [9] = [7] x [5] / 100	0,14152	0,14738	0,149171	0,149274	0,140822
$W_{mula-mula}$ [10] = [9] + [5]	352,51	367,10	371,57	371,82	350,77
Kontrol [11] = [10] + [8]	435,994	449,116	450,487	451,647	438,890

**Lampiran 10 Analisis Perhitungan Konduktivitas Hidrolik Tanah Sedimen**

<b>Perhitungan Permeabilitas (ASTM D698 / D 1557)</b>			
<b>Item</b>	<b>Satuan</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Volume Sampel, $V$	$\text{Cm}^3$	253,225	253,225
Luas potongan melintang sampel, $A=1/4\pi D^2$	$\text{Cm}^2$	31,67	31,67
Tinggi muka air pada awal pengujian, $h_1$	Cm	100	90
Tinggi muka air pada akhir pengujian, $h_2$	Cm	70	60
Panjang sampel, $L$	Cm	8	8
Durasi pengujian. $t$	Detik	5.709,00	4.248,00
Volume air yang melewati sampel, $V_w$	$\text{Cm}^3$	32	43
Temperatur, $T$	$^{\circ}\text{C}$	28	28
Diameter sampel, $D$	Cm	6,35	6,35
Diameter pipa tegak, $d$	Cm	1,0	1,0
Konduktivitas Hidrolik, $K$	Cm/detik	$1,2 \times 10^{-5}$	$1,9 \times 10^{-5}$
<b>Rata-rata Konduktivitas Hidrolik, <math>K</math></b>	<b>Cm/detik</b>	<b><math>1,6 \times 10^{-5}</math></b>	

Keterangan :

- K : konduktivitas hidrolik cm/s)
- R : jari-jari tabung contoh tanah (cm)
- r : jari-jari pipa tegak (luas buret) (cm)
- L : Panjang sampel (cm)
- t : Waktu yang dibutuhkan untuk  $h_1=h_2$  (s) (Notodarmojo, 2005)

$$K = \left( \frac{Lr^2}{tR^2} \right) \ln \left( \frac{h_1}{h_2} \right)$$

$$\begin{aligned} \text{Jari-jari sampel, } r &= \frac{1}{2} \times D \\ &= \frac{1}{2} \times 6,35 = 3,175 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{Jari-jari pipa tegak, } r = \frac{1}{2} \times 1,0 = 0,5 \text{ cm}$$

**Konduktivitas Hidrolik benda uji 1**

$$\begin{aligned} K_1 &= \left( \frac{8 \times 0,5^2}{5.709,00 \times 3,175^2} \right) \ln \left( \frac{100}{70} \right) \\ &= 1,2 \times 10^{-5} \text{ cm/detik} \end{aligned}$$

**Konduktivitas Hidrolik benda uji 2**

$$\begin{aligned} K_2 &= \left( \frac{8 \times 0,5^2}{4.248,00 \times 3,175^2} \right) \ln \left( \frac{90}{60} \right) \\ &= 1,9 \times 10^{-5} \text{ cm/detik} \end{aligned}$$

**Rata-rata nilai konduktivitas hidrolik**

$$\begin{aligned} K_{total} &= \frac{K_1 + K_2}{N} \\ &= \frac{1,2 \times 10^{-5} + 1,9 \times 10^{-5}}{2} \\ &= 1,6 \times 10^{-5} \text{ cm/detik} \end{aligned}$$

**Lampiran 11 Analisis Perhitungan Konduktivitas Hidrolik (40%BA + 25%FA + 35%TS)**

<b>Perhitungan Permeabilitas (ASTM D698 / D 1557)</b>			
<b>Item</b>	<b>Satuan</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Volume Sampel, $V$	$\text{Cm}^3$	253,225	253,225
Luas potongan melintang sampel, $A=1/4\pi D^2$	$\text{Cm}^2$	31,67	31,67
Tinggi muka air pada awal pengujian, $h_1$	$\text{Cm}$	100	90
Tinggi muka air pada akhir pengujian, $h_2$	$\text{Cm}$	70	60
Panjang sampel, $L$	$\text{Cm}$	8	8
Durasi pengujian, $t$	Detik	3.000,00	3.600.00
Volume air yang melewati sampel, $V_w$	$\text{Cm}^3$	44	40
Temperatur, $T$	$^{\circ}\text{C}$	28	28
Diameter sampel, $D$	$\text{Cm}$	6,35	6,35
Diameter pipa tegak, $d$	$\text{Cm}$	1,0	1,0
Konduktivitas Hidrolik, $K$	$\text{Cm/detik}$	$2,4 \times 10^{-5}$	$2,2 \times 10^{-5}$
<b>Rata-rata Konduktivitas Hidrolik, <math>K</math></b>	<b><math>\text{Cm/detik}</math></b>	<b><math>2,3 \times 10^{-5}</math></b>	

**Perhitungan Tanah sedimen (40%BA + 25%FA + 35%TS)**

$$K = \left( \frac{Lr^2}{tR^2} \right) \ln \left( \frac{h_1}{h_2} \right)$$

$$\begin{aligned} \text{Jari-jari sampel, } r &= \frac{1}{2} \times D \\ &= \frac{1}{2} \times 6,35 = 3,175 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{Jari-jari pipa tegak, } r = \frac{1}{2} \times 1,0 = 0,5 \text{ cm}$$

**Konduktivitas Hidrolik benda uji 1**

$$\begin{aligned} K_1 &= \left( \frac{8 \times 0,5^2}{3.000,00 \times 3,175^2} \right) \ln \left( \frac{100}{70} \right) \\ &= 2,4 \times 10^{-5} \text{ cm/detik} \end{aligned}$$

**Konduktivitas Hidrolik benda uji 2**

$$\begin{aligned} K_2 &= \left( \frac{8 \times 0,5^2}{3.600,00 \times 3,175^2} \right) \ln \left( \frac{90}{60} \right) \\ &= 2,2 \times 10^{-5} \text{ cm/detik} \end{aligned}$$

**Rata-rata nilai konduktivitas hidrolik**

$$\begin{aligned} K_{total} &= \frac{K_1 + K_2}{N} \\ K_{total} &= \frac{2,4 \times 10^{-5} + 2,2 \times 10^{-5}}{2} \\ &= 2,3 \times 10^{-5} \text{ cm/detik} \end{aligned}$$

**Lampiran 12 Analisis Perhitungan Konduktivitas Hidrolik (30%BA + 20%FA + 50%TS)**

<b>Perhitungan Permeabilitas (ASTM D698 / D 1557)</b>			
<b>Item</b>	<b>Satuan</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Volume Sampel, $V$	$\text{Cm}^3$	253,225	253,225
Luas potongan melintang sampel, $A=l/4\pi D^2$	$\text{Cm}^2$	31,67	31,67
Tinggi muka air pada awal pengujian, $h_1$	$\text{Cm}$	100	90
Tinggi muka air pada akhir pengujian, $h_2$	$\text{Cm}$	70	60
Panjang sampel, $L$	$\text{Cm}$	8	8
Durasi pengujian, $t$	Detik	4.465,27	4.438,85
Volume air yang melewati sampel, $V_w$	$\text{Cm}^3$	41	45
Temperatur, $T$	$^{\circ}\text{C}$	28	28
Diameter sampel, $D$	$\text{Cm}$	6,35	6,35
Diameter pipa tegak, $d$	$\text{Cm}$	1,0	1,0
Konduktivitas Hidrolik, $K$	$\text{Cm/detik}$	$1,6 \times 10^{-5}$	$1,8 \times 10^{-5}$
<b>Rata-rata Konduktivitas Hidrolik, <math>K</math></b>	<b><math>\text{Cm/detik}</math></b>	<b><math>1,7 \times 10^{-5}</math></b>	

**Perhitungan Tanah sedimen (30%BA + 20%FA + 50%TS)**

$$K = \left( \frac{Lr^2}{tR^2} \right) \ln \left( \frac{h_1}{h_2} \right)$$

$$\begin{aligned} \text{Jari-jari sampel, } r &= \frac{1}{2} \times D \\ &= \frac{1}{2} \times 6,35 = 3,175 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{Jari-jari pipa tegak, } r = \frac{1}{2} \times 1,0 = 0,5 \text{ cm}$$

**Konduktivitas Hidrolik benda uji 1**

$$\begin{aligned} K_1 &= \left( \frac{8 \times 0,5^2}{4.465,27 \times 3,175^2} \right) \ln \left( \frac{100}{70} \right) \\ &= 1,6 \times 10^{-5} \text{ cm/detik} \end{aligned}$$

**Konduktivitas Hidrolik benda uji 2**

$$\begin{aligned} K_2 &= \left( \frac{8 \times 0,5^2}{4.438,85 \times 3,175^2} \right) \ln \left( \frac{90}{60} \right) \\ &= 1,8 \times 10^{-5} \text{ cm/detik} \end{aligned}$$

**Rata-rata nilai konduktivitas hidrolik**

$$\begin{aligned} K_{total} &= \frac{K_1 + K_2}{N} \\ K_{total} &= \frac{1,6 \times 10^{-5} + 1,8 \times 10^{-5}}{2} \\ &= 1,7 \times 10^{-5} \text{ cm/detik} \end{aligned}$$

**Lampiran 13 Analisis Perhitungan Konduktivitas Hidrolik (20%BA + 10%FA + 70%TS)**

<b>Perhitungan Permeabilitas (ASTM D698 / D 1557)</b>			
<b>Item</b>	<b>Satuan</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Volume Sampel, $V$	$\text{Cm}^3$	253,225	253,225
Luas potongan melintang sampel, $A=l/4\pi D^2$	$\text{Cm}^2$	31,67	31,67
Tinggi muka air pada awal pengujian, $h_1$	$\text{Cm}$	100	90
Tinggi muka air pada akhir pengujian, $h_2$	$\text{Cm}$	70	60
Panjang sampel, $L$	$\text{Cm}$	8	8
Durasi pengujian, $t$	Detik	5.616,00	5,194,00
Volume air yang melewati sampel, $V_w$	$\text{Cm}^3$	35	34
Temperatur, $T$	$^{\circ}\text{C}$	28	28
Diameter sampel, $D$	$\text{Cm}$	6,35	6,35
Diameter pipa tegak, $d$	$\text{Cm}$	1,0	1,0
Konduktivitas Hidrolik, $K$	$\text{Cm/detik}$	$1,3 \times 10^{-5}$	$1,5 \times 10^{-5}$
<b>Rata-rata Konduktivitas Hidrolik, <math>K</math></b>	<b><math>\text{Cm/detik}</math></b>	<b><math>1,4 \times 10^{-5}</math></b>	

**Perhitungan Tanah sedimen (20%BA + 10%FA + 70%TS)**

$$K = \left( \frac{Lr^2}{tR^2} \right) \ln \left( \frac{h_1}{h_2} \right)$$

$$\begin{aligned} \text{Jari-jari sampel, } r &= \frac{1}{2} \times D \\ &= \frac{1}{2} \times 6,35 = 3,175 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{Jari-jari pipa tegak, } r = \frac{1}{2} \times 1,0 = 0,5 \text{ cm}$$

**Konduktivitas Hidrolik benda uji 1**

$$\begin{aligned} K_1 &= \left( \frac{8 \times 0,5^2}{5.616,00 \times 3,175^2} \right) \ln \left( \frac{100}{70} \right) \\ &= 1,3 \times 10^{-5} \text{ cm/detik} \end{aligned}$$

**Konduktivitas Hidrolik benda uji 2**

$$\begin{aligned} K_2 &= \left( \frac{8 \times 0,5^2}{5.194,00 \times 3,175^2} \right) \ln \left( \frac{90}{60} \right) \\ &= 1,5 \times 10^{-5} \text{ cm/detik} \end{aligned}$$

**Rata-rata nilai konduktivitas hidrolik**

$$\begin{aligned} K_{total} &= \frac{K_1 + K_2}{N} \\ K_{total} &= \frac{1,3 \times 10^{-5} + 1,5 \times 10^{-5}}{2} \\ &= 1,4 \times 10^{-5} \text{ cm/detik} \end{aligned}$$

**Lampiran 14 Analisis Perhitungan Konduktivitas Hidrolik (10%BA + 5%FA + 85%TS)**

<b>Perhitungan Permeabilitas (ASTM D698 / D 1557)</b>			
<b>Item</b>	<b>Satuan</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Volume Sampel, $V$	$\text{Cm}^3$	253,225	253,225
Luas potongan melintang sampel, $A=l/4\pi D^2$	$\text{Cm}^2$	31,67	31,67
Tinggi muka air pada awal pengujian, $h_1$	$\text{Cm}$	100	90
Tinggi muka air pada akhir pengujian, $h_2$	$\text{Cm}$	70	60
Panjang sampel, $L$	$\text{Cm}$	8	8
Durasi pengujian, $t$	Detik	8.977,00	5,143,11
Volume air yang melewati sampel, $V_w$	$\text{Cm}^3$	40	34
Temperatur, $T$	$^{\circ}\text{C}$	28	28
Diameter sampel, $D$	$\text{Cm}$	6,35	6,35
Diameter pipa tegak, $d$	$\text{Cm}$	1,0	1,0
Konduktivitas Hidrolik, $K$	$\text{Cm/detik}$	$8,0 \times 10^{-5}$	$1,6 \times 10^{-5}$
<b>Rata-rata Konduktivitas Hidrolik, <math>K</math></b>	<b><math>\text{Cm/detik}</math></b>	<b><math>1,2 \times 10^{-5}</math></b>	

**Perhitungan Tanah sedimen (20%BA + 10%FA + 70%TS)**

$$K = \left( \frac{Lr^2}{tR^2} \right) \ln \left( \frac{h_1}{h_2} \right)$$

$$\begin{aligned} \text{Jari-jari sampel, } r &= \frac{1}{2} \times D \\ &= \frac{1}{2} \times 6,35 = 3,175 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{Jari-jari pipa tegak, } r = \frac{1}{2} \times 1,0 = 0,5 \text{ cm}$$

**Konduktivitas Hidrolik benda uji 1**

$$\begin{aligned} K_1 &= \left( \frac{8 \times 0,5^2}{8,977,00 \times 3,175^2} \right) \ln \left( \frac{100}{70} \right) \\ &= 8,0 \times 10^{-5} \text{ cm/detik} \end{aligned}$$

**Konduktivitas Hidrolik benda uji 2**

$$\begin{aligned} K_2 &= \left( \frac{8 \times 0,5^2}{5,143,11 \times 3,175^2} \right) \ln \left( \frac{90}{60} \right) \\ &= 1,6 \times 10^{-5} \text{ cm/detik} \end{aligned}$$

**Rata-rata nilai konduktivitas hidrolik**

$$\begin{aligned} K_{total} &= \frac{K_1 + K_2}{N} \\ &= \frac{8,0 \times 10^{-5} + 1,6 \times 10^{-5}}{2} \\ &= 1,2 \times 10^{-5} \text{ cm/detik} \end{aligned}$$

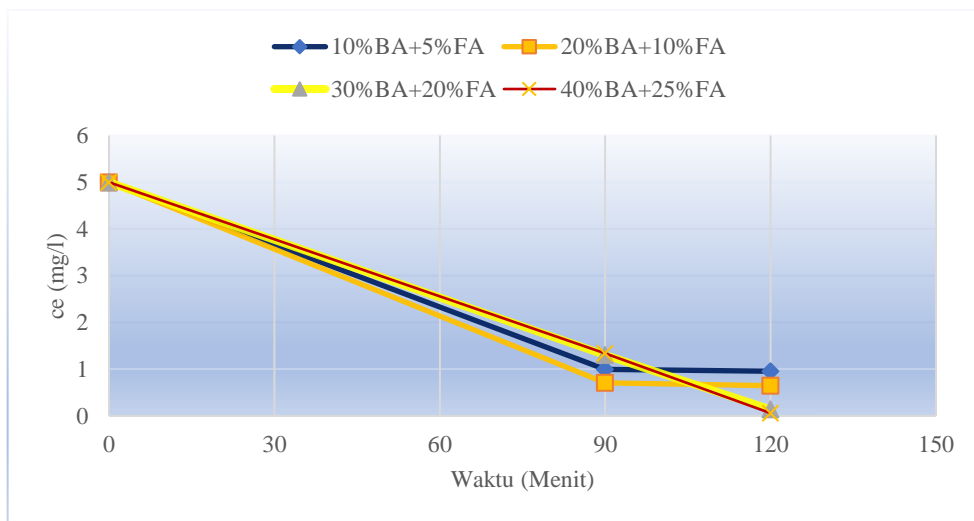
**Lampiran 15 Analisis Perhitungan Angka Pori**

Nomor Tes	Satuan	Tanah Sedimen	40%BA+ 25%FA+ 35%TS	30%BA+ 20%FA+ 50%TS	20%BA+ 10%FA+ 70%TS	10%BA+ 5%FA+8 5%TS
Berat ring kosong, $W1$ [1]	gram	38,17	38,17	38,17	38,17	38,17
Berat kontainer Kosong, $W2$ [2]	gram	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8
Berat ring kosong+cawan+tanah basah [3]	gram	129,11	141,00	133,55	133,00	123,24
Berat ring+cawan+tanah kering [4]	gram	105,43	117,00	113,00	111,55	106,90
Verat tanah kering, $W_{wet}$ [5] = [3] - [2] - [1]	gram	70,14	82,03	74,58	74,03	64,27
Berat tanah kering, $W_s$ [6] = [4] - [2] - [1]	gram	46,46	58,03	54,03	52,58	47,93
Berta air, $W_w$ [7] = [5] - [6]	gram	23,68	24,00	20,55	21,45	16,34
Volume ring, $V$ [8] = $[1/4 \times 3,14 \times 6,2^2 \times 2]$	cm <sup>3</sup>	60,35	75,44	75,44	75,44	75,44
Berat jenis tanah, $G_s$ [9]	gr/ cm <sup>3</sup>	2,66	2,67	2,65	2,68	2,64
Volume tanah kering, $V_s$ [10] = [6] / [9]	cm <sup>3</sup>	17,47	21,73	20,39	19,62	18,16
Volume pori, $V_v$ [11] = [8] - [10]	cm <sup>3</sup>	42,88	53,70	55,05	55,82	57,28
Berat isi tanah basah, $\gamma_{wet}$ [12] = [5] / [8]	gr/ cm <sup>3</sup>	1,16	1,09	0,99	0,98	0,85
Kadar air, $w$ [13] = [7] / [6] $\times$ 100%	%	0,51	0,41	0,38	0,41	0,34
Berat isi tanah kering, $\gamma_{dry}$ [14] = $1 / (1+[13])/100$	gr/ cm <sup>3</sup>	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
Porositas, $n$ [15] = [11] / [8] $\times$ 100%	%	0,71	0,71	0,73	0,74	0,76
Angka pori, $e$ [16] = [11] / [10]	-	2,46	2,47	2,70	2,85	3,16
Derajat kejenuhan, $S_r$ [17] = [7] / [11] $\times$ 100%	%	0,55	0,45	0,37	0,38	0,29
<i>Bulk Density</i> (pb) [18] = [6] / [8]	gr/ cm <sup>3</sup>	0,77	0,77	0,72	0,70	0,64
<i>Particle density</i> (pp) [19] = [6] / [10]	gr/ cm <sup>3</sup>	2,66	2,67	2,65	2,68	2,64

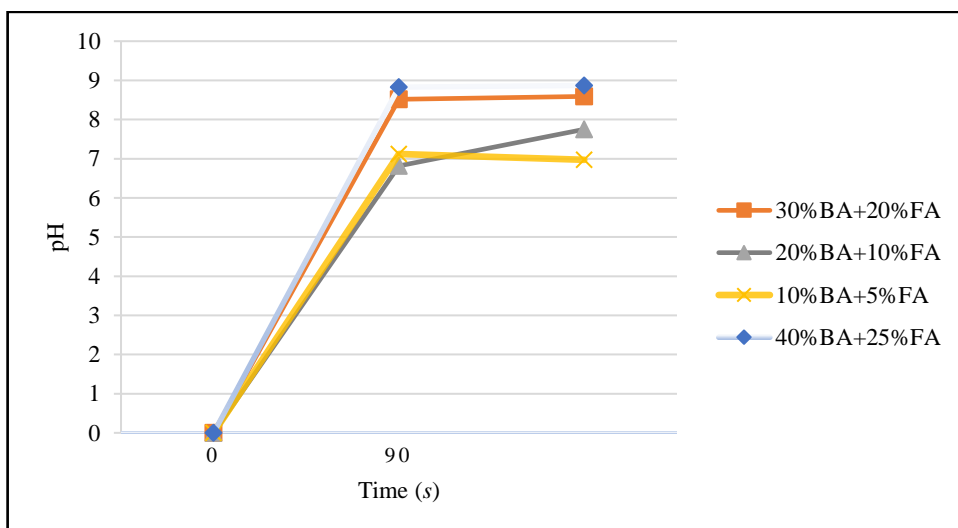


**Lampiran 16** Analisis Pengukuran Kandungan Cd terhadap Pengaruh Waktu Kontak dan Perubahan pH dengan Komposisi Campuran Adsorpsi Kolom Kontinyu

% Campuran	Waktu Kontak (menit)	Konsentrasi mg/L		Perubahan pH	
		Awal ( $C_0$ )	Akhir ( $C_e$ )	pH akhir	Average pH
40% BA+25% FA+35% TS	0	5	0,0000	-	8,85
	90		1,3405	8,83	
	120		0,0593	8,87	
30% BA+20% FA+50% TS	0	5	0,0000	-	8,56
	90		1.3033	8,52	
	120		0.1384	8,59	
20% BA+10% FA+70% TS	0	5	0,0000	-	7,29
	90		0.7087	6,82	
	120		0.6468	7,75	
10% BA+5% FA+85% TS	0	5	0,0000	-	7,05
	90		0.9936	7,12	
	120		0.9565	6,97	



1. Konsentrasi Cd pada Perbedaan Waktu Kontak dan % Campuran



2. Grafik Perubahan Nilai pH dengan Komposisi Campuran

**Lampiran 17** Analisis Perhitungan Efisiensi Penyisihan (%)

% Campuran	Konsentrasi awal $C_0$ (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)		
		Waktu Kontak (menit)		
		0	90	120
40% BA+25% FA+35% TS	5	0,00	73,19	98,81
30% BA+20% FA+50% TS	5	0,00	73,93	97,23
20% BA+10% FA+70% TS	5	0,00	85,83	87,06
10% BA+5% FA+85% TS	5	0,00	80,13	80,87

Keterangan :

$C_0$  = konsentrasi awal sebelum diadsorpsi (mg/L)

$C_e$  = konsentrasi akhir setelah teradsorpsi (mg/L)

$$Efisiensi\ Penyisihan\ (\%) = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\%$$

i. % Campuran 40%+BA + 25%FA + 35%TS

$$Efisiensi\ Penyisihan\ (\%) \ 90\ menit = \frac{5 - 1,3405}{5} \times 100\%$$

$$Efisiensi\ Penyisihan\ (\%) \ 90\ menit = 73,19\%$$

$$Efisiensi\ Penyisihan\ (\%) \ 120\ menit = \frac{5 - 0,0593}{5} \times 100\%$$

$$Efisiensi\ Penyisihan\ (\%) \ 120\ menit = 98,81\%$$

ii. % Campuran 30%+BA + 20%FA + 50%TS

$$Efisiensi\ Penyisihan\ (\%) \ 90\ menit = \frac{5 - 1,303}{5} \times 100\%$$

$$Efisiensi\ Penyisihan\ (\%) \ 90\ menit = 73,93\%$$

$$Efisiensi\ Penyisihan\ (\%) \ 120\ menit = \frac{5 - 0,1384}{5} \times 100\%$$

$$Efisiensi\ Penyisihan\ (\%) \ 120\ menit = 97,23\%$$

iii. % Campuran 20%+BA + 10%FA + 70%TS

$$Efisiensi\ Penyisihan\ (\%) \ 90\ menit = \frac{5 - 0,7087}{5} \times 100\%$$

$$Efisiensi\ Penyisihan\ (\%) \ 90\ menit = 85,81\%$$

$$Efisiensi\ Penyisihan\ (\%) \ 120\ menit = \frac{5 - 0,6468}{5} \times 100\%$$

$$Efisiensi\ Penyisihan\ (\%) \ 120\ menit = 87,06\%$$

iv. % Campuran 10%+BA + 5%FA + 85%TS

$$Efisiensi\ Penyisihan\ (\%) \ 90\ menit = \frac{5 - 0,9936}{5} \times 100\%$$

$$Efisiensi\ Penyisihan\ (\%) \ 90\ menit = 80,13\%$$

**Lampiran 18** Analisis Perhitungan Variasi Campuran terhadap Kapasitas Adsorpsi pada Waktu

% Campuran	<i>t</i> (menit)	Massa Adsorben (gram)	$C_0$ (mg/L)	$C_e$ (mg/L)	$C_e / C_0$ (mg/L)	Kapasitas Adsorpsi, <i>qt</i> (mg/g)
40% BA+25% FA+35% TS	0	642	5	0,0000	0,000	0,0000
	90			1,3405	0,2681	0,0825
	120			0,0593	0,01186	0,0385
30% BA+20% FA+50% TS	0	650	5	0,0000	0,000	0,0000
	90			1,3033	0,26066	0,0284
	120			0,1384	0,02768	0,0374
20% BA+10% FA+70% TS	0	651	5	0,0000	0,000	0,0000
	90			0,7087	0,14174	0,0330
	120			0,6468	0,12936	0,0334
10% BA+5% FA+85% TS	0	614	5	0,0000	0,000	0,0000
	90			0,9936	0,19872	0,0326
	120			0,9565	0,1913	0,0329

Keterangan :

$C_0$  = konsentrasi awal sebelum diadsorpsi (mg/L)

$C_e$  = konsentrasi akhir setelah teradsorpsi (mg/L)

*m* = massa adsorben (gram)

*V* = volume adsorbat (L)

*qt* = kapasitas adsorpsi (mg/g)

$$qt = \frac{(C_0 - C_e)}{m} \times V$$

- Kapasitas Adsorpsi 40%+BA + 25%FA + 35%TS

$$qt \text{ (90 menit)} = \frac{(5-1,3405)}{642} \times 5L = 0,0825 \text{ mg/g}$$

$$qt \text{ (120 menit)} = \frac{(5-0,0593)}{642} \times 5L = 0,0385 \text{ mg/g}$$

- Kapasitas Adsorpsi 30%+BA + 20%FA + 50%TS

$$qt \text{ (90 menit)} = \frac{(5-1,3033)}{650} \times 5L = 0,0284 \text{ mg/g}$$

$$qt \text{ (120 menit)} = \frac{(5-0,1384)}{650} \times 5L = 0,0374 \text{ mg/g}$$

- Kapasitas Adsorpsi 20%+BA + 10%FA + 70%TS

$$qt \text{ (90 menit)} = \frac{(5-0,7087)}{651} \times 5L = 0,0330 \text{ mg/g}$$

$$qt \text{ (120 menit)} = \frac{(5-0,6468)}{651} \times 5L = 0,0334 \text{ mg/g}$$

- Kapasitas Adsorpsi 10%+BA + 5%FA + 85%TS

$$qt \text{ (90 menit)} = \frac{(5-0,9936)}{614} \times 5L = 0,0326 \text{ mg/g}$$

$$qt \text{ (120 menit)} = \frac{(5-0,9565)}{614} \times 5L = 0,0329 \text{ mg/g}$$

**Lampiran 19** Analisis Pola Adsorpsi Langmuir pada Campuran Material

Campuran	t (menit)	C <sub>0</sub> (mg/L)	C <sub>e</sub> (mg/L)	Ca (C <sub>e</sub> - C <sub>0</sub> )	X (gram)	V (L)	qt (mg/g)	C <sub>e</sub> /qt (mg/L)	Log (qt)	Log (C <sub>e</sub> )
40%BA+25%FA+35%TS	90	5	1,3405	3,6595	642	5	0,0825	47033,80	-1,5451	0,1273
	120		0,0593	4,9407			0,0385	1541,10	-1,4148	-1,2269
30%BA+20%FA+50%TS	90	5	1.3033	3,6967	650	5	0,0284	45832,50	-1,5461	0,1150
	120		0.1384	4,8616			0,0374	3700,84	-1,4272	-0,8589
20%BA+10%FA+70%TS	90	5	0.7087	4,2913	651	5	0,0330	21502,28	-1,4820	-0,14955
	120		0.6468	4,3532			0,0334	19345,16	-1,4758	-0,1892
10%BA+5%FA+85%TS	90	5	0.9936	4,0064	614	5	0,0326	30454,79	-1,4864	-0,0028
	120		0.9565	4,0435			0,0329	29048,65	-1,4824	-0,0193

- Penentuan  $C_e/qt$  dari % campuran 40%BA+25%FA+35%TS

$$C_e/qt \text{ (90 menit)} = \frac{1,3405 \frac{mg}{L} \times 1.000}{0,0825 \text{ mg/g}} = 47033,80 \text{ mg/L}$$

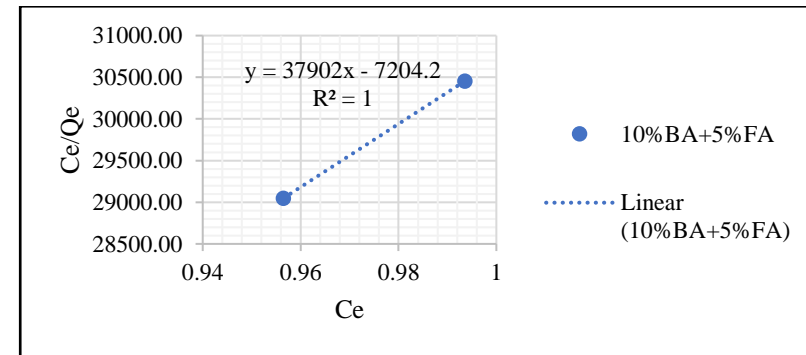
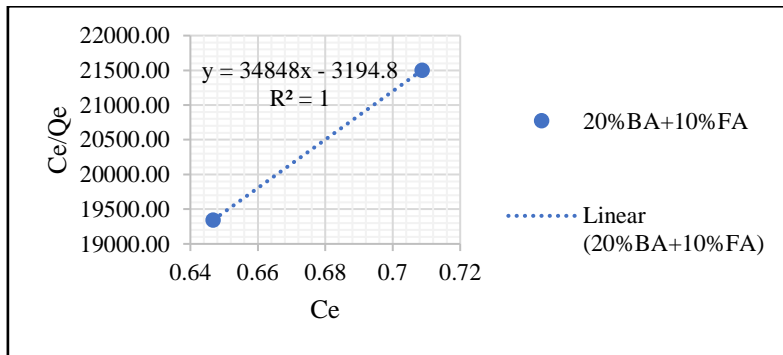
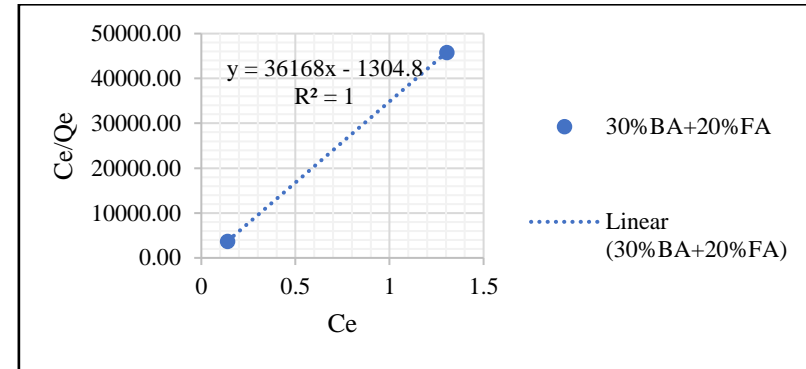
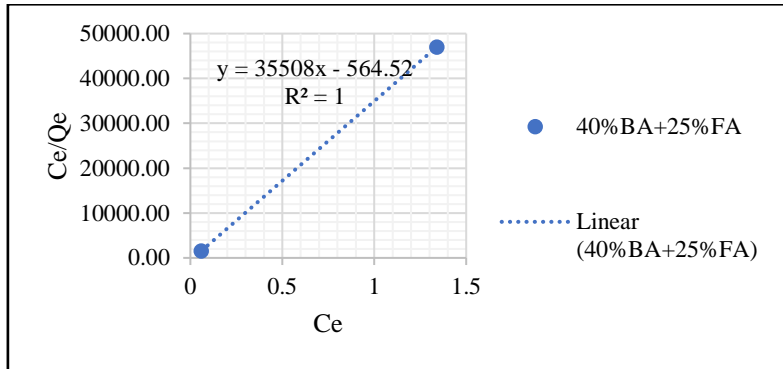
$$C_e/qt \text{ (120 menit)} = \frac{0,0593 \frac{mg}{L} \times 1.000}{0,0385 \text{ mg/g}} = 1541,10 \text{ mg/L}$$

- Penentuan  $C_e/qt$  dari % campuran 30%BA+20%FA+50%TS

$$C_e/qt \text{ (90 menit)} = \frac{1,3033 \frac{mg}{L} \times 1.000}{0,0284 \text{ mg/g}} = 45832,50 \text{ mg/L}$$

$$C_e/qt \text{ (120 menit)} = \frac{0,1384 \frac{mg}{L} \times 1.000}{0,0374 \text{ mg/g}} = 3700,84 \text{ mg/L}$$

- **Note :** Dengan rumus da perhitungan yang sama maka akan diperoleh data seperti di atas.



Grafik Langmuir Model pada setiap % Campuran

% Campuran	Nilai Intersep
40%BA+25%FA+35%TS	564,52
30%BA+20%FA+50%TS	1304,8
20%BA+15%FA+65%TS	3194,8
10%BA+5%FA+75%TS	7204,2

$$Q_{max} = \frac{1}{564,52} = 0,00177 \text{ mg/g}$$

Dengan rumus dan perhitungan yang sama maka diperoleh data seperti di atas.

**Lampiran 20** Analisis Perhitungan Nilai Koefisien Difusi dan Faktor Retardasi

% Campuran	t (sec)	x* (m)	m** (gr)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	qt (mg/g)	Kd**** (qt/Ce)	Kadar air (%)	ρb (gr/cm <sup>3</sup> )	Profil Konsentrasi Adsorben	
										D*** (cm <sup>2</sup> /s)	R***
40% BA+25% FA+35% TS	90	0,08	642	5	1,3405	0,0285	0,021	0,54	1,011	1,135x10 <sup>-5</sup>	1,040
	120	0,08		5	0,0593	0,0385	0,649			5,242x10 <sup>-6</sup>	2,208
30% BA+20% FA+50% TS	90	0,08	650	5	1,3033	0,0284	0,022	0,50	0,940	1,121x10 <sup>-5</sup>	1,041
	120	0,08		5	0,1384	0,0374	0,270			5,421x10 <sup>-6</sup>	1,509
20% BA+15% FA+65% TS	90	0,08	651	5	0,7087	0,0330	0,047	0,54	0,915	9,070x10 <sup>-6</sup>	1,079
	120	0,08		5	0,6468	0,0334	0,052			6,645x10 <sup>-6</sup>	1,088
10% BA+5% FA+75% TS	90	0,08	614	5	0,9936	0,0326	0,033	0,45	0,834	1,007x10 <sup>-5</sup>	1,061
	120	0,08		5	0,9565	0,0329	0,034			7,452x10 <sup>-6</sup>	1,064

➤ Perhitungan nilai Koefisien Difusi ( $D_{FF}$ ) =  $\left(\frac{x}{\sqrt{D \times t}}\right)$

$$= \frac{(C_x - C_0)}{(C_s - C_0)} = 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right)$$

(Sumber : Abramowitz et al, 1970 dalam Setiawan, 2015)

Keterangan :

$C_x$  = konsentrasi atom donor pada kedalaman x dan waktu (mg/L)

$C_0$  = konsentrasi atom donor di dalam material (mg/L)

$C_s$  = konsentrasi atom donor di permukaan material (g/L)

D = Koefisien Difusi (cm<sup>2</sup>/detik)

x = Jarak kedalaman difusi (m)

% Campuran	t (sec)	x* (m)	Co (mg/L)	Cs (mg/L)	Cx	D (cm <sup>2</sup> /detik)
40% BA+25% FA+35% TS	5400	0,08	5	1,3405	3,0952	1,135 × 10 <sup>-5</sup>
	7200	0,08	5	0,0593	2,4284	5,242 × 10 <sup>-6</sup>

% Campuran	t (sec)	x* (m)	Co (mg/L)	Cs (mg/L)	Cx	D (cm <sup>2</sup> /detik)
30%BA+20%FA+50%TS	5400	0,08	5	1,3033	3,0759	$1,121 \times 10^{-5}$
	7200	0,08	5	0,1384	2,4695	$5,421 \times 10^{-6}$
20%BA+15%FA+65%TS	5400	0,08	5	0,7087	2,7664	$9,070 \times 10^{-6}$
	7200	0,08	5	0,6468	2,7342	$6,645 \times 10^{-6}$
10%BA+5%FA+75%TS	5400	0,08	5	0,9936	2,9147	$1,007 \times 10^{-5}$
	7200	0,08	5	0,9565	2,8954	$7,452 \times 10^{-6}$

Konsentrasi apada jarak x ( $C_x$ ) pada % campuran 40%BA+25%FA+35%TS ( $t = 5400$  detik)

$$C_x = (1 - (erf 0,5) \times (C_s - C_0) + C_0$$

$$C_x = (1 - (0,05205) \times (5 - 1,3405) + 1,3405$$

$$C_x = 3,0952$$

Konsentrasi apada jarak x ( $C_x$ ) pada % campuran 40%BA+25%FA+35%TS ( $t = 7200$  s)

$$C_x = (1 - (erf 0,5) \times (C_s - C_0) + C_0$$

$$C_x = (1 - (0,05205) \times (5 - 0,0593) + 0,0593$$

$$C_x = 2,4284$$

**Note :** Dengan rumus dan perhitungan yang sama maka diperoleh data seperti di atas.

- Perhitungan Nilai Koefisien Difusi pada % campuran 40%BA+25%FA+35%TS ( $t = 5400 \text{ s}$ )

$$X_{eff}(Cx \times x) = \sqrt{Dt}$$

$$\text{Koefisien Difusi } (D) = \frac{(0,08 \times 3,0952)^2}{5400} = 1,135 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{detik}$$

- Perhitungan Nilai Koefisien Difusi pada % campuran 40%BA+25%FA+35%TS ( $t = 7200 \text{ s}$ )

$$\text{Koefisien Difusi } (D) = \frac{(0,08 \times 2,4284)^2}{5400} = 5,242 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik}$$

- Perhitungan Nilai Koefisien Difusi pada % campuran 30%BA+20%FA+50%TS ( $t = 5400 \text{ s}$ )

$$\text{Koefisien Difusi } (D) = \frac{(0,08 \times 3,0759)^2}{5400} = 1,121 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{detik}$$

- Perhitungan Nilai Koefisien Difusi pada % campuran 30%BA+20%FA+50%TS ( $t = 7200 \text{ s}$ )

$$\text{Koefisien Difusi } (D) = \frac{(0,08 \times 2,4695)^2}{5400} = 5,421 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik}$$

- Perhitungan Nilai Koefisien Difusi pada % campuran 20%BA+10%FA+60%TS ( $t = 5400 \text{ s}$ )

$$\text{Koefisien Difusi } (D) = \frac{(0,08 \times 2,7664)^2}{5400} = 9,070 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik}$$

- Perhitungan Nilai Koefisien Difusi pada % campuran 20%BA+10%FA+70%TS ( $t = 7200 \text{ s}$ )

$$\text{Koefisien Difusi } (D) = \frac{(0,08 \times 2,7342)^2}{5400} = 6,645 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik}$$

- Perhitungan Nilai Koefisien Difusi pada % campuran 10%BA+5%FA+%85TS ( $t = 5400 \text{ s}$ )

$$\text{Koefisien Difusi } (D) = \frac{(0,08 \times 2,0147)^2}{5400} = 1,007 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{detik}$$

- Perhitungan Nilai Koefisien Difusi pada % campuran 10%BA+5%FA+85%TS ( $t = 7200 \text{ s}$ )

$$\text{Koefisien Difusi } (D) = \frac{(0,08 \times 2,8954)^2}{5400} = 7,452 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik}.$$



➤ Perhitungan Faktor Retardasi (Rf)

Dengan menggunakan nilai *bulk density*, kadar air dari hasil permeabilitas, kemudian dilakukan perhitungan perbandingan sebagai berikut :

% Campuran	Perbandingan diameter (cm)		Nilai <i>pb</i> Benda 1 (gr/cm <sup>3</sup> )	Kadar air Benda 1 (%)	Nilai <i>pb</i> Benda 2 (gr/cm <sup>3</sup> )	Kadar air Benda 2 (%)
	1	2				
40%BA+25%FA+35%TS	6,4	8,4	0,77	0,41	1,0106	0,54
30%BA+20%FA+50%TS	6,4	8,4	0,72	0,38	0,9400	0,50
20%BA+15%FA+65%TS	6,4	8,4	0,70	0,41	0,9148	0,54
10%BA+5%FA+85%TS	6,4	8,4	0,64	0,34	0,8339	0,45

rumus perbandingan umum  $\frac{a1}{b1} = \frac{a2}{b2}$

*a2* = Diameter alat permeabilitas

*b1* = nilai *pb* dan  $\theta$  setelah uji permeabilitas

*a2* = Diameter alat kolom kontinyu

*b1* = nilai *pb* dan  $\theta$  yang dicari untuk nilai *Rf*

Perbandingan diameter sampel

Benda 1 (6,4 cm) : benda 2 (8,4 cm) = *pb* 2 (0,77 gr/cm<sup>3</sup>) : *pb* (x gr/cm<sup>3</sup>)

$$pb \text{ (x gr/cm}^3\text{)} = \frac{0,77 \times 8,4}{6,4} = 1,0106 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{kadar air} = \frac{0,41 \times 8,4}{6,4} = 0,54 \%$$

**Note :** Dengan rumus dan perhitungan yang sama maka diperoleh data seperti di atas.

➤ Perhitungan Koefisien Distribusi

% Campuran	<i>qt</i> (mg/g)	<i>C<sub>s</sub>/qt</i> (mg/L)	Log ( <i>qt</i> )	Log ( <i>Ce</i> )	<i>Kd</i> ( <i>qt/Ce</i> )	<i>Pb</i> (gr/cm <sup>3</sup> )	Kadar air (%)	<i>Rf</i>
40%BA+25%FA+35%TS	0,0285	47033,80	-1,5451	0,1273	0,021	1,011	0,54	1,040
	0,0385	1541,10	-1,4148	-1,2269	0,649			2,208

% Campuran	$qt$ (mg/g)	$C_e / qt$ (mg/L)	$\text{Log}(qt)$	$\text{Log}(C_e)$	Kd ( $qt/C_e$ )	$P_b$ ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	Kadar air (%)	$R_f$
30% BA+20% FA+50% TS	0,0284	45832,50	-1,5461	0,1150	0,022	0,940	0,50	1,041
	0,0374	3700,84	-1,4272	-0,8589	0,270			1,509
20% BA+10% FA+70% TS	0,0330	21502,28	-1,4820	-0,14955	0,047	0,915	0,54	1,079
	0,0334	19345,16	-1,4758	-0,1892	0,052			1,088
10% BA+5% FA+85% TS	0,0326	30454,79	-1,4864	-0,0028	0,033	0,834	0,45	1,061
	0,0329	29048,65	-1,4824	-0,0193	0,034			1,064

- Perhitungan Koefisien Distribusi

- Kd untuk % campuran 40% BA+25% FA+35% TS

$$\text{Kd} (t = 90 \text{ menit}) = \frac{qt}{C_e} = \frac{0,0285}{47033,80} = 0,021$$

$$\text{Kd} (t = 120 \text{ menit}) = \frac{qt}{C_e} = \frac{0,0385}{1541,10} = 0,649$$

- Kd untuk % campuran 30% BA+20% FA+50% TS

$$\text{Kd} (t = 90 \text{ menit}) = \frac{qt}{C_e} = \frac{0,0284}{45832,50} = 0,022$$

$$\text{Kd} (t = 120 \text{ menit}) = \frac{qt}{C_e} = \frac{0,0374}{3700,84} = 0,270$$

- Kd untuk % campuran 20% BA+10% FA+70% TS

$$\text{Kd} (t = 90 \text{ menit}) = \frac{qt}{C_e} = \frac{0,0330}{21502,28} = 0,047$$

$$\text{Kd} (t = 120 \text{ menit}) = \frac{qt}{C_e} = \frac{0,0334}{19345,16} = 0,052$$

- Kd untuk % campuran 10% BA+5% FA+85% TS

$$\text{Kd} (t = 90 \text{ menit}) = \frac{qt}{C_e} = \frac{0,0326}{30454,70} = 0,033$$

$$\text{Kd} (t = 120 \text{ menit}) = \frac{qt}{C_e} = \frac{0,0329}{29048,65} = 0,034$$

- Perhitungan Faktor Retardasi

$$Rf = 1 + \left(\frac{pb}{\theta}\right) \times Kd$$

*Rf* untuk % campuran 40%BA+25%FA+35%TS

$$Rf(90 \text{ menit}) = 1 + \left(\frac{1,011}{0,54}\right) \times 0,021 = 1,040$$

$$Rf(90 \text{ menit}) = 1 + \left(\frac{1,011}{0,54}\right) \times 0,649 = 2,208$$

*Rf* untuk % campuran 30%BA+20%FA+50%TS

$$Rf(90 \text{ menit}) = 1 + \left(\frac{0,940}{0,50}\right) \times 0,022 = 1,041$$

$$Rf(90 \text{ menit}) = 1 + \left(\frac{0,940}{0,50}\right) \times 0,270 = 1,509$$

*Rf* untuk % campuran 20%BA+10%FA+70%TS

$$Rf(90 \text{ menit}) = 1 + \left(\frac{0,915}{0,54}\right) \times 0,047 = 1,079$$

$$Rf(90 \text{ menit}) = 1 + \left(\frac{0,915}{0,54}\right) \times 0,052 = 1,088$$

*Rf* untuk % campuran 10%BA+5%FA+85%TS

$$Rf(90 \text{ menit}) = 1 + \left(\frac{0,834}{0,45}\right) \times 0,033 = 1,061$$

$$Rf(90 \text{ menit}) = 1 + \left(\frac{0,834}{0,45}\right) \times 0,033 = 1,064$$

## Lampiran 21 Dokumentasi Penelitian



Persiapan Tanah sedimen



Campuran FABA dan tanah sedimen



Analisa saringan



Batas-Batas Atterberg



Analisis Kadar Air



Alat Pemasatan Standar



Pencampuran Uji Permeabilitas



Uji Permeabilitas



Pengujian Peremabilitas



Pengujian Peremabilitas



Pembuata Larutab Logam CdSO<sub>4</sub>



Persiapan Pengujian Kolom Kontinyu



Pengambilan sampel Efluen



Pemanasans sampel yang telah ditambahkan CH<sub>3</sub>



Pengujian Instrumen AAS



Pemantauan Nilai Konsentrasi di Monitor



Pengukuran pH



Preparasi Sampel



Proses pendinginan sampel



Pembuatan larutan 2,5 ppm



Pengujian porositas sampel



Contoh penimbangan limbah BA

## BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Soppeng pada tanggal 12 September 1999 dan merupakan anak bungsu dari pasangan Bapak Ahmad dan Ibu Faridah. Penulis menempuh pendidikan di TK Harapan Kita, Desa Barae kemudian melanjutkan Pendidikan dan lulus di SD 195 Barae, setelah berpindah di beberapa Sekolah

Dasar. Pada tahun 2012 penulis melanjutkan Pendidikan di MTs DDI Walimpong dan setelah kelulusan penulis melanjutkan pendidikan di Kabupaten Sinjai tepatnya di SMA Negeri 5 Sinjai Angkatan 2015. Lulus SMA pada tahun 2018 dimana pada tahun tersebut penulis melanjutkan pendidikan S1 ke Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Hasanuddin. Penulis pada saat ini melanjutkan program magang di Clean Up Indonesia. Menulis di situs blog dengan beragam judul puisi dan review buku yang dapat dikunjungi melalui [SarinahAdawiyah@blogspot.com](mailto:SarinahAdawiyah@blogspot.com) dan dapat dihubungi melalui alamat email [asrisnawanti99@gmail.com](mailto:asrisnawanti99@gmail.com).