

TUGAS AKHIR

**“ANALISA NILAI KONSOLIDASI PADA TANAH LEMPUNG YANG DI
CAMPUR DENGAN VARIASI FLY ASH”**



DISUSUN OLEH :

MUHAMMAD AIDUL

45 12 041 009

JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA

2019

LEMBAR PENGAJUAN UJIAN AKHIR

Tugas Akhir :

"ANALISA NILAI KONSOLIDASI PADA TANAH LEMPUNG YANG DI CAMPUR DENGAN VARIASI FLY ASH"

Disusun dan diajukan oleh :

Nama Mahasiswa : **MUHAMMAD AIDUL**

No. Stambuk : **45 12 041 009**

Sebagai salah satu syarat, untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil / Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

Telah Disetujui Komisi Pembimbing


Pembimbing I : Ir. H. Syahrul Sariman, MT.

(.....)

Pembimbing II : Nurhadijah Yuniarti, ST. MT.

(.....)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ridwan, ST., M.Si
NIDN : 09 101271 01

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Nurhadijah Yuniarti, ST.MT
NIDN : 09 160682 01

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar, No. A.771/SK/FT/Unibos/III/2019, tanggal 29 Agustus 2019, perihal Pembentukan Panitia dan Tim Penguji Tugas Akhir, maka :


Nama : **MUHAMMAD AIDUL**
No. Stambuk : **45 12 041 009**
Program Studi : **TEKNIK SIPIL**
Judul : **" ANALISA NILAI KONSOLIDASI PADA TANAH LEMPUNG
YANG DI CAMPUR DENGAN FLY ASH "**

Dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Sarjana Fakultas Teknik Universitas Bosowa setelah dipertahankan di depan tim penguji Sarjana Strata satu (S1), untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik dengan susunan sebagai berikut :

TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Ketua	: Ir.H.Syahrul sariman, MT	(.....)
Sekretaris	: Nurhadijah Yunianti, ST., MT.	(.....)
Anggota	: Ir.Fauzy lebang, MT.	(.....)
	Eka Yuniarto, ST., MT.	(.....)

Mengetahui :



Dekan Fakultas Teknik
Dr. Ridwan, ST., M.Si.
NIDN : 09 101271 01



Ketua Program Studi Jurusan Sipil
Nurhadijah Yunianti, ST., MT.
NIDN : 09 160682 01

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : **Muhammad Aidul**
Nomor Stambuk : **45 12 041 009**
Judul Tugas Akhir : **Analisa Nilai Konsolidasi Pada Tanah Lempung Yang Di Campur Dengan Fly Ash**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan Programming yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Bosowa.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Makassar, 13 Januari 2020
Yang membuat pernyataan



Muhammad Aidul
NIM. 45 12 041 009

KATA PENGANTAR

Dengan penuh kerendahan hati penulis panjatkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan anugrah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang merupakan salah satu persyaratan akademik guna menyelesaikan studi pada jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

Dalam tulisan ini penulis menyajikan pokok bahasan menyangkut masalah dibidang tanah sebagai tanah dasar, dengan judul :

“ANALISA NILAI KONSOLIDASI PADA TANAH LEMPUNG YANG DI CAMPUR DENGAN VARIASI *FLY ASH*”

Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tak terhingga kepada ke dua Orang tua dan semua pihak yang membantu kelancaran penulisan skripsi ini, baik berupa dorongan moril maupun materil. Karena penulis yakin tanpa bantuan dan dukungan tersebut, sulit rasanya penulis untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini.

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Muh. Saleh Pallu, M.Eng. Selaku Rektor Universitas Bosowa
2. Bapak Dr. Ridwan, S.T.,M.si. Selaku Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar
3. Ibu Nurhadijah Yuniarti S.T., M.T. Selaku Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar

4. Bapak Ir. H. Syahrul Sariman, M.T. selaku Dosen Pembimbing I, yang senantiasa meluangkan waktunya untuk membimbing dan membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Kepala Laboratorium Mekanika Tanah.
5. Ibu Nurhadijah Yuniarti ST.MT Selaku Dosen Pembimbing II, yang senantiasa meluangkan waktunya untuk membimbing dan membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
6. Bapak Hasrullah, S.T. Selaku Asisten Laboratorium yang selalu meluangkan waktunya untuk membimbing dan memberikan masukan sehubungan dengan penelitian ini.
7. Seluruh Staf Dosen jurusan Sipil Universitas Bosowa Makassar
8. Rekan-rekan Mahasiswa jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar, Khususnya angkatan 2012 yang telah menjadi keluarga baru bagi penulis

Menyadari akan keterbatasan penulis sebagai manusia yang tidak luput dari kesalahan, maka penulis meminta maaf apabila terdapat kesalahan pada penyusunan laporan Tugas Akhir ini. Penulis menyadari bahwa penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran guna perbaikan penulisan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, penulis menghaturkan doa kepada Tuhan Yang Maha Kuasa semoga kita semua selalu dituntun dan dilindungi-Nya, kiranya

damai, kasih dan berkat-Nya selalu mengalir dan kita rasakan dalam kehidupan kita sehari – hari, Amin.

Salam Sejahtera Bagi Kita Semua

Makassar, JUNI 2019

UNIVERSITAS PENULIS

BOSOWA

ANALISA NILAI KONSOLIDASI PADA TANAH LEMPUNG YANG DI CAMPUR DENGAN VARIASI FLY ASH

Oleh: Muhammad Aidul¹⁾, Syahrul Sariman²⁾, Nurhadijah Yunianti³⁾

ABSTRAK

Mendirikan bangunan di atas tanah lempung akan menimbulkan beberapa permasalahan, diantaranya kuat tekan tanah dan penurunan tanah. Terjadinya penurunan tanah apabila mengalami pembebanan di atasnya maka tekanan air pori akan naik sehingga air pori keluar yang menyebabkan berkurangnya volume tanah. Maka dari itu, diperlukannya perbaikan tanah guna untuk meningkatkan daya dukung tanah.

Pada penelitian ini digunakan bahan stabilisasi Fly Ash. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai konsolidasi pada tanah lempung yang distabilisasi dengan Fly Ash untuk menentukan komposisi bahan yang sesuai untuk meningkatkan daya dukung tanah. Persentase bahan stabilisasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah masing-masing sebesar 10%, 20% dan 30%.

Pada hasil penelitian karakteristik tanah diperoleh nilai indeks platisitas (PI) = 33,7% dan fraksi lempung sebesar 37,47%. Dan Pada hasil pemeriksaan konsolidasi diperoleh nilai swelling Indeks (Cc) terendah pada komposisi tanah lempung lunak + fly ash 30 % yaitu 0.373 (Cc) , sedangkan tertinggi pada komposisi tanah lempung lunak + fly ash 20 % yaitu 0,965 (Cc).

Kata Kunci: Konsolidasi, Tanah Lempung, Fly Ash

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGAJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR NOTASI.....	xiv
BAB I Pendahuluan.....	I-1
1.1. Latar Belakang.....	I-1
1.2. Rumusan Masalah	I-2
1.3. Manfaat dan Tujuan	I-3
1.3.1. Manfaat	I-3
1.3.2. Tujuan	I-3
1.4. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah.....	I-2
1.4.1. Ruang Lingkup	I-2
1.4.2. Batasan Masalah	I-3

1.5	Sistematika Penulisan	I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA		II-1
2.1.	Tanah Lempung.....	II-1
2.1.1	Tinjauan Umum Tanah	II-2
2.1.2	Tekstur Tanah	II-3
2.1.3	Klasifikasi Tanah.....	II-4
2.1.4	Karakteristik Tanah Lempung	II-9
2.2	Fly Ash.....	II-10
2.3	Stabilisasi Tanah.....	II-12
2.3.1	Stabilisasi Tanah Dengan Fly Ash	II-12
2.4	Konsolidasi (<i>consolidation test</i>).....	II-12
2.4.1	Analogi konsolidasi 1-D (satu dimensi).....	II-12
2.4.2	Konsolidasi Normal Dan Konsolidasi Berlebih	II-12
2.4.3	Uji Konsolidasi.....	II-12
2.4.4	Interpretasi Hasil Uji Konsolidasi	II-12
2.4.5	Tekanan Pra-Konsolidasi (P_c')	II-12
2.4.6	Penurunan Konsolidasi Tanah	II-12
2.4.7	Perhitungan Penurunan Konsolidasi.....	II-12
2.4.8	Kecepatan Konsolidasi	II-12
2.4.9	Koefisien Konsolidasi (C_v).....	II-12
2.5	Penelitian Sifat Fisis Tanah.....	II-14
2.5.1	Kadar Air.....	II-14

2.5.2	Pengujian berat jenis	II-15
2.5.3	Batas-Batas Konsistensi.....	II-18
2.5.4	Batas cair (<i>Liquid Limit = LL</i>)	II-18
2.5.5	Batas plastis	II-20
2.5.6	Batas Susut.....	II-22
2.5.7	Pemeriksaan Analisa Saringan.....	II-25
2.5.8	Pemeriksaan Hidrometer	II-26
2.6	Uji sifat Fisik Mekanik Tanah	II-30
2.6.1	Pemadatan Tanah (Standart Proctor Test)	II-30
2.6.2	Pengujian konsolidasi	II-34
2.7	Penelitian Terdahulu	II-50
BAB III METODE PENELITIAN.....		III-1
3.1	Diagram Penelitian	III-1
3.2	Jenis Pengujian Material.....	III-2
3.3.	Variabel Penelitian	III-2
3.4	Jumlah dan Notasi Sampel	III-3
3.4.1	Jumlah Sampel Pengujian Konsolidas	III-3
3.5	Metode Analisis	III-4
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		IV-1
4.1	Karakteristik Dasar Tanah Asli.....	IV-1
4.1.1.	Hasil Pemeriksaan Karakteristik Fisik Tanah Asli.....	IV-1
4.2	Pembahasan Hasil Pemeriksaan Karateristik Tanah Asli	IV-1

4.2.1. Berat Jenis (Gs)	IV-1
4.2.2. Pengujian Batas-batas Konsistensi	IV-1
4.3. Klasifikasi Tanah Asli	IV-3
4.3.1 AASHTO (American Association Of State Highway And Transportation Officials)	IV-3
4.4 Hasil Pengujian Konsolidasi	IV-4
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	V-1
5.1 Kesimpulan	V-1
5.2 Saran	V-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DOKUMENTASI

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Ukuran Tekstur tanah	II- 4
Tabel 2.2. Klasifikasi AASHTO M145-82 untuk lapisam tanah dasar Jalan raya	II- 5
Tabel 2.3. Klasifikasi Tanah Sistem USCS	II- 8
Tabel 2.4. Komposisi dan Klasifikasi <i>Fly Ash</i>	II-11
Tabel 2.5. konsolidasi normal pada lempung (kaufman & Sherman, 1964)	II-32
Tabel 2.6. Hubungan T dengan U	II-36
Tabel 2.7. Pengaruh lebar fungsi fundasi pada nilai Cv (Butler, 1974)	II-39
Tabel 2.8. Specific gravity mineral-mineral penting pada tanah	II-41
Tabel 2.9. Specific gravity tanah	II-42
Tabel 2.10. Faktor Koreksi	II-43
Tabel 2.11. Nilai indeks plastisitas dan macam tanah.....	II-45
Tabel 2.12. Harga-harga batasan atterberg untuk mineral lempung	II-47
Tabel 2.13. Skema jenis tanah dan batas – batas ukuran butirnya ..	II-49
Tabel 2.14. Faktor Koreksi α , untuk hydrometer 152 H terhadap Berat jenis butir tanah	II-50
Tabel 2.15. Harga K untuk menghitung diameter butir dengan hidrometer	II-50
Tabel 2.16. Harga kedalaman efektif L hydrometer 152 H, ditentukan	

Oleh macam hydrometer, ukuran silinder pengendapan.	II-51
Tabel 3.1. Pengujian Karakteristik tanah.....	III-1
Tabel 3.2. Jumlah sampel dalam setiap pengujian konsolidasi	III-3
Tabel 3.3. Notasi sampel dalam setiap pengujian konsolidasi	III-3
Tabel 4.1. Rekapitulasi hasil pemeriksaan karakteristkik tanah tanpa Bahan tambah.....	IV-1
Tabel 4.2. Pengamatan Angka Pori Variasi,F.A 0% Berdasarkan Tekanan.....	IV-5
Tabel 4.3 Pengamatan Angka Pori Variasi,F.A 10% Berdasarkan Tekanan.....	IV-6
Tabel 4.4 Pengamatan Angka Pori Variasi,F.A 20% Berdasarkan Tekanan.....	IV-7
Tabel 4.5 Pengamatan Angka Pori Variasi,F.A 30% Berdasarkan Tekanan.....	IV-8
Tabel 4.6 Perubahan Angka Pori Dengan Variasi Fly Ash	IV-9
Tabel 4.7 koefisien konsolidasi(cv/t50)	IV-10
Tabel 4.8 koefisien konsolidasi(cv/t90)	IV-12
Tabel 4.9 Hasil pengujian konsolidasi dengan variasi Fly Ash	IV-13

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Analogi konsolidasi	II-18
Gambar 2.2. reaksi tekanan air pori terhadap beban fondasi	II-19
Gambar 2.3. Oedometer	II-25
Gambar 2.4. kurva penurunan – log waktu	II-28
Gambar 2.5. hubungan antara pori-tegangan efektif	II-28
Gambar 2.6. penentuan tekanan prakonsolidasi	II-30
Gambar 2.7. kurva $e - \log \sigma$ di lapangan	II-31
Gambar 2.8. Effective consolidation, σ_{vc} (kPa).....	II-31
Gambar 2.9. kurva angka pori terhadap teggangan yang menggambarkan Deposition, samping (unloading) dan reconsolidation dalam Alat uji konsolidasi	II-35
Gambar 2.10 Beberapa sebab yang mempengaruhi kecepatan konsolidasi Primer lapisan lempung	II-40
Gambar 2.11. Batas Konsistensi tanah.....	II-43
Gambar 2.12. Kurva pada penentuan batas cair tanah lempung	II-44
Gambar 2.13. Kurva hubungan kadar air dan berat volume kering ..	II-52
Gambar 3.1. Diagram alur penelitian	III-1
Gambar 4.1. Grafik Pengamatan Angka Pori Variasi F.A 0% Ditiap Beban	IV-5
Gambar 4.2 Grafik Pengamatan Angka Pori Variasi F.A 10% Ditiap Beban	IV-6

Gambar 4.2 Grafik Pengamatan Angka Pori Variasi

F.A 20% Ditiap Beban IV-7

Gambar 4.2 Grafik Pengamatan Angka Pori Variasi

F.A 30% Ditiap Beban IV-8

Gambar 4.5 Grafik Perubahann Angka Pori Dengan Variasi

Fly Ash..... IV-9

Gambar 4.6 Grafik gabungan antara variasi Fly Ash dengan

koefisien konsolidasi(c_v/t_{50}) IV-11

Gambar 4.7 Grafik gabungan antara variasi Fly Ash dengan

koefisien konsolidasi(c_v/t_{90}) IV-12

Gambar 4.8. Grafik gabungan antara variasi *Fly Ash* dengan

swellingIndeks (C_c)..... IV-14

Gambar 4.9. Grafik gabungan antara variasi *Fly Ash* dengan

Recomprension indeks (C_s) IV-15

DAFTAR NOTASI



ASTM	: American Society for Testing and Material
AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation Officials
C	: Cohesi
Clay	: Lempung
Gs	: Berat Jenis
IP	: Indeks Plastis
LL	: Batas Cair
PL	: Batas Plastis
Loose	: Lepas
Clay	: Lempung
Ww	: Berat air
Ws	: Betar butiran
Vw	: Volume Air
Ws	: Berat butiran padat
Ww	: Berat air
e	: Porositas
Vv	: Volume Rongga
Vs	: Volume Butiran
Wv	: Volume rongga

V : Volume total

γ_b : Berat volume basah

W : Volume butiran tanah

Subgrade : Tanah Dasar

G : Kerikil (*gravel*)

S : Pasir (*sand*)

C : Lempung (*clay*)

M Lanau (*silt*)

O : Lanau atau Lempung Organic (*organic silt or clay*)

Pt Gambut (*peat*)

W Bergradasi Baik (*well-graded*)

P : Bergradasi Buruk (*poor graded*)

H : Plastisitas Tinggi (*high-plasticity*)

L : Plastisitas Rendah (*low-plasticity*)

e : Angka Pori

CV : Koefisien Konsolidasi -

Cc : Indeks Pemampatan

Cs : Indeks Pengembangan

T.A : Tanah Asli

FA : Fly Ash

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Mendirikan bangunan di atas tanah lempung akan menimbulkan beberapa permasalahan, diantaranya kuat tekan tanah dan penurunan tanah. Terjadinya penurunan tanah apabila mengalami pembebanan di atasnya maka tekanan air pori akan naik sehingga air-pori keluar yang menyebabkan berkurangnya volume tanah, oleh karena itu akan terjadi penurunan signifikan pada tanah yang akan mempengaruhi berkurangnya daya dukung tanah untuk menahan beban yang ada di atas tanah tersebut. Pada tanah lempung jika menerima beban di atasnya akan mengalami penurunan yang tinggi dalam waktu lama hal ini dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada bangunan akibat penurunan yang berlebihan. Maka dari itu, diperlukannya perbaikan tanah guna untuk meningkatkan daya dukung tanah, salah satunya adalah dengan stabilisasi perbaikan tanah secara kimiawi. Salah satu parameter yang dapat diketahui apakah tanah tersebut daya dukungnya baik atau tidak, bisa dilihat dari nilai kuat tekan dan konsolidasi.

Dalam peningkatan kestabilan tanah biasanya digunakan Polypropylene Polymer (PP) yang harganya cukup mahal. Biaya yang mahal ini mengakibatkan peningkatan dari harga pembangunan. Untuk mengurangi tingginya biaya perbaikan tanah, dalam peningkatan

kestabilan tanah pada penelitian ini dilakukan pengujian stabilitas tanah dengan menggunakan *Fly Ash* sebagai bahan pencampur tanah.

Fly Ash adalah salah satu residu yang dihasilkan dalam pembakaran biasanya dari hasil pembakaran batu bara, *Fly Ash* biasanya ditangkap oleh filter partikel sebelum gas dibuang melalui cerobong asap, pengumpulan *Fly Ash* ini tujuannya adalah untuk mencegah polusi udara, ketersediaan *Fly Ash* yang berlimpah memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai material konstruksi bangunan.

Pemanfaatan *Fly Ash* lebih mudah dari pada *bottom ash* karena *Fly Ash* ukurannya sudah relatif kecil, sedangkan untuk *bottom ash* yang masih dalam bentuk bongkahan maka harus mengalami perlakuan pengecilan ukuran (*size reduction treatment*) sebelum dimanfaatkan lebih lanjut. Selain itu *bottom ash* yang masih mengandung kalori masih dapat digunakan kembali sebagai bahan bakar, sehingga penggunaan *Fly Ash* untuk stabilisasi lebih mudah dan lebih melestarikan lingkungan karena *bottom ash* masih dapat digunakan kembali.

Dari uraian tersebut diatas menjadi latar belakang untuk mengadakan penelitian di laboratorium dan menuliskannya dalam bentuk tugas akhir yang berjudul

“ANALISA NILAI KONSOLIDASI PADA TANAH LEMPUNG YANG DI CAMPUR DENGAN VARIASI *FLY ASH*”

1.2. Rumusan Masalah

Penggunaan *Fly Ash* pada penelitian ini dianggap perlu sebagai bahan pengganti semen dikarenakan memiliki kandungan senyawa silika

yang dapat mempengaruhi kekuatan tanah lempung . Dengan pertimbangan tersebut dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengujian karakteristik tanah untuk memastikan tanah yang di uji adalah tanah lempung.
2. Melakukan pengujian konsolidasi dengan menggunakan *Fly Ash* sebagai bahan stabilisasi tanah lempung.
3. Berapa besarnya nilai konsolidasi tanah lempung dengan menggunakan variasi *Fly Ash*.

1.3 Manfaat Dan Tujuan

1.3.1 Manfaat

- a. Dapat memberikan suatu wawasan tentang pengaruh nilai konsolidasi yang telah distabilisasi dengan *Fly Ash*.
- b. Dapat memberikan *alternative* lain dalam menggunakan bahan tambah stabilisasi tanah dengan menggunakan *Fly Ash*.

1.3.2 Tujuan

- a. Untuk mengetahui pengaruh penambahan *Fly Ash* pada tanah lempung lunak terhadap konsolidasi.
- b. Untuk mengetahui variasi yang pengaruhnya paling baik terhadap konsolidasi tanah lempung lunak.

1.4 Pokok Bahasan Dan Batasan Masalah

1.4.1 Pokok Bahasan

Analisa Nilai Konsolidasi Pada Tanah Lempung Lunak Yang Di Campur Dengan Variasi *Fly Ash*.

1.4.2 Batasan Masalah

Penulisan skripsi ini dibatasi pada hal – hal sebagai berikut :

1. Penelitian hanya terbatas pada sifat fisik dan mekanis tanah lempung lunak.
2. Tidak meneliti sifat kimia pada *Fly Ash*.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini terdiri dari lima bab yang berurutan sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini merupakan pendahuluan yang menguraikan latar belakang masalah, rumusan masalah, maksud dan tujuan penulisan, ruang lingkup penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II : KAJIAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang teori-teori pendukung mengenai penelitian yang dilakukan.

BAB III : METODE PENELITIAN

Bab ini membahas tentang bagan alur penelitian, bahan, lokasi, dan waktu penelitian, metode pengambilan sampel, persiapan bahan campuran dan pembuatan benda uji.

BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang hasil rekapitulasi data, analisa rancangan campuran , hasil pengtesan benda uji serta pembahasan hasil penelitian.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan penutup yang memberikan kesimpulan dan saran-saran yang diharapkan sesuai dengan tujuan dan manfaat penulisan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Lempung

Tanah lempung dan mineral lempung adalah tanah yang memiliki partikel mineral tertentu yang “menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air” (Grim, 1953). Partikel-partikel tanah berukuran yang lebih kecil dari 2 mikron ($=2\mu$), atau <5 mikron menurut sistem klasifikasi yang lain, disebut saja sebagai partikel berukuran lempung daripada disebut lempung saja. Partikel-partikel dari mineral lempung umumnya berukuran koloid ($<1\mu$) dan ukuran 2μ merupakan batas atas (paling besar) dari ukuran partikel mineral lempung.

Untuk menentukan jenis lempung tidak cukup hanya dilihat dari ukuran butirannya saja tetapi perlu diketahui mineral yang terkandung didalamnya. ASTM D-653 memberikan batasan bahwa secara fisik ukuran lempung adalah partikel yang berukuran antara 0,002 mm samapi 0,005 mm.

Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung (Hardiyatmo, 1999) adalah sebagai berikut :

1. Ukuran butir halus, kurang dari 0,002 mm
2. Permeabilitas rendah
3. Kenaikan air kapiler tinggi
4. Bersifat sangat kohesif
5. Kadar kembang susut yang tinggi
6. Proses konsolidasi lambat

Kebanyakan jenis tanah terdiri dari banyak campuran atau lebih dari satu macam ukuran partikel. Tanah lempung belum tentu terdiri dari partikel lempung saja, akan tetapi dapat bercampur butir-butiran ukuran lanau maupun pasir dan mungkin juga terdapat campuran bahan organik.

Tanah berbutir halus dibagi dalam Lanau (M), Lempung (C) yang didasarkan pada batas cair dan indeks plastisitasnya. Tanah Organik juga termasuk dalam kelompok tanah berbutir halus.

Konsistensi dari tanah lempung dan tanah kohesif lainnya sangat dipengaruhi oleh kadar air. Indeks plastisitas dan batas cair dapat digunakan untuk menentukan karakteristik pengembangan. Karakteristik pengembangan hanya dapat diperkirakan dengan menggunakan indeks plastisitas, (*Holtz dan Gibbs, 1962*).

Dikarenakan sifat plastis dari suatu tanah disebabkan oleh air yang terserap disekeliling permukaan partikel lempung, maka dapat diharapkan bahwa tipe dan jumlah mineral lempung yang dikandung didalam suatu tanah akan mempengaruhi batas plastis dan batas cair tanah yang bersangkutan

2.1 .1 Tinjauan Umum Tanah

Tanah adalah bahan lepas atau endapan lunak (diluar batuan) yang terdapat pada permukaan bumi sebagai hasil pelapukan atau penghancuran batuan, atau pembusukan tumbuhan. Sebagai produk pelapukan, endapan partikel padat dapat dijumpai dekat atau langsung di

atas batuan dasar (disebut tanah residual) atau dalam bentuk endapan organic (disebut tanah kumulus).

2.1.2 Tekstur Tanah

Tekstur, atau ukuran butir, seringkali mempunyai peranan yang penting dalam pengklasifikasian tanah serta mempengaruhi sifat-sifat teknis tanah. Secara umum, tekstur telah digunakan untuk membagi tanah menjadi dua kelompok besar, yaitu tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus. Ukuran dan distribusi butir-butir mineral yang terdapat pada suatu tanah tergantung pada banyak faktor, termasuk komposisi mineral, cuaca, lamanya pelapukan dan cara pemindahan.

Sesuai dengan ukuran butirnya, tanah berbutir kasar dibagi menjadi bongkah (boulder), kerikil (gravel) dan pasir.

Tanah berbutir halus dibagi menjadi lanau dan lempung. Butir-butir yang membentuk lanau dan lempung mempunyai ukuran yang sangat kecil sehingga tidak bisa dibedakan dengan mata telanjang. Sifat - sifat teknis lanau dan lempung lebih dipengaruhi oleh kekuatan permukaan dan kekuatan listrik butiran dari pada oleh kekuatan gravitasi sebagaimana yang berlaku pada tanah berbutir kasar. Oleh karena itu, tekstur tanah berbutir halus mempunyai pengaruh yang lebih kecil terhadap sifat-sifat teknis dari pada tekstur tanah berbutir kasar. Lanau biasanya mempunyai plastisitas yang lebih rendah daripada lempung .Sesuai dengan Klasifikasi Unified, ukuran tekstur tanah ditunjukkan pada Tabel 2.1. Perbedaan utama antara lanau dengan lempung adalah plastisitasnya. Lanau pada

dasarnya terbentuk melalui pelapukan mekanis, sehingga sebagian besar sifat-sifatnya menyerupai sifat-sifat bahan induknya, sedangkan lempung dihasilkan melalui pelapukan mekanis dan kimia dan pada dasarnya berukuran kolodial.

Tabel 2.1. Ukuran tekstur tanah

TEKSTUR TANAH	UKURAN
<ul style="list-style-type: none"> • Bongkah (<i>cobbles</i>) • Kerikil <ul style="list-style-type: none"> • Kerikil kasar • Kerikil halus • Pasir <ul style="list-style-type: none"> • Pasir kasar • Pasir sedang • Pasir halus • Tanah berbutir halus (lanau atau lempung) 	<p style="text-align: center;">Lebih besar dari 75 mm (3 in)</p> <p>75 mm (3 in) sampai 4,76 mm (No. 4)</p> <p>75 mm (3 inci) sampai 19 mm ($\frac{3}{4}$ in)</p> <p>19 mm ($\frac{3}{4}$ in) sampai 4,476 mm (No. 4)</p> <p>4,76 mm (No. 4) sampai 0,074 mm (No. 200)</p> <p>4,76 mm (No. 4) sampai 2 mm (No. 10)</p> <p>2 mm (No. 10) sampai 0,42 mm (No. 40)</p> <p>0,42 mm (No. 40) samapi 0,074 mm (No. 200)</p> <p style="text-align: center;">Lebih kecil dari 0,074 mm (No. 200)</p>

(Sumber: Yoder, 1975)

2.1.3 Klasifikasi Tanah

Analisis ukuran butiran merupakan bagian yang penting dari sebagian besar klasifikasi tanah. Klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda tetapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok dan sub kelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan diantaranya yaitu sebagai berikut :

a. Sistem Klasifikasi AASHTO (*American Association Of State Highway And Transportation Officials*)

Menurut AASHTO tanah diklasifikasikan ke dalam tujuh kelompok besar, yaitu A-1 sampai A-7. Tanah dengan klasifikasi A-1, A-2 dan A-3 adalah tanah berbutir yang kurang dari 35% tanah tersebut lolos ayakan No.200. Tanah A-1 granuler yang bergradasi baik, sedangkan A-3 adalah pasir yang bergradasi buruk. Tanah A-2 termasuk tanah granuler, tatapi

masih terdiri atas lanau dan lempung. Tanah berbutir halus klasifikasi A-4, A-5, A-6 dan A-7 adalah tanah yang lebih dari 35% dari butirannya lolos ayakan No. 200, tanah lempung-lanau.

Adapun ukuran butir dibagi menjadi kerikil, pasir, lanau dan lempung yaitu

- 1) Kerikil yaitu bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 75 mm dan tertahan pada ayakan diameter 2 mm.
- 2) Pasir yaitu bagian yang lolos ayakan dengan diameter 2mm dan tertahan pada ayakan diameter 0,075 mm.
- 3) Lanau dan lempung yaitu bagian tanah yang lolos ayakan 0,075 mm.

Tabel 2.2. Klasifikasi AASHTO M145-82 untuk Lapisan Tanah Dasar Jalan Raya

Klasifikasi Umum	Material berbutir (<35% lolos saringan no.200)							Tanah lanau-lempung (>35% lolos saringan no.200)			
	A-1		A-3	A-2							A-7
Klasifikasi Kelompok	A-1-a	A-1-B		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7-5 A-7-6
Analisis ayakan (% lolos)	50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
No. 10	ma	50	51	---	---	---	---	---	---	---	---
No. 40	ks	mak	maks	---	---	---	---	---	---	---	---
No. 200	30	ma	10	35	35	35	35	36	36	36	36
	ma	s	10	35	35	35	35	36	36	36	36
	ks	25	Maks	mak	mak	mak	mak	mi	mi	mi	Min
	15	mak		s	s	s	s	n	n	n	
	ma	s									
	ks										
Sifat Fraksi yang lewat : # No.40	-----		-----								
Batas Cair (LL)	-----		-----	40	41	40	41	40	40	40	41
	-----		-----	mak	min	Mak	min	ma	mi	Ma	Min
	-----		-----	s	min	S	min	x	n	x	Min
Indeks Plastisitas	6 maks		N.P	10	10	11	11	10	10	11	12
	6 maks		N.P	mak	mak	Min	min	ma	ma	mi	Min
	6 maks		N.P	s	s			x	x	n	
Indeks kelompok (GI)	0		0	0 maks			4 maks	8	12	16	20
	0		0	maks			maks	maks	maks	maks	Maks
Jenis Umum	Fragmen batuan Kerikil dan Pasir		Pasir Halus	Kerikil atau pasir lanauan atau lempung				Tanah lanau		Tanah Lempung	
Tingkat umum sebagai Tanah Dasar	Sangat baik sampai baik							Cukup baik sampai Buruk			

Sumber : (Braja M Das, 1995)

Catatan : Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plastisnya (PL)

Untuk $PL > 30$ klasifikasinya A-7-5

Untuk $PL < 30$ klasifikasinya A-7-6

np = non plastis

$$GI = (F-35)((0.2+0.005(LL-40))+0.01(f-15)(PI-10))$$

Dengan :

GI = Indeks kelompok

LL = Batas cair

F = Persen material lolos saringan no.200

PI = Indeks plastisitas

b. Sistem Klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*)

Sistem klasifikasi tanah USCS (*Unified Soil Classification System*) merupakan metode klasifikasi tanah berdasarkan hasil laboratorium yang cukup banyak dipakai secara meluas. Sistem Unified membagi tanah ke dalam dua kelompok utama:

- a. Tanah berbutir kasar (*Coarse-Grained-Soil*), yaitu tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan no.200. Simbol dari kelompok ini di mulai dengan huruf awal G adalah untuk kerikil (*Gravel*) atau tanah berkerikil dan S adalah untuk pasir (*Sand*) atau tanah berpasir.
- b. Tanah berbutir halus (*Fine-Grained-soil*), yaitu tanah dimana lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan no.200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal "M" untuk lanau (*Silt*)

anorganik, C untuk lempung (*Clay*) anorganik dan O untuk lanau-organik dan lempung-organik. Simbol PT digunakan untuk tanah gambut (*Peat*), muck, dan tanah-tanah lain dengan kadar organik yang tinggi.

Simbol-simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi USCS adalah :

W = gradasi baik (*well graded*)

P = gradasi buruk (*poor graded*)

L = plastisitas rendah (*low plasticity*)($LL < 50$)

H = plastisitas tinggi (*high plasticity*) ($LL > 50$)

Klasifikasi tanah berbutir kasar di tandai dengan simbol kelompok seperti : GW,GP,GM,GC,SW,SP,SM, dan SC. Sedangkan klasifikasi tanah berbutir halus dengan simbol ML,CL,OL,MH,CH, dan OH.Tanah berbutir kasar dapat berupa salah satu di bawah ini :

1. Kerikil apabila lebih dari setengah fraksi kasar tertahan pada saringan no.200.
2. Pasir apabila lebih dari setengah fraksi kasar berada diantara ukuran no.4 dan no.200.

Sedangkan untuk tanah berbutir halus tidak cukup dengan melakukan analisa saringan untuk menentukan klasifikasinya, harus dilakukan uji batas-batas atterberg. Kemudian menggambar batas cair dan indeks plastisitas tanah yang bersangkutan pada bagan plastisitas seperti pada tabel dibawah:

Tabel 2.3. Klasifikasi Tanah Sistem USCS

Divisi Utama	Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi
Tanah berbutiran kasar ≥ 50% butiran tertahan saringan No. 200 Kerikil 30% ≥ fraksi kasar Tertahan saringan No. 4 Pasir ≥ 50% fraksi kasar lolos saringan No. 4	Kerikil berair (banyak kerikil)	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
		GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
	Kerikil dengan Butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung
	Pasir berair (banyak pasir)	SC	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
		SW	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
		SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
	Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau
			Pasir berlempung, campuran pasir-lempung
	Tanah berbutiran halus 50% atau lebih lolos saringan No. 200	Lanau dan lempung butas cair ≤ 50%	ML
CL			Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clay</i>)
OL			Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah
Lanau dan lempung butas cair ≥ 50%		MH	Lanau anorganik atau pasir halus distomae, atau lanau distomae, lanau yang elastis
		CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fat clay</i>)
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi		PT	Peat (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi

Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus, Kurang dari 5%	lolos saringan no. 200: SM, SC, 5% - 12% lolos
$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$
$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$

Diagram Plastisitas:
Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutiran halus dan kasar. Batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.

Batas Cair LL (%)
Garis A : $PI = 0.73 (LL - 20)$

Sumber : Hardiyatmo, Hary Christady, 2010

2.1.4 Karakteristik Tanah Lempung

Lempung adalah istilah yang dipakai untuk menyatakan tanah yang berbutir halus yang sifatnya yaitu memiliki sifat kohesi, plastisitas tinggi, tidak memperlihatkan sifat dilatasi, umumnya berwarna coklat muda dan tidak mengandung jumlah bahan kasar yang berarti. Sifat kohesi menunjukkan kenyataan bahwa bagian-bagian itu melekat satu sama lainnya, sedangkan plastisitas adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu dirubah-rubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya dan tanpa terjadi retakan-retakan atau terpecah-pecah.

Mineral lempung terbentuk dari pelapukan akibat reaksi kimia yang menghasilkan susunan kelompok partikel berukuran kaloid dengan diameter butir lebih kecil dari 0,002 mm (*Hardiyatmo, 2012, hal. 24*).

Partikel lempung berbentuk seperti lembaran yang mempunyai permukaan khusus karena itu tanah lempung mempunyai sifat sangat dipengaruhi oleh gaya-gaya permukaan. Secara umum mineral lempung terdiri atas kelompok-kelompok *montmorillonite*, *illite* dan *kaolinite*. Ketiga mineral tersebut membentuk kristal Hidro Aluminium Silikat, namun demikian ketiga mineral tersebut mempunyai sifat dan struktur dalam yang berbeda satu dengan lainnya, yaitu :

- 1) Mineral *Montmorillonite*, mempunyai sifat pengembangan yang sangat tinggi, sehingga tanah lempung yang mengandung mineral ini akan mempunyai potensi pengembangan yang sangat tinggi.
- 2) Mineral *Illite*, mineral ini mempunyai sifat pengembangan yang sedang sampai tinggi, sehingga material lempung yang

mengandung mineral ini mempunyai sifat pengembangan yang medium.

- 3) Mineral *Kaolinite*, mempunyai ukuran partikel yang lebih besar dan mempunyai sifat pengembangan yang lebih kecil.

Yang dimaksud dengan tanah lempung (clay) adalah jenis tanah yang partikelnya berdiameter lebih kecil dari 2 (dua) mikro (1mikron= 10^{-3} mm) menurut (*Darwis, 2001: Bukub ajar universitas 45 makassar,hal.14*), tanpa membedakan susunan mineral yang terdapat dalam tanah tersebut.

Perilaku pada tanah lempung sangat dipengaruhi oleh aktifitas permukaan partikelnya. Sifat-sifat teknis tanah (soil properties) seperti kohesi dan plastisitas, adalah merupakan hasil dari aktifitas permukaan partikel. Partikel tanah lempung mempunyai permukaan khas (specific surface) yang sangat besar, yang disebabkan oleh karena bentuk dan lipatan permukaan partikel lempung yang sangat bervariasi.

2.2 Fly Ash

Fly ash batubara adalah material yang memiliki ukuran butiran yang halusberwarna keabu-abuan dan diperoleh dari hasil pembakaran batubara (Wardani, 2008). *Fly ash* merupakan residu mineral dalam butir halus yang terdiri dari bahan inorganik yang terdapat di dalam batu bara dan telah mengalami fusi selama pembakarannya.partikel-partikel *fly ash* umumnya terdiri dari butiran halus yang umumnya berbentuk bola padat atau berongga. Ukuran partikel *fly ash* hasil pembakaran batubara

bituminous lebihkecil dari 0,075 mm. Kerapatan *fly ash* berkisar antara 2100 sampai 3000 kg/m³ dan luas area spesifiknya antara 170 sampai 1000 m²/kg (Marinda P, 2008). *Fly ash* batubara mengandung unsur kimia antara lain silika (SiO₂), alumina (Al₂O₃), fero oksida (Fe₂O₃) dan kalsium oksida (CaO), juga mengandung unsur tambahan lain yaitu magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO₂), alkalin (Na₂O dan K₂O), sulfur trioksida (SO₃), pospor oksida (P₂O₅) dan karbon

Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat fisik, kimia dan teknis dari *flyash* adalah tipe batubara, kemurnian batubara, tingkat penghancuran, tipe pemanasan dan operasi, metoda penyimpanan dan penimbunan (Wardani, 2008). Adapun komposisi kimia dan klasifikasinya seperti dapat dilihat pada Tabel dibawah ini .

Tabel 2.4 Komposisi dan Klasifikasi *Fly Ash*

Komponen	Bituminus	Subbituminus	Lignit
SiO ₂	20-60	40-60	15-45
Al ₂ O ₃	May-35	20-30	20-25
Fe ₂ O ₃	Oct-40	10-Apr	15-Apr
CaO	12-Jan	30-May	15-40
MgO	0-5	6-Jan	10-Mar
SO ₃	0-4	0-2	0-10
Na ₂ O	0-4	0-2	0-6
K ₂ O	0-3	0-4	0-4

Sumber : Wardani, 2008.

Pembakaran batubara lignit dan subbituminous menghasilkan *fly ash* dengan kalsium dan magnesium oksida lebih banyak daripada bituminous, namun memiliki kandungan silika, alumina, dan karbon yang lebih sedikit daripada bituminous.

2.3 Stabilisasi Tanah

Stabilitas tanah adalah suatu cara yang digunakan untuk mengubah atau memperbaiki sifat tanah dasar sehingga diharapkan tanah tersebut mutunya dapat lebih baik. Hal tersebut dimaksudkan juga untuk dapat meningkatkan kemampuan daya dukung tanah dasar terhadap konstruksi yang di bangun di atasnya. Prinsip usaha stabilitas tanah adalah menambah kekuatan lapisan tanah sehingga bahaya keruntuhan dapat di perkecil atau membuat tanah menjadi lebih stabil dalam menerima beban yang dapat dikaji menjadi terjadinya tegangan dan regangan tanah. Umumnya stabilitas tanah dapat di bagi menjadi dua, yaitu :

a. Stabilitas mekanis

Stabilitas Mekanis atau stabilitas mekanikal dilakukan dengan mencampur atau mengaduk dua macam tanah atau lebih yang bergradasi berbeda untuk memperoleh material yang memenuhi syarat kekuatan tertentu. Pencampuran tanah ini dapat di lakukan dilokasi proyek, dipabrik atau ditempat pengambilan bahan timbunan (*borrow area*). Material yang telah di campurkan ini kemudian dihamparkan dan dipadatkan dilokasi proyek. Stabilitas mekanis juga dapat dilakukan dengan cara menggali

tanah buruk di tempat dan menggantinya dengan material granuler dari tempat lain.

b. Stabilitas dengan Bahan Tambah

Bahan-tambah (additives) adalah bahan hasil olahan pabrik yang ditambahkan ke dalam tanah dengan perbandingan yang tepat akan memperbaiki sifat sifat teknis tanah, seperti : kekuatan ,tekstur , kemudahan dikerjakan (workability) dan plastisitas .Contoh contoh bahan bahan tambah adalah : kapur , semen porland , abu terbang (Fly Ash) , aspal (bitumen) dan lain lain. Stabilitas tanah dengan menggunakan bahan tambah atau sering disebut stabilisasi kimiawi bertujuan untuk memperbaiki sifat sifat teknis dengan cara mencampur tanah dengan menggunakan bahan tambah perbandingan tertentu. Perbandingan campuran tergantung pada kualitas campuran yang diinginkan .Jika pencampuran hanya dimaksudkan untuk merubah gradasi dan plastisitas tanah dan kemudahan di kerjakan maka hanya memerlukan bahan tambah sedikit .Namun ,bila stabilitas dimaksudkan untuk merubah tanah agar mempunyai kekuatan tinggi , maka diperlukan bahan tambah yang lebih banyak .Material yang telah di campur dengan bahan tambah ini harus dihamparkan dan dipadatkan dengan baik.

2.3.1 Stabilitas Tanah dengan Fly Ash

Stabilitas tanah secara kimia pada saat ini banyak digunakan untuk memperbaiki tanah dasar yang jelek . Salah satu yang dikembang saat ini adalah stabilitas dengan Fly Ash (Abu Terbang). Sebagaimana pemanfaatan FA sebagai bahan tambah pada campuran beton.FA juga

dapat dimanfaatkan sebagai stabilitas tanah .Hal ini dimungkinkan karena material ini banyak mengandung unsur silikat dan aluminat sehingga dikategorikan sebagai pusolan (McCarthym DKK..2011) .

Pada prinsipnya yang dimaksudkan dengan Stabilitas Fly Ash adalah mencampurkan secara langsung antara Fly Ash dan tanah yang telah dihancurkan , kemudian menambahkannya dengan air kemudian dipadatkan .Dari hasil campuran Fly Ash , tanah , air ini dapat menghasilkan tanah yang memiliki sifat atau karakteristik teknis yang lebih baik dibandingkan sebelumnya (Brooks ,2009) .Jika abu terbang dicampur dengan bahan tanah , akan terjadi proses lekatan sementasi antara lain akibat pengaruh pozzolan atau akibat sifat pengerasan alami abu terbang karena kondisi pemadatan dan air yang ada. Dari penelitian terdahulu diperoleh manfaat dengan menggunakan abu terbang sebagai bahan stabilisasi dan bahan beton yaitu abu terbang dapat mengurangi kebutuhan air , memperbaiki kohesi ,mengurangi shrinkage dan permeabilitas tanah serta menambah kekuatan beton bermutu tinggi (K.W.Day) Stabilitas tanah dengan Fly Ash memberikan jumlah endapan yang paling sedikit dibandingkan dengan stabilitas tanah dengan kapur dan tanah tanpa stabilisasi.

Menurut ASTM C618 Fly Ash dibagi menjadi dua kelas yaitu :

- Fly Ash kelas F

Merupakan fly ash yang diproduksi dari pembakaran batubara anthracite atau bituminous , mempunyai sifat pozzolanic dan untuk mendapatkan sifat cementitious harus diberi penambahan quick lime,

hydrated lime, atau semen. Fly Ash kelas F ini kadar kapurnya rendah ($\text{CaO} < 10\%$).

- Fly Ash kelas C

Diproduksi dari pembakaran batubara lignite atau sub-bituminous selain mempunyai sifat pozzolanic juga mempunyai sifat self - cementing (kemampuan untuk mengeras dan menambah strength apabila bereaksi dengan air) dan sifat ini timbul tanpa penambahan kapur . biasanya mengandung kapur (CaO) $> 20\%$. Stabilitas tanah dengan penambahan fly ash biasanya digunakan untuk tanah lunak , subgrade tanah kelempungan dibawah jalan yang mengalami beban pengulangan (repeated loading). Perbaikan tanah ini biasa menggunakan fly ash kelas C maupun kelas F . jika menggunakan fly ash kelas F diperlukan bahan tambahan kapur atau semen , sedangkan jika menggunakan fly ash kelas C tidak diperlukan bahan tambahan semen atau kapur karena fly ash kelas C mempunyai sifat self cementing.

Faktor Faktor yang mempengaruhi sifat fisik, kimia dan teknik dari fly ash adalah tipe batubara, kemurnian batubara, tingkat penghancuran, tipe pemanasan dan operasi, metode penyimpanan dan penimbunan.

2.4 konsolidasi (*consolidation test*)

Konsolidasi adalah suatu proses pengecilan volume secara perlahan-lahan pada tanah jenuh sempurna dengan permeabilitas rendah akibat pengaliran sebagian air pori. Dengan kata lain. Pengertian konsolidasi adalah proses terperasnya air tanah akibat bekerjanya beban, yang terjadi sebagai fungsi waktu karena kecilnya permeabilitas tanah.

Proses ini berlangsung terus sampai kelebihan tekanan air pori yang disebabkan oleh kenaikan tegangan total telah benar-benar hilang. Kasus yang paling sederhana adalah konsolidasi satu dimensi, dimana kondisi regangan lateral nol mutlak ada. Proses konsolidasi dapat di amati dengan persamaan piezometer, untuk mencatatat perubahan tekanan air pori dengan waktunya. Besarnya penurunan dapat diukur dengan berpedoman pada titik referensi ketinggian pada tempat tertentu.

2.4.1 Analogi konsolidasi 1-D (satu dimensi)

Mekanisme proses konsolidasi satu dimensi (one dimensional consolidation) dapat digambarkan dengan cara analitis seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut. Silinder berpiston yang berlubang dan dihubungkan dengan pegas, diisi air sampai memenuhi silinder, pegas dianggap bebas dari tegangan-tegangan dan tidak ada gesekan antara dinding silinder dengan tepi piston melukiskan air pori, dan lubang pada piston melukiskan kemampuan tanah dalam meloloskan air atau permeabilitas tanahnya. Gambar 2.3 a melukiskan kondisi dimana sistem dalam keseimbangan. Kondisi ini identic dengan lapisan tanah yang dalam keseimbangan dengan tekanan overburden. Alat pengukuran tanah yang dihubungkan dengan silinder memperhatikan tekanan hidrostatik u_0 . Pada lokasi tertentu didalam tanah.

Dalam gambar 2.3 b tekanan $\Delta\sigma$ dikerjakan diatas piston dengan posisi katup V tertutup. namun akibat tekanan ini, piston tetap tidak bergerak, karena air tidak dapat keluar dari tabung, sedangkan air tidak

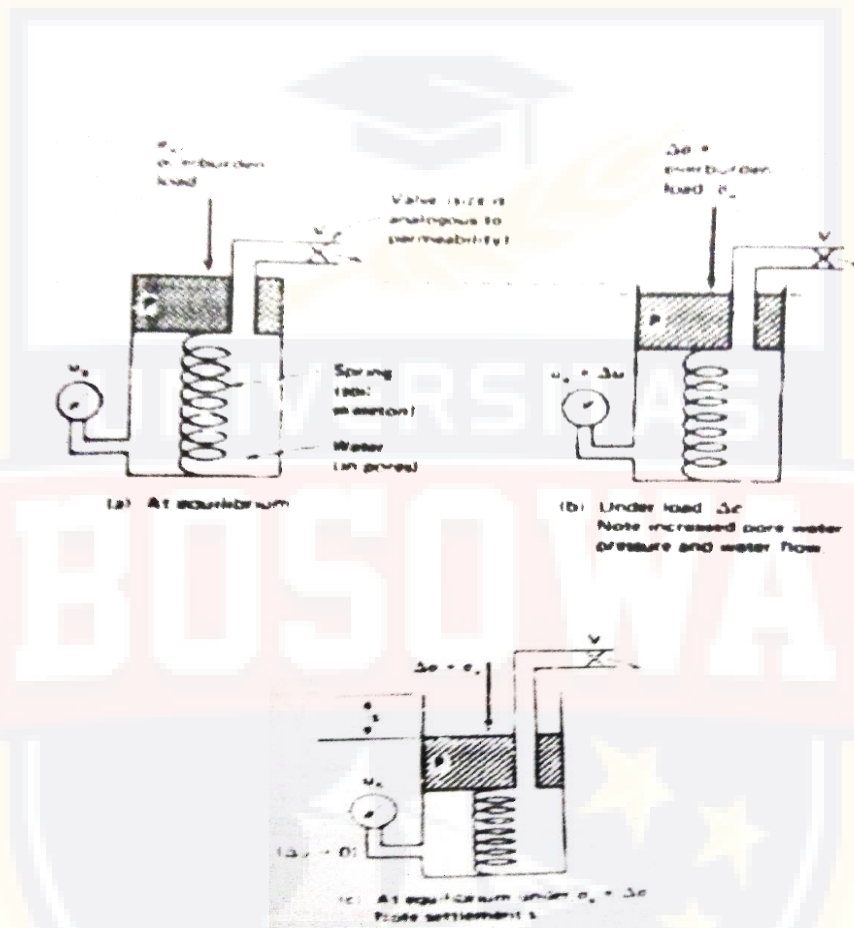
dapat mampat. Pada kondisi ini, tekanan yang bekerja pada air tidak dapat di pindahkan ke pegas, tapi sepenuhnya didukung oleh air. Pengukuran tekanan air pada silinder menunjukkan kenaikan tekanan sebesar $\Delta u = \Delta \sigma$, atau pembacaan tekanan sebesar $u_0 + \Delta \sigma$. Kenaikan tekanan air pori Δu tersebut disebut kelebihan tekanan air pori (excess pore water pressure). Kondisi pada kedudukan katup V tertutup ini melukiskan kondisi tak terdrainasi (undrained di dalam tanah).

Dalam gambar 2.3 c. katup telah dibuka, sehingga air dapat keluar lewat lubang piston dengan kecepatan yang dipengaruhi oleh luas lubang. Keluarnya air piston menyebabkan bergerak kebawah, sehingga pegas secara beransur-ansur mendukung tekanan akibat $\Delta \sigma$ didalam silinder berkurang. Kedudukan ini melukiskan tanah sedang berkosolidasi.

Akhirnya pada suatu saat, tekanan air pori nol dan seluruh tekanan $\Delta \sigma$ didukung oleh pegas dan piston tidak turun lagi. Kedudukan ini melukiskan tanah telah dalam kondisi terdrenase (drained) dan kosolidasi telah berakhir.

Pada sembarang waktunya, tekanan yang terjadi pada pegas identic dengan kondisi tegangan efektif dalam tanah. Sedangkan air dalam silinder identic dengan tekanan air pori. Kenaikan tegangan $\Delta \sigma$ akibat beban yang diterapkan, identic dengan tambahan tegangan normal yang bekerja. Gerakan piston menggambarkan perubahan volume tanah, dimana gerakan ini di pengaruhi oleh kompresibilitas pegas, yaitu ekuivalen dengan kompresibilitas tanah.

Walaupun model piston pegas ini agak kasar, tapi cukup menggambarkan apa yang terjadi bila tanah kohesif jenuh di bebani di laboratorium maupun di lapangan.

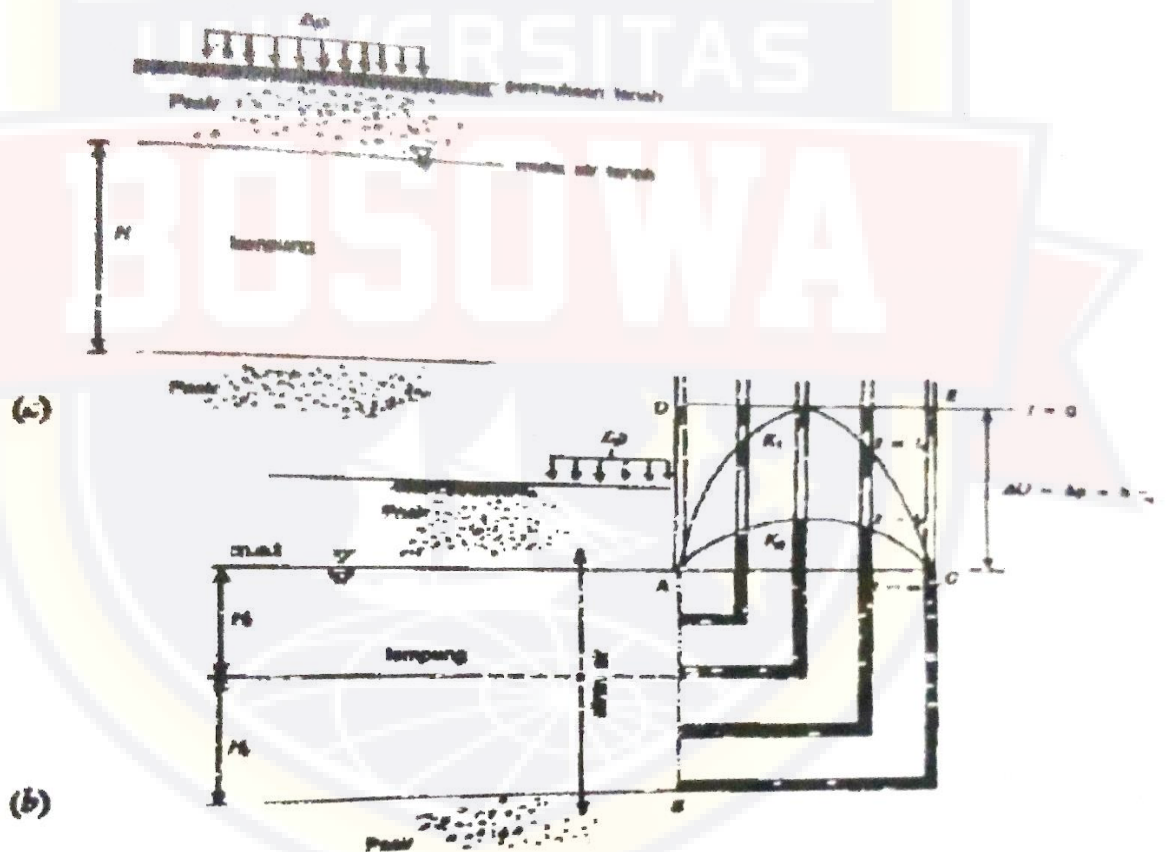


Gambar 2.1. Analogi konsolidasi

Sebagai contoh nyata kajian konsolidasi di lapangan dapat dilihat pada gambar berikut. Disini perhitungkan suatu fondasi yang di bangun di atas tanah lempung jenuh yang diapit oleh tanah pasir dengan tinggi muka air tanah di batas lapisan lempung sebelah atas. Segerah setelah pembebanan, lapisan lempung mengalami kenaikan tegangan sebesar $\Delta\sigma$. Air pori di lapisan lempung ini di anggap dapat mengalir dengan baik ke

lapisan pasir dan arah air hanya ke atas dan ke bawah saja. Dianggap pula bahwa besarnya tambahan tegangan $\Delta\sigma$ sama di sembarang kedalaman lapisan lempung.

Jalanya kondisi dapat diamati lewat pipa-pipa piezometer yang di pasang sepanjang kedalaman tanah lempung, sedemikian hingga tinggi air dalam pipa piezometer menyatakan kelebihan tekanan air pori (excess pore water pressure) di lokasi pipa dipasang.



Gambar 2.2. reaksi tekanan air pori terhadap beban fondasi

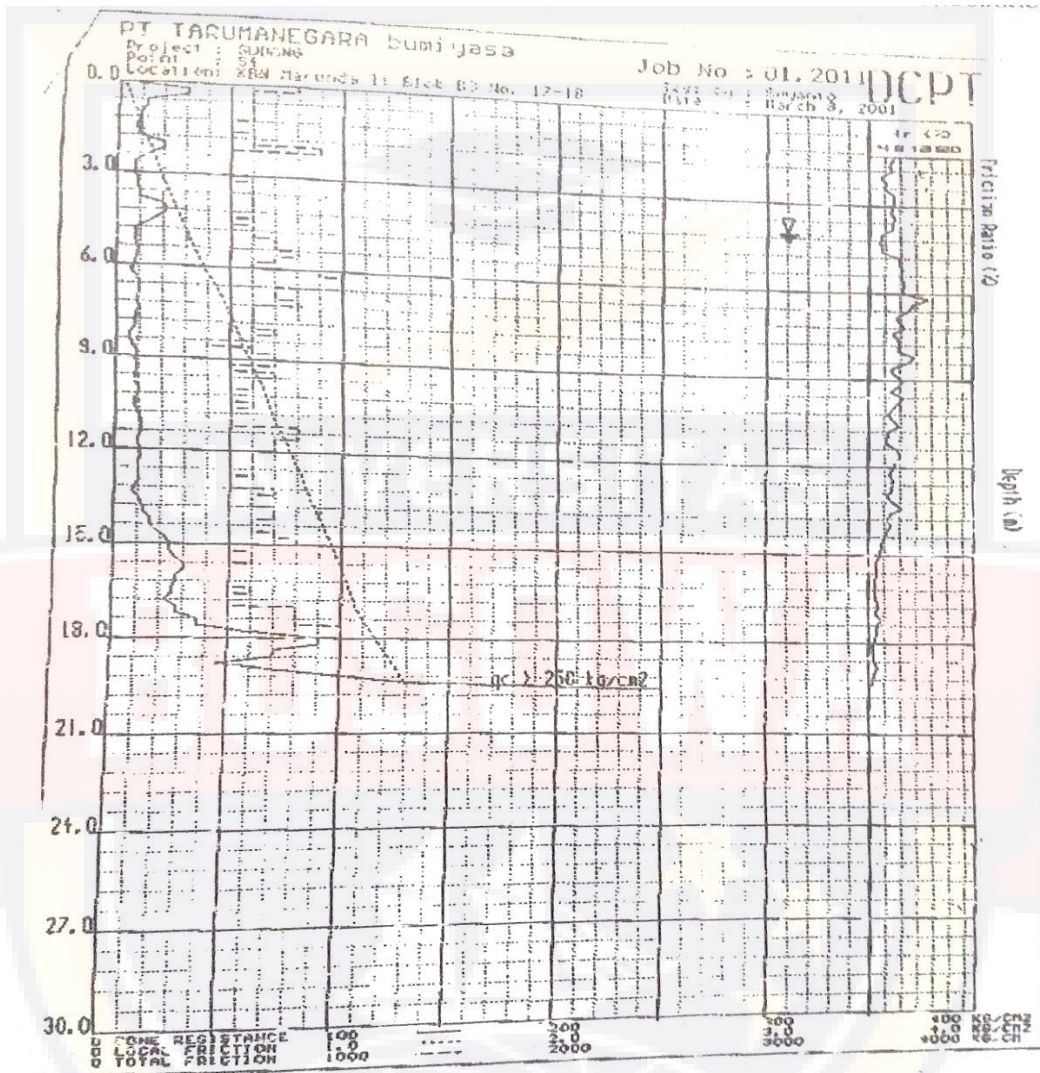
a) fondasi pada tanah lempung jenuh

b) diagram perubahan tekanan air pori terhadap waktu

akibat tambahan tekanan $\Delta\sigma$, yaitu segera setelah beban bekerja, tinggi air dalam pipa piezometer naik setinggi $h = \Delta\sigma/YW$ (atau terdapat kenaikan tekanan air pori sebesar $\Delta\sigma = h YW$ yang dinyatakan oleh garis DE ini dinyatakan distribusi kelebihan air pori awal. Dalam waktu tertentu, tekanan air pori yang lebih dekat berkurang, sedangkan tekanan air pori lapisan lempung di bagian tengah masih tetap. Kedudukan ini di tunjukkan oleh kurva K1. Dalam tahapan waktu sesudahnya, ketinggian air dalam pipa di tunjukkan dalam pipa kurva K2. Setelah waktu yang lama, tinggi air dalam pipa piezometer mencapai kedudukan yang sama dengan kedudukan muka air tanah awal saat sebelum pembebanan (garis AC). Kedudukan garis AC ini menunjukkan proses konsolidasi telah selesai, yaitu ketika kelebihan tekanan air pori (Δu) telah nol.

Pada awalnya, tiap kenaikan beban didukung sepenuhnya oleh tekanan air pori (Δu) yang besarnya sama dengan $\Delta\sigma$. Dalam kondisi demikian tidak ada perubahan tegangan efektif di dalam tanah. Setelah air pori sedikit demi sedikit keluar dari rongga pori tanah lempung, secara berangsur-angsur tanah mampat, dan beban perlahan-lahan di transfer ke butiran tanah, sehingga tegangan efektif bertambah. Akhirnya kelebihan tekanan air pori menjadi nol. Pada kondisi ini, tekanan air pori sama sama dengan tekanan hidrostatik yang diakibatkan oleh air tanahnya.

Contoh hasil sondir untuk tanah yang berpotensi mengalami penurunan konsolidasi



2.4.2 Konsolidasi Normal Dan Konsolidasi Berlebih

Istilah *normally consolidated* dan *over consolidated* digunakan untuk menggambarkan suatu sifat penting pada dari tanah lempung. Lapisan tanah lempung biasanya terjadi dari proses pengendapan. Selama proses pengendapan, lempung mengalami proses konsolidasi atau penurunan, akibat tekanan tanah yang berada di atasnya. Lapisan-

lapisan tanah yang berada di atas ini suatu ketika mungkin kemudian hilang akibat proses alam. Hal ini berarti tanah lapisan bagian bawah pada suatu saat dalam sejarah geologinya pernah mengalami konsolidasi akibat dari tekanan yang lebih besar dari sekarang. Tanah semacam ini di sebut tanah *overconsolidated* (OC) atau terkonsolidasi berlebihan. Kondisi lain, bila tegangan efektif yang bekerja pada suatu titik didalam tanah pada waktu sekarang merupakan tegangan maksimumnya (atau tanah tidak pernah mengalami tekanan yang lebih besar dari tekanan pada waktu sekarang), maka lempung disebut pada kondisi *normally consolidate* (NC) atau terkonsolidasi normal.

Jadi lempung pada kondisi *normally consolidated*, bila tekanan pra konsolidasi (*preconsolidation pressure*) atau tekanan konsolidasi sama dengan tekanan overburden efektif. Sedangkan lempung pada kondisi *overconsolidated*, jika prekonsolidasi lebih besar dari tekanan overburden efektif yang ada pada waktu sekarang. Nilai banding overconsolidation (overconsolidation ratio, OCR) didefinisikan sebagai nilai banding prakonsolidasi terhadap tegangan efektif yang ada, atau bisa ditanyakan dalam persamaan

$$\text{OCR} = \text{overconsolidation ratio} = \frac{\sigma_c}{\sigma_c'} \dots\dots\dots (II.1)$$

Yang mana :

σ_c = preconsolidation pressure

σ_c' = effective overburden pressure

menurut riwayat pembebanannya telah dibedakan atas:

- *Normally consolidated* $OCR = 1$
- *Over consolidated* $OCR > 1$
- *Under consolidated* $OCR < 1$

Tekanan dikatakan dalam kondisi underconsolidated jika tanah tersebut sedang mengalami kondisi, tidak stabil. Tanah dalam proses dalam pembentukan (baru diendapkan) dan belum sampai pada kondisi setimbang.

Tanah dalam kondisi overconsolidated terjadi akibat :

- Perubahan tegangan total yang terjadi karena erosi, penggalian, melelehnya lapisan salju yang menutupi.
- Perubahan tekanan pori karena penguapan oleh pohon-pohon, pemompaan air tanah dalam, pengaliran air ke lorong saluran, dan pengeringan lapisan permukaan.

2.4.3 Uji Konsolidasi

Tujuan uji konsolidasi adalah :

Menstimulasi kompresi dari tanah akibat bekerjanya beban sehingga diperoleh karakteristik kompresi (compression characteristic) dari tanah yang akan di hitung untuk menghitung penurunan.

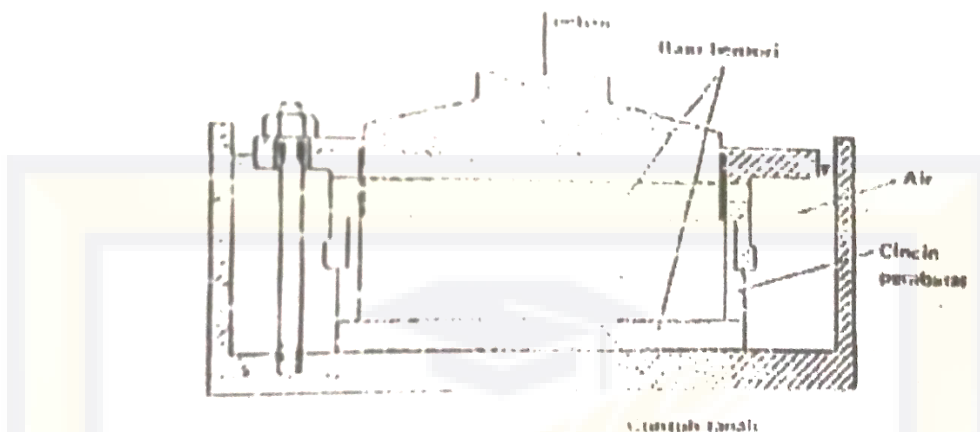
Uji konsolidasi *satu-dimensi* dengan Tekagan lateral dilakukan di laboratorium terhadap contoh tanah butir halus. Beban diberikan dengan

waktu tertentu sesuai prosedur, dan kompresin yang terjadi diakibatkan oleh keluarnya air pori.

Hal-Hal Yang Perhatikan Dalam Uji Konsolidasi

- a) Tes konsolidasi dilakukan terhadap contoh tak-terganggu
- b) Sampel yang dipilih merupakan sampel yang mewakili pada kedalaman dan lapisan tertentu.
- c) Pembebanan dilakukan sesuai dengan prosedur, biasanya kenaikan beban berjalan dengan deret ukur, yaitu 25, 50, 100, 200, 400, 800, 1600 (kadang-kadang sampai 3200) kPa, atau 5, 10, 20, 40, 80, 1600..... dst. kPa.

Karakteristik suatu tanah selama terjadi konsolidasi satu dimensi atau pemuaian ditentukan dengan menggunakan uji oedometer gambar 3 memperlihatkan penampang melintang oedometer. Contoh tanah yang berbentuk piringan tahan di dalam sebuah cincin logam dan diletakan diantara dua lapisan batu berpori (porous stone). Lapisan batu berpori sebelah atas, yang dapat bergerak di dalam cincin dengan suatu jarak bebas yang kecil, dipasang di bawah tutup pembebanan (loading cap) dari logam di mana tekanan bekerja terhadap contoh tanah. Seluruh rakitan tersebut di letakan dalam sel terbuka yang berisi air, dimana air pori pada contoh contoh tanah mendapat jalan masuk yang bebas. Cincin yang menahan / membatasi contoh tanah dapat dijepit (di klem pada badan sel) atau mengapung (bebas bergerak secara vertical) cincin bagian dalam harus memiliki permukaan yang limit untuk memperkecil pergeseran.



Gambar 2.3 Oedometer

Kompresi contoh tanah akibat tekanan diukur dengan menggunakan arloji pengukur (dial gauge) pada tutup pembebanan.

Tekanan awal akan tergantung pada jenis tanah, kemudian serangkaian tekanan dikenakan pada contoh tanah, di mana setiap tekanan besarnya dua kali besar tekanan sebelumnya. Biasanya setiap tekanan diperhatikan setiap 24 jam (untuk kasus khusus dibutuhkan waktu 48 jam), pembacaan kompresi dilakukan dalam selang waktu tertentu selama periode ini. Pada akhir periode penambahan ini dimana tekanan air pori berlebihan telah berdisipasi secara sempurna, besarnya tekanan yang bekerja sama dengan tegangan vertikal efektif pada contoh tanah. Hasil-hasil tersebut diperhatikan dengan memplot tebal (presentase, perubahan tebal) contoh tanah atau angka pori pada akhir setiap periode penambahan tekanan tersebut terdapat tegangan efektif yang sesuai. Tegangan efektif tersebut dapat diplot dalam skala biasa maupun skala logaritma.

Angka pada akhir setiap periode penambahan tekanan dapat dihitung dari pembacaan arloji pengukur dan begitu pula hanya dengan kadar air (water content) atau berat kering (dry weight) dari contoh tanah pada akhir pengujian.

2.4.4 Interpretasi Hasil Uji Konsolidasi

Beberapa parameter yang diperoleh dari hasil tes konsolidasi, yaitu

a) Tekanan Pra-Konsolidasi (*preconsolidation pressure*)

Tekanan pra-konsolidasi menunjukkan besarnya tekanan vertical maksimum yang pernah terjadi dimasa lampau terhadap tanah tersebut σ_p'

b) Kompresi Asli (*virgin compression*)

Dari kurva hasil tes konsolidasi kompresi asli merupakan bagian kurva dengan tekanan melebihi tekanan pra-konsolidasi, bentuk kurvanya mendekati linier. Dari bagian kurva ini dapat dihitung indeks kompresi (compression index) C_c , yang merupakan kemiringan dari bagian kurva ini.

c) Rekompresi Dan Pengembangan (*recompression and swell*)

Bagian rekompresi dari kurva konsolidasi menunjukkan tangka laku tanah jika mengalami tambahan beban kembali setelah sebelumnya mengalami penurunan tegangan, sedangkan jika tanah **mengalami** penurunan tegangan, tidak seluruhnya folume tanah kembali semula (lihat gambar 2.3), dari bagian kurva ini

dapat dihitung indeks pengembangan (*swelting index*) dan index rekompresi (*recompression index*).

- swelling index (C_s) merupakan kemiringan kurva pada saat mengalami penurunan tegangan.
- Recompression index (C_r) merupakan kemiringan kurva pada saat mengalami kenaikan tegangan kembali (reloading) setelah mengalami penurunan tegangan.

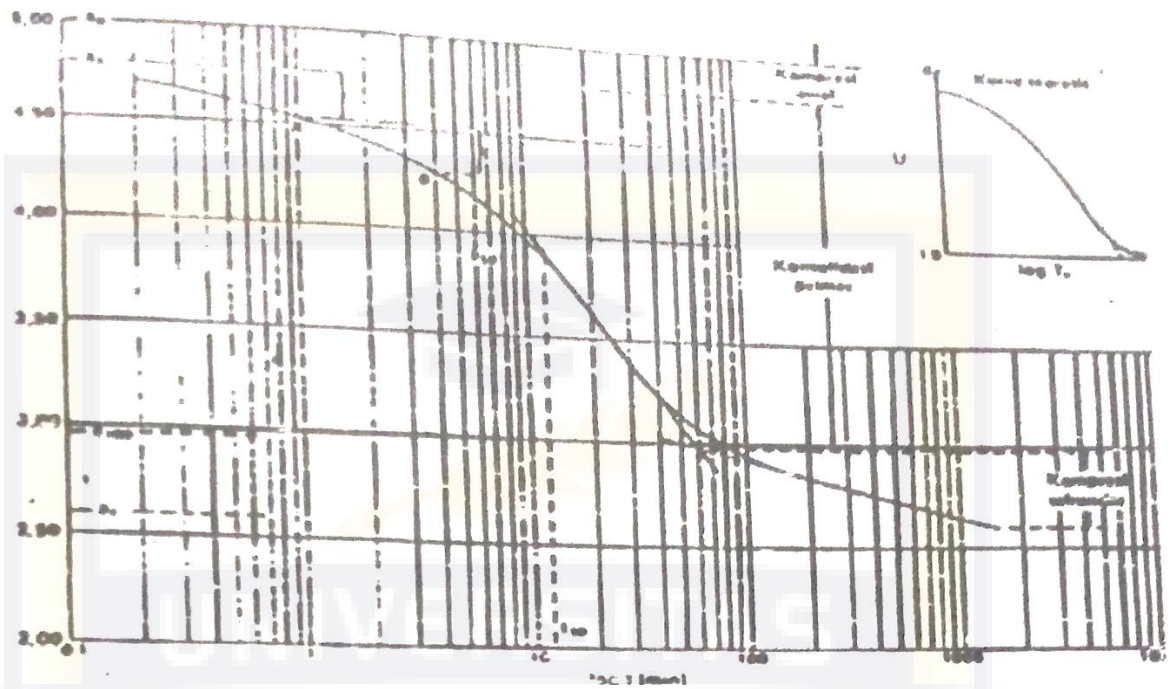
d) Koefisien Konsolidasi (C_v)

Koefisien konsolidasi menunjukkan kecepatan pengaliran air pori selama konsolidasi, secara empiris dapat ditentukan dengan 2 cara, sebagai berikut :

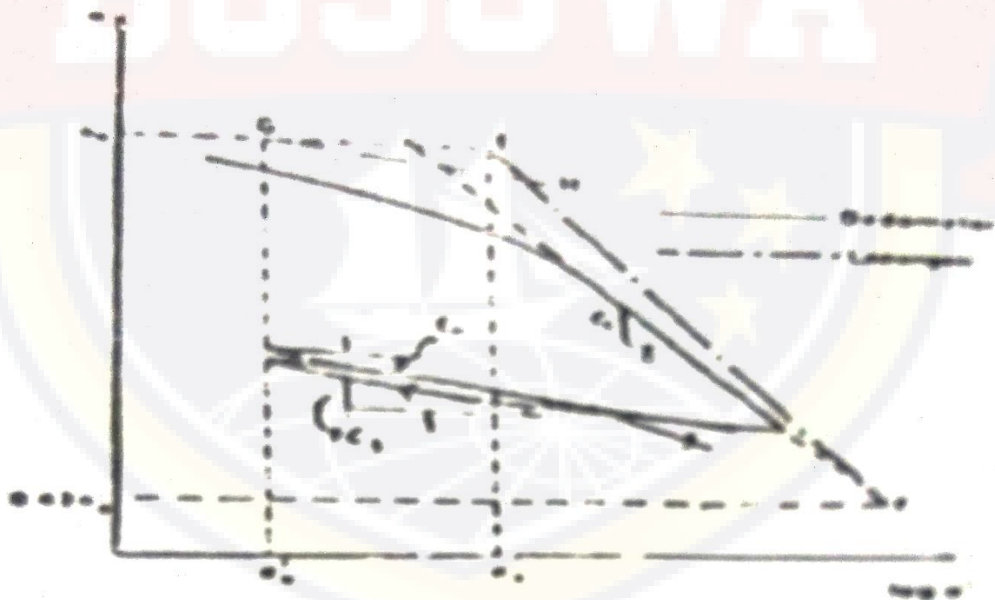
- metoda logaritma waktu (*casagrande*)
- metoda akar waktu (*taylor*)

e) Kompresi Sekunder

Pembebanan teori *terzaghi* penurunan terjadi akibat pengaliran air-pori karena pengaruh tekanan dimana kecepatan penurunan tergantung pada permeabilitas tanah, tetapi percobaan menunjukkan bahwa kompresi terus berlanjut meskipun air-pori yang mengalir telah mencapai nol dan berjalan secara lambat pada tekanan efektif yang konstan. Hal ini terjadi karena proses penyusunan kembali partikel tanah untuk membentuk susunan yang lebih stabil (lihat gambar 2.5).



Gambar 2.4. kurva penurunan – log waktu



Gambar 2.5. hubungan antara pori-tegangan efektif

2.4.5 Tekanan Pra-Konsolidasi (P_c')

Tekanan mempunyai memori atas beban yang pernah dialaminya. tegangan maksimum yang pernah dialami tanah tersebut tekanan konsolidasi (preconsolidation pressure) = $p_c' = \sigma_p'$.

Casagrande mengusulkan suatu prosedur empiris dari kurva $e - \log \sigma'$ untuk mendapatkan nilai σ_p' .

Gambar 2.7. memperlihatkan suatu kurva $e - \log \sigma'$ untuk contoh lempung yang terkonsolidasi berlebihan (pada awalnya).

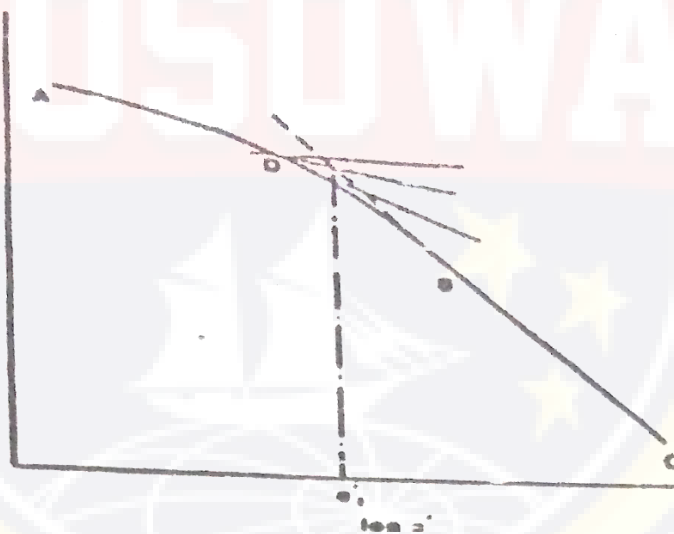
Perhitungan Tekanan Prakonsolidasi Terdiri Dari Beberapa Tahap Ini.

1. Tarik garis sesuai dengan bagian garis yang lurus (BC) dari kurva.
2. Tentukan titik D sampai ke lengkungan maksimum pada bagian rekompresi (AB) dari kurva.
3. Gambarkan garis singgung terhadap kurva pada D dan bagilah sudut antara garis singgung tersebut menjadi dua garis horizontal melalui D.
4. Garis vertical yang melalui perpotongan garis-garis dan CB memberikan nilai pendekatan untuk tekanan prakonsolidasi.

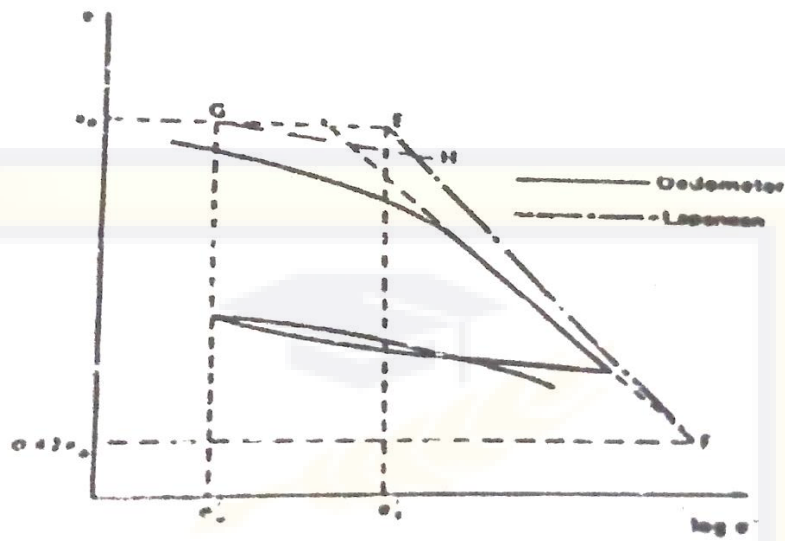
Pada prosedur ini dapat mungkin tekanan prakonsolidasi tersebut tidak dilewati kompresi tidak akan besar bila dengan vertical efektif tetap di bawah σ_p' . Bila dilewati maka kompresi akan besar.

Selain metode casagrande, ada juga cara lain yang dipakai untuk menentukan tekanan prakonsolidasi yaitu menggunakan kurva $e - \log \sigma'$ di lapangan (gambar 2.7).

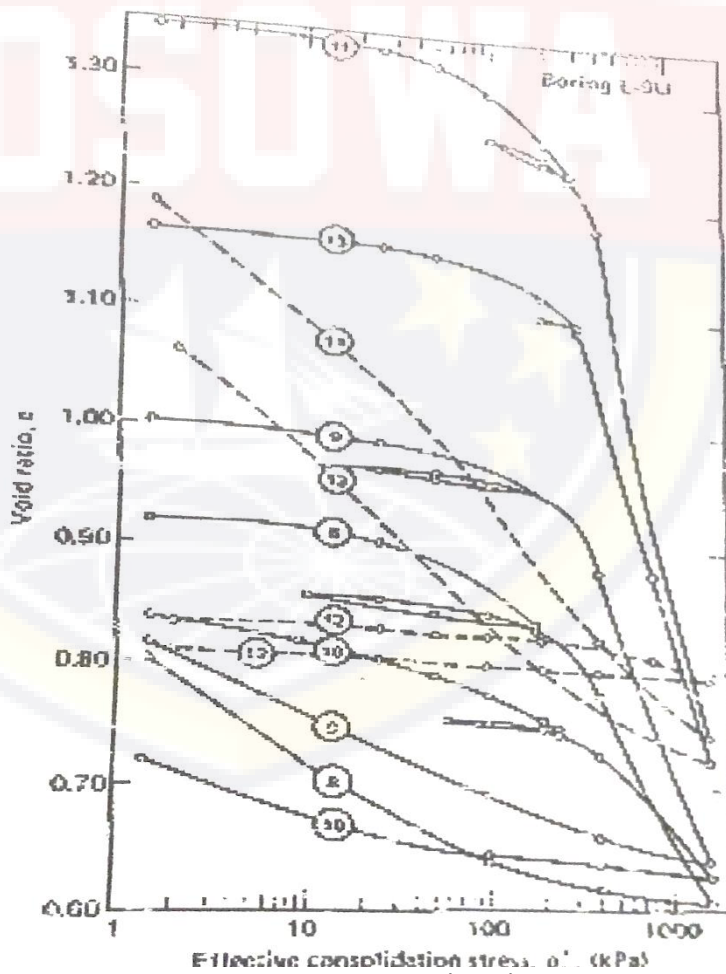
Akibat efek pengambilan contoh tanah pada uji oedometer yang sedikit terganggu menghasilkan penurunan kemiringan garis kompresi asli, sehingga kemiringan garis tersebut yang didapat dari uji laboratorium. Tidak kesalahan yang berarti dalam mengambil angka pori di lapangan dan angka pori (e) pada awal uji laboratorium. *Schmertman* membuktikan bahwa garis asli laboratorium dapat berpotongan dengan garis asli di lapangan pada angka porisebesar 0.42 kali angka pori awal. Garis asli di lapangan dapat diambil sebagai garis EF, dimana koordinat E adalah $\log \sigma'$ ($= \log \sigma'_{p'}$) dan e_0 . F adalah titik pada garis asli laboratorium pada angka pori 0,42 e_0 .



Gambar 2.6 penentuan tekanan prakonsolidasi



Gambar 2.7 kurva $e - \log \sigma'$ di lapangan



Gambar 2.8 Effective consolidation stress, σ'_{vc} (kPa)

Tabel 2.5 konsolidasi normal pada lempung (kaufman & Sherman, 1964)

Test No.	Elev (m)	Classi tication	Atterbeg limits			W_w (%)	C_q	σ_w (k Pa)	σ_p	C_c
			LL	PL	PI					
8	-8,8	CL clay, soft	41	24	17	34,0	0,34	160	200	0,34
9	-8,8	CL clay, firm	50	23	27	36,4	1,00	170	250	0,44
10	-17,1	ML sendy silf	31	25	5	29,6	0,83	230	350	0,16
11	-20,1	CH clay- soft	81	25	55	50,6	1,35	280	350	0,84
12	-23,2	SP send	Nonplastic			27,8	0,83	320	-	-
13	-26,2	CH clay wisilt scrata	71	28	43	43,3	1,15	340	200	0,52

2.4.6 Penurunan Konsolidasi Tanah

Penambahan beban diatas suatu permukaan tanah dapat menyebabkan lapisan tanah di bawahnya mengalami pemampatan. Pemampatan tersebut disebabkan oleh adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel, keluarnya air atau udara di dalam pori, dan sebab-sebab lain. Beberapa atau semua factor tersebut mempunyai hubungan dengan keadaan tanah yang bersangkutan. Secara umum, penurunan (settlement) pada tanah yang disebabkan oleh pembebanan dapat dibagi dalam kelompok besar, yaitu :

1. Penurunan konsolidasi (consolidation settlement), yang merupakan hasil dari perubahan volume tanah jenuh air sebagai akibat dari keluarnya air yang menempati pori-pori tanah.
2. Penurunan segera (immediate settlement), yang merupakan akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air. Perhitungan penurunan secara umumnya didasarkan pada penurunan yang diturunkan dari teori elastisitas.

Dalam desain fondasi untuk struktur teknik harus selalu memperhatikan bagaimana settlement akan terjadi dan seberapa cepat settlement terjadi karena settlement menyebabkan kerusakan struktur, khususnya jika settlement berlangsung cepat.

Settlement total yang terjadi pada tanah yang dibebani (S_t) mempunyai 3 komponen:

$$S_t = S_i + S_c + S_s \dots\dots\dots (II.2)$$

Yang mana :

S_i = immediate settlement

S_c = consolidation settlement

S_s = secondary settlement

2.4.7 Perhitungan penurunan konsolidasi

1. cari parameter tanah yang dibutuhkan dari grafik hasil uji konsolidasi laboratorium, seperti C_c , c_r , σ_p' . Dll
2. hitung OCR untuk menentukan apakah tanah lempung termasuk OC atau NC clay.
3. Hitung S_c dengan rumus berikut :

Tanah NC clay :
$$S_c = \frac{H_o}{1+e_o} \log \frac{\sigma_o' + \Delta\sigma'}{\sigma_o'} \dots\dots\dots (II.3)$$

Tanah OC clay :

a) $\sigma_o' + \Delta\sigma' \leq \sigma_p'$, maka $c_r = \frac{H_o}{1+e_o} \log \frac{\sigma_o' + \Delta\sigma'}{\sigma_o'} \dots\dots\dots (II.4)$

b) $\sigma_o' + \Delta\sigma' > \sigma_p'$, maka $c_r = \frac{H_o}{1+e_o} \log \frac{\sigma_p'}{\sigma_o} + c_c \frac{H_o}{1+e_o} \log \frac{\sigma_o' + \Delta\sigma'}{\sigma_o'} \dots (II.5)$

dimana :

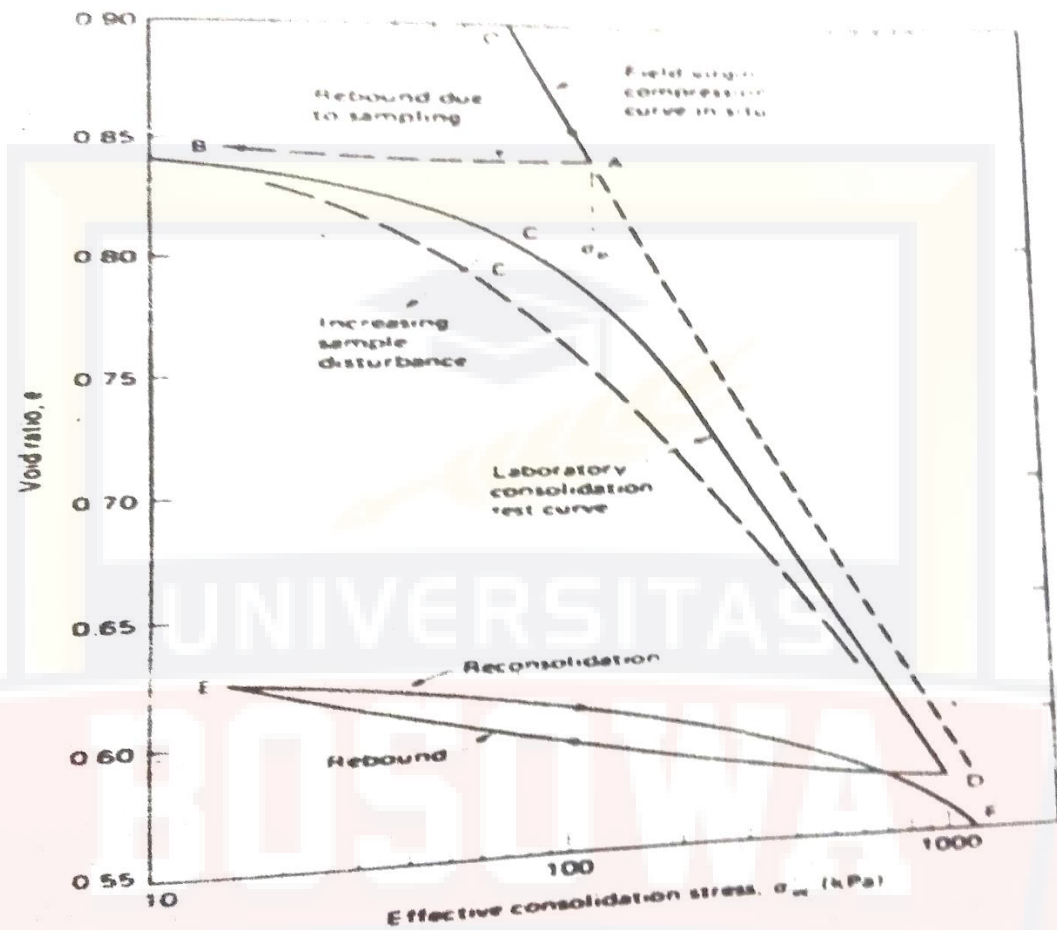
OCR = overconsolidation ratio = $\frac{\sigma_p'}{\sigma_o'}$

σ_p' = preconsolidation pressure

σ_o' = effective overburden pressure (beban karena lapisan di atas pertengahan calay yang akan dihitung settlementnya.

$\Delta\sigma'$ = beban yang ditambahkan pada lapisan tanah tersebut (timbunan,Struktur)

e_o = angka pori awal.



Gambar 2.9. kurva angka pori terhadap tegangan yang menggambarkan deposition, samping (unloading) dan reconsolidation dalam alat uji konsolidasi.

2.4.8 Kecepatan Konsolidasi

Karena permeabilitas tanah lempung kecil, maka konsolidasi akan selesai setelah jangka waktu yang lama, bias lebih lama dari umur rencana kontruksi. Untuk itu derajat konsolidasi perlu diketahui pada akhir umur rencana.

Rumus yang dipakai : $T = Cv \frac{t}{Hdr^2}$ (II.6)

Yang mana :

T = factor waktu (time factor) dari tebal hubungan U% dan T

Cv = coeffisien of consolidation (dari grafik hasil uji konsolidasi)

t = waktu

Hdr = drainage path (panjang maksimum yang harus ditempuh air tanah

Untuk keluar atau lintasan drainase

Aliran 1 arah : Hdr = Ho

Aliran 2 arah : Hdr = Ho/2

Ho = tebal lapisan

U = derajat konsolidasi $\frac{S(t)}{Sc}$

S(t) = settlement yang terjadi di waktu tertentu (t)

Hubungan antara derajat konsolidasi rata-rata U., dan time factor T

adalah sebagai berikut

Table 2.6 Hubungan T dengan U..

U _{cv}	0 1	0 2	0 3	0 4	0 5	0 6	0 7	0 8	0 9	1 0
T	0.008	0.031	0.071	0.126	0.97	0.287	0.403	0.567	0.848	-

T juga dapat dihitung dengan rumus :

Untuk U < 60%,
$$T = \frac{\pi}{4} U^2 = \frac{\pi}{4} \left(\frac{U\%}{100} \right)^2 \dots\dots\dots (II.7)$$

Untuk U < 60%,
$$T = 1.781 - 0,933 \log (100-U\%)$$

Jadi :

$$t = \frac{T.Hdr^2}{Cv} \dots\dots\dots (II.8)$$

2.4.9 Koefisien Konsolidasi (Cv)

kecepatan penurunan konsolidasi dapat di hitung dengan menggunakan koefisien konsolidasi Cv. Kecepatan penurunan perlu diperhitungkan bila penurunan konsolidasi yang terjadi pada stuktur diperkirakan besar. Bila penurunan sangat kecil, kecepatan penurunan tidak terlalu penting diperhatikan, karena penurunan yang terjadi sejalan dengan waktunya tidak menghasilkan perbedaan yang berarti.

Cara menentukan Cv

1. memakai kurva dial reading vs log time (cassagrande)

$$Cv = \frac{T_{50} Hdr^2}{t_{50}} \dots\dots\dots (II.9)$$

2. metode akar waktu (taylor)

$$Cv = \frac{T_{50} Hdr^2}{T_{50}} \dots\dots\dots (II.10)$$

Kecepatan penurunan konsolidasi primer bergantung pada kecepatan berkurangnya kelebihan tekanan air pori yang timbul akibat kenaikan tekanan oleh beban bangunan. Kenaikan tegangan efektif di dalam tanah akibat berkurangnya volume tanah dipengaruhi oleh kecepatan air pori meninggalkan rongga pori lapisan lempung yang tertekan. Kecepatan penurunan struktur sebagai akibat berkurangnya volume tanah dipengaruhi oleh kecepatan volume tanah dipengaruhi

kecepatan air pori merembes lewat lapisan lempung menuju tanah lapisan permeabilitas tinggi yang memungkinkan terjadinya drainasi. Terzaghi memperhatikan kondisi yang relative sederhana dalam hitungan kecepatan konsolidasi primer. Beban dianggap terbagi rata dengan luasan beban yang luas sedemikian hingga kondisi drainasi dan konsolidasi satu dimensi. Dalam kondisi demikian *penurunan segera* dapat diabaikan.

Terdapat beberapa factor yang menyebabkan kecepatan penurunan konsolidasi di lapangan lebih cepat dari hasil hitungan kecepatan penurunan yang diberikan terzaghi. Jika lebar fondasi (B) kurang dari ketebalan lapisan lempung H, kecepatan penurunan hanya fungsi H. sedangkan untuk lapisan lempung yang tebal, kecepatan penurunan juga tergantung dari lebar fondasi B. jadi kecepatan penurunan konsolidasi, selain fungsi dari Cv, dan jarak lintasan drainase H, juga fungsi dari B.

Pengaruh dari lebar fondasi (B) dan lintasan drainase (H) terhadap kecepatan penurunan fondasi pelat di 4 lokasi di perlihatkan oleh Butler (1974) dalam table. Dalam table tersebut diperhatikan variasi perbandingan antara Cv di lapangan (Cv lap) dan Cv di laboratorium (Cv lab) terhadap tebal lintasan drainase (H) dan lebar fondasi (B). terlihat bahwa stasiun Elstree, nilai bandingan (Cv lab) relative kecil, karena tebal lintasan drainase yang hanya 2,4 m kecil sehingga kemungkinan terselipnya lapisan-lapisan pasir atau lanau tipis yang memungkinkan terjadinya drainase tambahan pada lapisan lempung lebih sedikit.

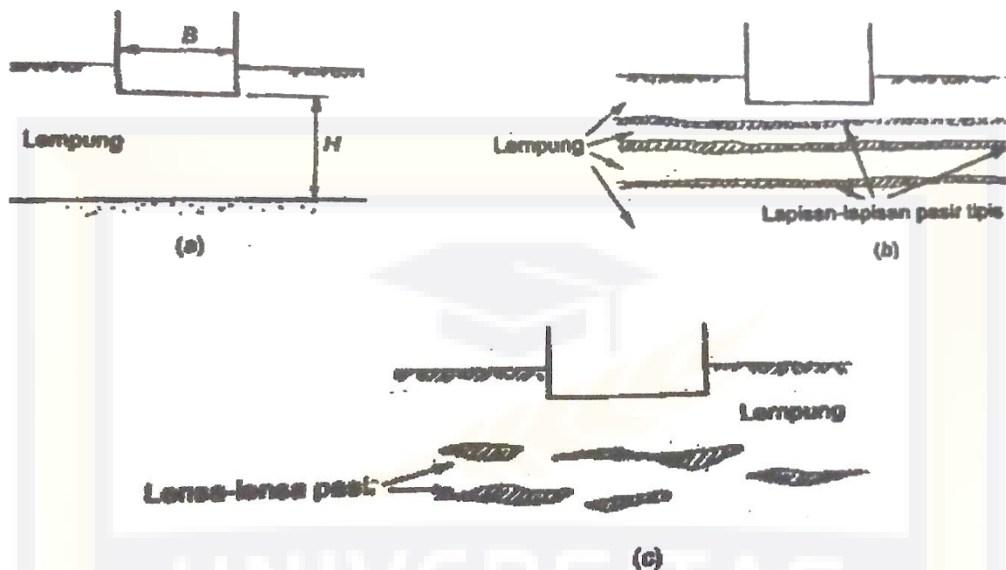
Factor lain yang mempengaruhi kecepatan penurunan konsolidasi adalah homogenitas tanah lempung. Adanya lapisan tipis tanah lolos air, seperti lanau dan pasir yang terselip antara lapisan lempung (gambar 2) memungkinkan adanya drainase menuju lapisan ini, sehingga lintasan drainase menjadi lebih pendek dari yang diperkirakan dalam hitungan

Tabel 2.5 Pengaruh lebar fungsi fundasi pada nilai Cv (Butler, 1974)

lokasi	Lebar fundasi	Lintasan drainasi	Cv (lab)/Cv(lab)
	(B) (m)	(H) (m)	
Jalan clapham	24	12	60
Jalan hurley	20	10	60
Jembatan waterloo	8	7,5	10
Stasiun Elstree	1,5	2,4	2,5

Kadang-kadang lapisan tanah pasir yang terselip hanyalah berupa lensa-lensa tanah yang tidak memungkinkan sebagai tempat penampungan drainasi air yang berasal dari lapisan lempung (Gambar 1)

Apabila terdapat kasus seperti di atas, maka perhitungan kecepatan penurunan akan lebih baik bila kedua kondisi lapisan pasir, yaitu sebagai lapisan drainasi dan bukan sebagai lapisan drainasi, dihitung, kemungkinan penurunan yang dihasilkan dari kedua kondia tersebut dipertimbangkan terhadap keamanan strukturnya.



Gambar 2.10. Beberapa sebab yang mempengaruhi kecepatan konsolidasi primer Lapisan lempung

2.5. Penelitian Sifat Fisik Tanah

2.5.1. Kadar Air

Kadar air adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah tersebut.

Rumus kadar air :

$$w = \frac{W_w}{W_s} 100\% \dots\dots\dots (II.11)$$

Dimana : w = Kadar air

W_w = Berat air

W_s = Berat tanah kering

2.5.2 Pemeriksaan Berat Jenis

Harga Specific Gravity (G_s) dari butiran tanah sangat berperan penting dalam bermacam-macam keperluan perhitungan mekanika tanah.

Harga-harga itu dapat ditentukan secara akurat dilaboratorium. Tabel 2.5

menunjukkan harga – harga specific gravity beberapa mineral yang umum terdapat pada tanah.

Tabel 2.5 Specific gravity mineral-mineral penting pada tanah

Mineral	Specific gravity
Quarts (kwarsa)	2.65
Kaolinite	2.60
Illite	2.80
Montmorillonite	- 2.80
Halloysite	- 2.55
Potassium feldspar	2.57
Sodium and calcium feldspar	2.62 – 2.76
Chlorite	2.60 – 2.90
Biorite	2.80 – 3.20
Muscovite	2.76 – 3.10
Horn blende	3.00 – 3.47
Limonite	3.60 – 4.00
Olivine	3.27 – 3.37

Sumber : (Das, 1994)

Sebagian dari mineral – mineral mempunyai specific gravity berkisar antara 2,6 sampai dengan 2,9. Specific Gravity dari bagian padat tanah pasir yang berwarna terang, umumnya sebagian besar terdiri dari quartz, dapat diperkirakan sebesar 2,65 untuk tanah lempung atau berlanau, harga tersebut berkisar antara 2,6 - 2,9 dengan persamaan dibawah ini :

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} K \quad \dots \dots \dots (II.12)$$

Dimana : G_s = Berat jenis

W_1 = Berat picnometer (gram)

W_2 = Berat picnometer + tanah kering (gram)

W_3 = Berat picnometer + tanah + air (gram)

W_4 = Berat picnometer + air (gram)

γ_s = Berat volume butiran

γ_w = Berat volume air

α = Faktor Koreksi

Nilai – nilai specific gravity untuk berbagai jenis tanah dapat dilihat pada tabel 2.6

Tabel 2.6 Specific gravity tanah

Macam tanah	Specific Gravity
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau anorganik	2,62 – 2,68
Lanau organik	2,58 – 2,65
Lempung anorganik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,80

Sumber : (Hardiyatmo, 2006)

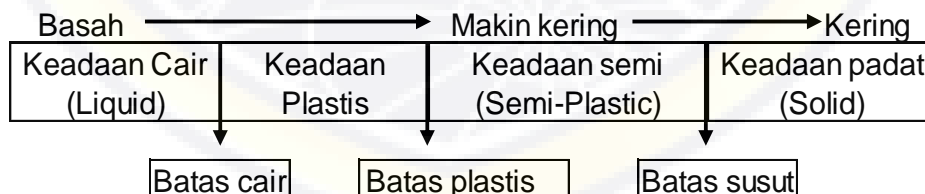
Tabel 2.7 Faktor Koreksi

Temperatur (C°)	Unit Weight of Water
4	1
16	0,99897
17	0,99880
18	0,99862
19	0,99844
20	0,99823
21	0,99802
22	0,99870
23	0,99757
24	0,99733
25	0,99708
26	0,99682
28	0,99267
29	0,99598
30	0,99568

Sumber : (Hardiyatmo, 2002)

2.5.3 Batas-Batas Konsistensi

Kedudukan fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu disebut konsistensi. Menurut Atterberg batas-batas konsistensi tanah berbutir halus tersebut adalah batas cair, batas plastis, batas susut. Batas konsistensi tanah ini didasarkan kepada kadar air yaitu:

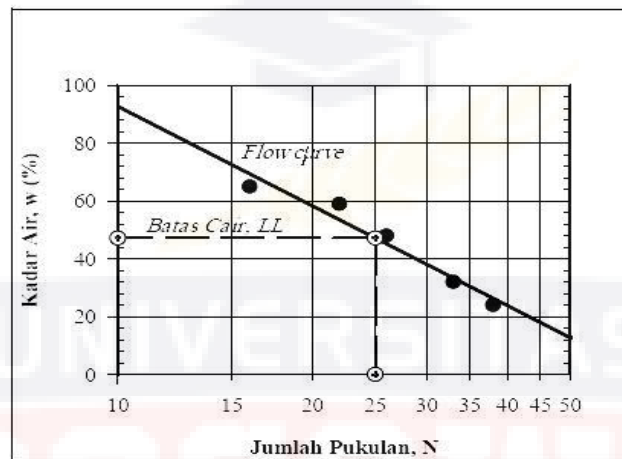


(Sumber : Wesley, L.D, 1977, Mekanika Tanah, Hal 10)

Gambar 2.11. Batas konsistensi tanah

2.5.4 Batas cair (*Liquid Limit = LL*)

Batas cair adalah kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis. Kurva penentuan batas cair dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.12 Kurva pada penentuan batas cair Tanah Lempung

2.5.5 Batas plastis

Batas Plastis adalah sifat tanah dalam keadaan konsistensi, yaitu cair, plastis, semi padat, atau padat bergantung pada kadar air. Kebanyakan dari tanah lempung atau tanah berbutir halus yang dialam dalam keadaan plastis. Secara umum semakin besar plastisitas tanah, yaitu semakin besar rentang kadar air daerah plastis maka tanah tersebut akan semakin berkurang kekuatan dan mempunyai kembang susut yang semakin besar

Indeks plastisitas adalah selisih batas cair dan batas plastis (Interval kadar air pada kondisi tanah masih bersifat plastis), karena itu menunjukkan sifat keplastisan tanah.

$$PI = LL - PL \quad (II.13)$$

Dengan : PI = Plastis Indeks (%)

LL = Liquid Limit (%)

PL = Plastis Limit (%)

Batasan mengenai indeks plastis , macam tanah,dapat dilihat pada tabel 2.8 .

Tabel 2.8 Nilai indeks plastisitas dan macam tanah

PI	Sifat	Macam tanah
0	Non Plastis	Pasir
<7	Plastisitas rendah	Lanau
7- 17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau
>17	Plastisitas tinggi	Lempung

Sumber : (Chen,1975)

2.5.6. Batas Susut

Suatu tanah akan mengalami penyusutan bila kadar air secara perlahan-lahan hilang dari dalam tanah.Dengan hilangnya air terus menerus akan mencapai suatu tingkat keseimbangan , dimana penambahan kehilangan air tidak akan menyebabkan perubahan volume tanah .

Batas susut dapat dinyatakan dalam persamaan

$$V_d = \frac{W_5 - W_p}{\rho} \dots\dots\dots(II.14)$$

$$V_w = \frac{W_4 - W}{\rho} \dots\dots\dots(II.15)$$

Dengan :

W4 = Berat air raksa yang dipakai untuk mengisi mangkok shringkage (gram).

W5 = Berat air raksa yang dipindahkan oleh tanah yang ditest (gram).

Wp = Berat cawan petri (gram).

ρ = Berat jenis air raksa (13,6 gr/cm³)

$$SL = \omega - \left(\left(\frac{V_w - V_d}{W_d} \right) \times 100\% \right) \dots\dots\dots (II.16)$$

Dengan :

SL = Batas susut (%).

ω = Kadar air (%).

Vw = Volume tanah basah (cm³).

Vd = Volume tanah kering (cm³).

Wd = Berat tanah kering (gram).

Kandungan mineral *montmorillonite* mempengaruhi batas konsistensi. Semakin besar kandungan mineral *montmorillonite* semakin besar batas cair dan indeks plastisitas serta semakin kecil nilai batas susut dan batas plastisnya (Hardiyatmo,2006).

Kadar air dapat mempengaruhi perubahan volume tanah. Hal tersebut juga dapat mempengaruhi jenis tanahnya seperti tanah kohesif ataupun non kohesif. Kesimpulan tanah kohesif seperti lempung memiliki perbedaan dengan tanah non kohesif seperti pasir. Perbedaan tersebut adalah :

- 1) Tahanan friksi tanah kohesif < tanah non kohesif
- 2) Kohesi lempung < Tanah Granular

- 3) Permeability lempung < tanah berpasir
- 4) Pengaliran air pada tanah lempung lebih lambat dibandingkan tanah berpasir
- 5) Perubahan volume pada lempung lebih lambat dibandingkan pada tanah granular.

Angka - angka batasan atterberg untuk berbagai macam mineral lempung dapat dilihat pada tabel 2.12.

Tabel 2.8. Harga-harga batasan atterberg untuk mineral lempung

Mineral	Batas Cair	Batas Plastis	Batas Susut
Monmorillonite	100 – 900	50 – 100	8,5 – 15
Montronite	37 – 72	19 – 72	-
Illite	60 – 120	35 – 60	15 – 17
Kaolinite	30 – 110	25 – 40	25 – 29
Halloysite	50 – 70	47 – 60	-
Terhidrasi	35 – 55	30 – 45	-
Holloysite	160 – 230	100 – 120	-
Attapulgate	44 – 47	36 – 40	-
Chlorite	200 - 250	130 – 140	-
Allophane			

Sumber : (Mitchell, 1976)

2.5.7 Pemeriksaan Analisa Saringan

Analisa saringan adalah analisis yang dilakukan untuk menentukan gradasi butir (distribusi ukuran butir), yaitu dengan menggetarkan contoh tanah kering melalui satu set ayakan dimana lubang-lubang ayakan

tersebut makin kebawah makin kecil secara berurutan. Analisa saringan dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu analisa ayakan dan analisa hidrometer.

Analisa ayakan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu cara kering dan cara basah. Cara kering dilakukan dengan menggetarkan saringan, baik itu digetarkan dengan cara manual atau dengan alat penggetar. Cara basah dilakukan dengan mencampur tanah dengan air sampai menjadi lumpur encer dan dibasuh seluruhnya melewati saringan. Dari data tersebut maka dapat diperoleh rumus :

- $\% \text{ tertahan} = \frac{\text{Berat komulatif}}{\text{Berat total}} \times 100\% \dots\dots\dots(II.17)$

- $\% \text{ lolos} = 100\% - \text{persentase tertahan} \dots\dots\dots(II.18)$

2.5.8 Pemeriksaan Hidrometer

Analisa hidrometer adalah analisa yang digunakan untuk menentukan ukuran butiran dari tanah berbutir halus atau bagian berbutir halus dari tanah berbutir kasar yang didasarkan pada prinsip sedimentri (pengendapan) butir-butir dari dalam air. Dalam melakukan percobaan akan diperoleh berat tanah kering, selain itu diperoleh juga berat tanah yang tertahan serta berat komulatifnya.

a) Untuk persentase butiran-butiran halus dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\% \text{ Butiran halus} = \frac{\alpha \cdot R_{cp}}{W_s} \times 100\% \dots\dots\dots(II.19)$$

Dengan :

W_s = Berat kering contoh tanah

α = Koreksi untuk berat jenis dari butiran tanah

$$\alpha = \frac{GS \times 1.65}{(GS - 1) \times GS}$$

b) Rumus untuk mencari garis tengah butir-butir tanah adalah:

$$D = \kappa \left(\frac{L}{t} \right)^{0.5} \dots\dots\dots (II.20)$$

Dengan :

κ = Rasio kekentalan air ditentukan dengan menggunakan grafik

L = Panjang efektif yang ditentukan dengan menggunakan grafik

diberikan pada gambar sesuai dengan harga R yang bersangkutan

t = Waktu pembacaan

Table 2.8. Skema jenis tanah dan batas - batas ukuran butirnya

Lempung	Lanau			Pasir			Kerikil			
	halus	medium	kasar	halus	medium	kasar	halus	medium	kasar	
	0,002	0,006	0,02	0,06	0,2	0,6	2	6	20	60

Sumber : Dasar mekanika tanah (Budi Santoso, Heri Suprpto, Suryadi HS) hlm.12

Tabel 2.9. Faktor Koreksi α , untuk Hidrometer 152 H terhadap Berat Jenis

Butir Tanah

Berat Jenis, G	Faktor koreksi, α
2,95	0,94
2,90	0,95
2,85	0,96
2,80	0,97
2,75	0,98
2,70	0,99
2,65	1,00
2,60	1,01
2,55	1,02
2,50	1,03
2,45	1,05

(Sumber : Hary Christiady Hardiyatmo (2006), Mekanika Tanah 1 edisi, 4 hal.48, Gajah

Mada University Press, Yogyakarta

Tabel 2.10. Harga K untuk Menghitung Diameter Butir dengan Hidrometer

Temperatur	Berat jenis tanah								
	2,450	2,500	2,550	2,600	2,650	2,700	2,750	2,800	2,850
(°C)									
20	0,01456	0,01431	0,01408	0,01386	0,01365	0,01344	0,01325	0,01307	0,01289
21	0,01438	0,01414	0,01391	0,01369	0,01348	0,01328	0,01309	0,01291	0,01273
22	0,01421	0,01397	0,01374	0,01353	0,01332	0,01312	0,01294	0,01276	0,01258
23	0,01404	0,01381	0,01358	0,01337	0,01317	0,01297	0,01279	0,01261	0,01243
24	0,01388	0,01365	0,01342	0,01321	0,01301	0,01282	0,01264	0,01246	0,01229
25	0,01372	0,01349	0,01327	0,01306	0,01286	0,01267	0,01249	0,01232	0,01215
26	0,01357	0,01334	0,01312	0,01291	0,01272	0,01253	0,01235	0,01218	0,01201
27	0,01342	0,01319	0,01297	0,01277	0,01258	0,01239	0,01221	0,01204	0,01188
28	0,01327	0,01304	0,01283	0,01264	0,01244	0,01225	0,01208	0,01191	0,01175
29	0,01312	0,0129	0,01269	0,01249	0,0123	0,01212	0,01195	0,01178	0,01162
30	0,01298	0,01276	0,01256	0,01236	0,01217	0,01199	0,01182	0,01165	0,01149

Sumber : Braja M.das, Noor Endah, Indrasurya B. Mochtar, (1995). Mekanika Tanah Jilid

1, hal.20, Erlangga Surabaya.

Tabel 2.11. Harga Kedalaman Efektif L Hidrometer 152 H, Ditentukan oleh
Macam Hidrometer, Ukuran Silinder Pengendapan

Pembacaan Hidrometer	Kedalaman Efektif (cm)	Pembacaan Hidrometer	Kedalaman Efektif (cm)	Pembacaan Hidrometer	Kedalaman Efektif (cm)
0	16,3	21	12,7	42	9,4
1	16,1	22	12,5	43	9,2
2	16	23	12,4	44	9,1
3	15,8	24	12,2	45	8,9
4	15,6	25	12,1	46	8,8
5	15,5	26	12	47	8,6
6	15,3	27	11,9	48	8,4
7	15,2	28	11,7	49	8,3
8	15	29	11,5	50	8,1
9	14,8	30	11,4	51	7,9
10	14,7	31	11,2	52	7,8
11	14,3	32	11,1	53	7,6
12	14,2	33	10,9	54	7,4
13	13,8	34	10,7	55	7,1
14	13,7	35	10,6	56	7
15	13,7	36	10,4	57	6,8
16	13,5	37	10,2	58	6,6
17	13,3	38	10,1	60	6,5
18	13,2	39	9,9		
19	13	40	9,7		
20	12,9	41	9,6		

Sumber : ASTM D 1140-0

2.6. Uji sifat Fisik Mekanik Tanah

2.6.1 Pemadatan Tanah (Standart Proctor Test)

Untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah sehingga bisa diketahui kepadatan maksimum dan kadar air optimum.

Hubungan berat volume kering (γ_d) dengan berat volume basah (γ_w) dan kadar air (w) dinyatakan dalam persamaan Rumus mencari berat isi basah (γ_w) :

$$\gamma_w = \frac{W_w}{V} \dots\dots\dots (II.21)$$

W_w = Berat air (gram).

V = Volume (cm³)

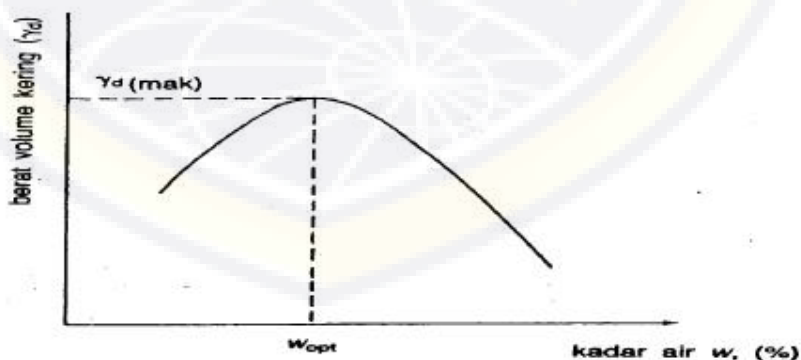
Rumus mencari isi berat kering (γ_d)

$$\gamma_d = \frac{\gamma_w \times 100}{100 + w} \dots\dots\dots (II.22)$$

γ_d = Berat isi kering (gram).

w = Kadar air (%)

Dalam uji pemadatan, percobaan diulang paling sedikit 5 kali dengan kadar air tiap percobaan divariasikan. Kemudian, digambarkan sebuah grafik hubungan kadar air dan berat volume keringnya. Kurva yang dihasilkan pada Gambar 2.5. dari pengujian memperlihatkan nilai kadar air terbaik (w_{opt}) untuk mencapai berat volume kering terbesar atau kepadatan kering maksimum (γ_{dmaks}).



Sumber : Hardiyatmo (2006)

Gambar 2.13. Kurva Hubungan Kadar Air dan Berat Volume Kering

2.5 Penelitian Terdahulu

1. Rama Indera K, Enden Mina, Taufik Rahman 2016, dalam jurnal berjudul "Stabilisasi Tanah dengan menggunakan fly ash dan pengaruhnya terhadap nilai kuat tekan bebas" Dengan dengan variasi campuran *fly ash* 0%, 10%, 20%, dan 30%. Dari hasil pengujian diperoleh, tanah yang di stabilisasi dengan *fly ash* pada variasi 0%, 10%, 20%, dan 30% menunjukkan adanya peningkatan nilai daya dukung, batas plastis, dan batas cair tanah serta penurunan nilai berat jenis tanah. Nilai UCT terbesar terdapat pada tanah campuran dengan kadar *fly ash* sebesar 20% dengan pemeraman selama 21 hari yaitu sebesar 2,55 kg/cm². Penambahan *fly ash* meningkatkan nilai batas plastis dan batas cair serta menurunkan nilai berat jenis.
2. Yayuk Apriyanti, Roby Hambali 2014, dalam jurnal berjudul "Pemanfaatan Fly Ash untuk peningkatan nilai CBR tanah dasar" dengan menggunakan variasi *fly ash* 10%, 13% dan 16% dan umur pemeraman 1, 7, 14 dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah lempung jenis A-7-6 mengalami peningkatan nilai CBR.
3. Dedy Kurniawan, Iswan, Setyanto 2015, dalam jurnal berjudul "Hubungan Nilai Konsolidasi dan Nilai Kuat Tekan Bebas pada Tanah Lempung yang Disubstitusi Material Pasir" dengan variasi jumlah campuran pasir sebesar 10%, 20% dan 30%. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian pemadatan standar untuk mencari nilai kadar air optimumnya, pengujian konsolidasi untuk mencari nilai

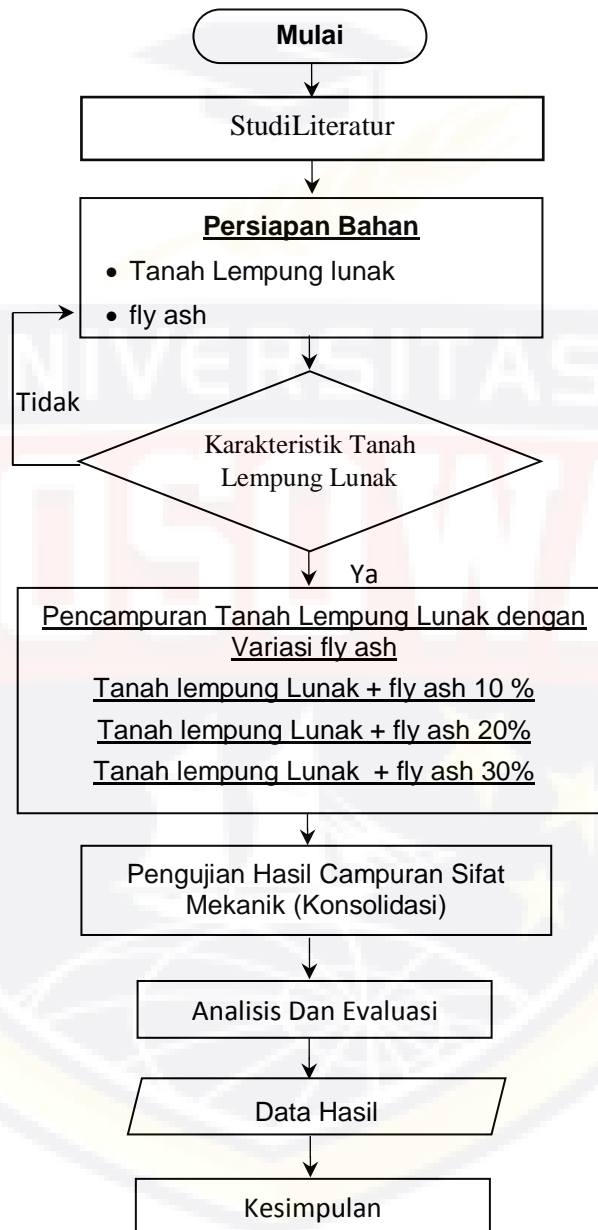
koefisien konsolidasi (C_v), indeks pemampatan (C_c) dan koefisien pemampatan (A_v) serta pengujian kuat tekan bebas untuk mencari nilai kuat tekan pada tanah tersebut.



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian

3.2. Jenis Pengujian Material

Tabel 3.1 Pengujian karakteristik tanah

No.	Jenis Pengujian	Referensi
1.	Analisa saringan	SNI 03-1968-1990
2.	Kadar air	ASTM D 2216-(71)
3.	Batas cair (<i>liquid limit</i> , LL)	SNI 03-1967-1990
4.	Batas Plastis (<i>plastic limit</i> , PL)	SNI 03-1966-1990
5.	Indeks plastisitas (<i>plasticity index</i> , PI)	SNI 03-1966-1990
6.	Berat Jenis tanah	SNI 03-1964-2008/ASTM D854-88(72)
7.	Analisis hydrometer	SNI 03-3423-1994
8.	Kepadatan tanah	ASTM D 698-70
9.	Konsolidasi	ASTM D 2435-96

3.3. Variabel Penelitian

Sebagaimana judul penelitian ini adalah Analisa nilai konsolidasi pada tanah lempung lunak yang dicampur dengan variasi fly ash . Maka variabel yang digunakan adalah :

- a. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah komposisi fly ash.
- b. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah konsolidasi.

3.4 Jumlah dan Notasi Sampel

3.4.1 Jumlah Sampel Pengujian Konsolidasi

Tabel 3.2. Jumlah sampel dalam setiap pengujian konsolidasi

No	Jenis Percobaan	Komposisi Campuran	Kode Sampel	Jumlah Sampel (Buah)	Total Sampel
1	Kompaksi (Standar Proktor Test)	Tanah Asli	K0	10	10
2	konsolidasi (<i>consolodation test</i>)	Tanah Asli	GL0	2	8
		Tanah + 10% Fly ash	GL2	2	
		Tanah + 20% Fly ash	GL3	2	
		Tanah + 30% Fly ash	GL4	2	
Total Benda Uji					18

Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2017

3.4.3 Notasi Sampel Konsolidasi

Tabel 3.4. Notasi sampel dalam setiap pengujian konsolidasi

No.	Tanah Lempung Lunak		Fly ash		Berat Campuran (gr)
	Persentase	Berat (gr)	Persentase	Berat (gr)	
1	100%	1000	0%	0	1000
2	90%	900	10%	100	1000
3	80%	800	20%	200	1000
4	70%	700	30%	300	1000

Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2017

3.5 Metode Analisis

Pada analisa data yang digunakan yaitu analisis terhadap data hasil uji di laboratorium sebagai berikut :

a. Analisis Tanah Asli

1. Analisis distribusi butiran terhadap tanah yaitu melakukan analisis hasil pengujian tanah di laboratorium dan klasifikasinya menurut

klasifikasi tanah serta menggolongkannya menurut jenis mineral tanah.

2. Analisis kadar air dan berat jenis tanah lempung lunak terhadap penggunaan lapisan tanah dasar.
3. Analisis hasil pemadatan (Uji Proctor)
4. Analisis hasil pemadatan tanah asli dilakukan guna mengetahui nilai kadar air optimum terhadap peningkatan kepadatan tanah.

b. Analisis Tanah yang distabilisasi

1. Nilai koefisien konsolidasi terhadap variasi Fly Ash
2. Nilai Swelling index / penurunan terhadap variasi Fly Ash
3. Nilai Rekompresion index / Pengembangan terhadap variasi Fly Ash

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Dasar Tanah Asli

Hasil Pemeriksaan Karakteristik Fisik Tanah Tanpa Bahan

Tambah

Tabel 4.1 Rekapitulasi hasil pemeriksaan karakteristik tanah tanpa bahan tambah

No	Parameter	Hasil
1	Pemeriksaan kadar air	33.34 %
2	Pengujian berat jenis	2.72 g/cm ³
3	Pengujian analisa saringan	
	#4 (4,75 mm)	100.00 %
	#10 (2,00 mm)	97.88 %
	#20 (0,85 mm)	95.41 %
	#40 (0,43 mm)	93.85 %
	#60 (0,25 mm)	91.88 %
	#80 (0,18 mm)	90.82 %
	#100 (0,15 mm)	87.35 %
	#200 (0,075 mm)	72.06 %
4	pengujian batas-batas atterberg	
	1. Batas Cair	60.21 %
	2. Batas Plastis	27.09 %
	3. Batas Susut	4.59 %
	4. Indeks Plastisitas	33.12 %
	5. Activity	1.79
5	Pengujian analisis hidrometer	
	Pasir	27.94 %
	lanau	34.59 %
	lempung	37.47 %
6	Pengujian kompaksi	
	kadar air optimum	26.00 %
	γ_d	1.48 kg/cm ³

Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2017

4.2. Pembahasan Hasil Pemeriksaan Karakteristik Tanah Tanpa Bahan Tambah

4.2.1. Berat Jenis (Gs)

Dari hasil pemeriksaan berat jenis spesifik diperoleh nilai berat jenis 2,72. Dari nilai berat jenis tersebut, tanah tersebut masuk kategori **lempung anorganik** yang mempunyai nilai berat jenis antara 2,68 – 2,75.

4.2.2. Pengujian Batas-batas Konsistensi

a. Batas Batas Atterberg

1) Batas Cair (Liquid Limit, LL)

Dari grafik hubungan jumlah ketukan dengan kadar air diperoleh nilai batas cair (LL) = 60,21 % maka tanah tersebut masuk kategori tanah lempung lunak dengan plastisitas yang tinggi (LL > 40%)

2) Batas Plastis (Plastic Limit, PL)

Dari hasil pengujian laboratorium diperoleh nilai batas plastis (PL) = 27,08%

3) Indeks Plastisitas (Indeks Plasticity, IP)

Berdasarkan rumus $PI = LL - PL$ diperoleh nilai indeks plastisitas (PI) = 33,12%. Tanah yang mempunyai nilai $PI > 17$ masuk kategori lempung dengan sifat plastisitas tinggi.

4) Batas Susut (Shrinkage Limit)

Dari hasil pengujian batas susut diperoleh nilai batas susut = 4,59% .

b. Analisa Gradasi Butiran

Dari hasil pengujian gradasi yang dilakukan dengan analisa saringan basah diperoleh hasil, tanah tersebut lebih dari 72,06% lolos saringan No.200. Sehingga didapat fraksi pasir sebesar 27,94%. Berdasarkan persen lolos saringan no.200 tanah tersebut masuk dalam golongan tanah lempung Lunak dengan kadar tinggi.

Dari hasil pengujian hidrometer berdasarkan kurva lengkungnya diperoleh hasil sebahagian besar ukuran butir tanah adalah fraksi lanau yaitu sebanyak 34,59% . sedangkan fraksi lempung sebesar 37,47%.

Peninjauan klasifikasi tanah yang mempunyai ukuran butir lebih kecil dari 0,075 mm, tidak berdasarkan secara langsung pada gradasinya, sehingga penentuan klasifikasinya lebih didasarkan pada batas batas atterbergnya.

c. Pengujian Kompaksi (Pematatan)

Dari pengujian pematatan Standar (Proctor test) diperoleh $w_{opt} = 22,97\%$ dan $\gamma_{maks} = 1,33 \text{ kg/cm}^3$.

4.3. Klasifikasi Tanah Asli

4.3.1 AASHTO (American Association Of State Highway And Transportation Officials)

Berdasarkan analisa basah, presentase bagian tanah yang lolos saringan no.200 adalah lebih besar dari 50 % ($> 30\%$). Sehingga tanah diklasifikasikan dalam kelompok : (A-4,A-5 ; A-6,A-7).

Batas cair (LL) = 60,72% .Untuk tanah yang batas cairnya lebih besar dari 41% maka tanah tersebut masuk dalam kelompok A-7 (A-7-5,A-7-6).

Indeks Plastisitas (PI) = 33,63%.Untuk kelompok A-7 nilai PI minimumnya sebesar 11% maka tanah dikelompokkan kedalam kelompok A-7(A-7-5,A-7-6).

Sedangkan nilai Batas Plastis (PL) = 27,09% ,untuk kelompok A-7-6

nilai PL < 30% ,sehingga tanah dikelompokkan ke dalam kelompok A-7-6.

Tanah yang masuk kategori A-7-6 termasuk klasifikasi tanah lempung.

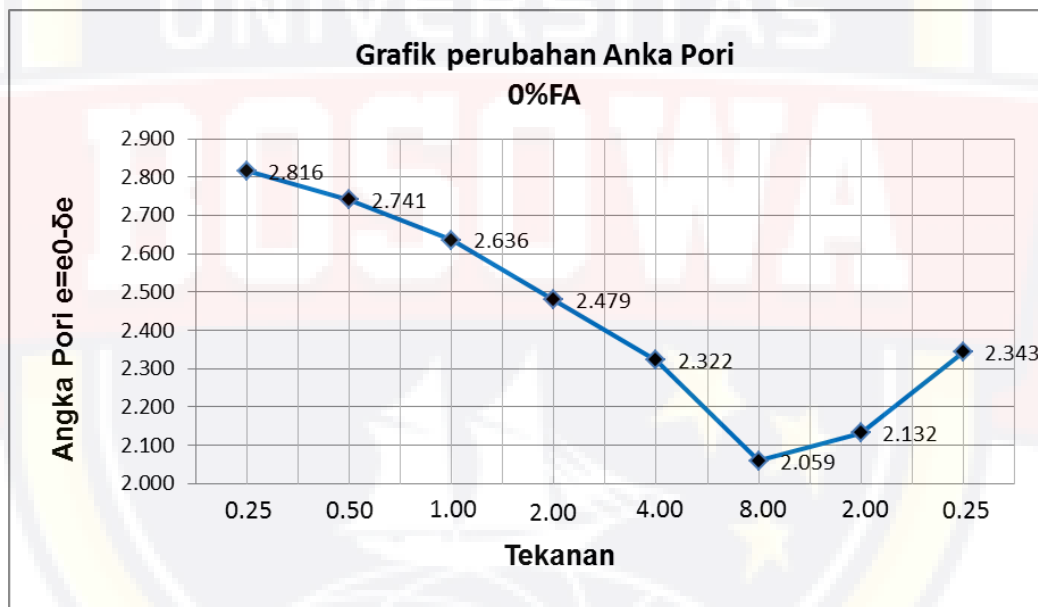
4.4. Hasil Pengujian Konsolidasi dengan Variasi Fly Ash

4.4.1. Analisa Gradasi Butiran Berdasarkan Pengujian Konsolidasi

Hasil percobaan konsolidasi tanah lempung lunak dengan variasi Fly Ash berdasarkan perubahan angka pori ditiap pembebanan yang di berikan dengan variasi yang berbeda dapat di lihat dan diamati berdasarkan tabel dan grafik sebagai berikut:

Tabel:4.2. Pengamatan Angka Pori Variasi,F.A 0% Berdasarkan Tekanan

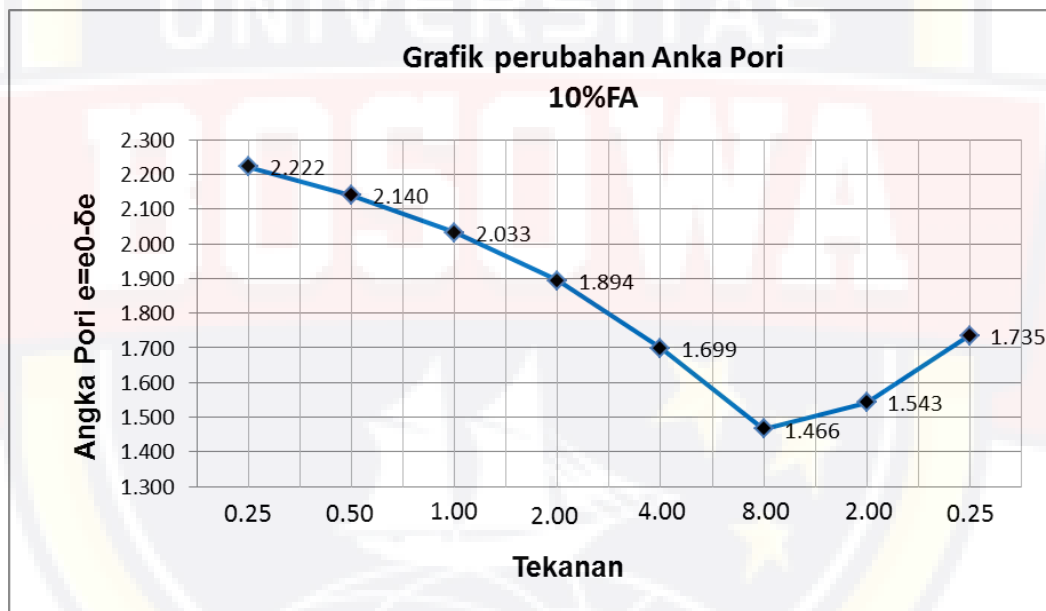
0%	
Tekanan (kg/cm ²)	Angka Pori, $e=e_0-\delta e$
0.25	2.816
0.50	2.741
1.00	2.636
2.00	2.479
4.00	2.322
8.00	2.059
2.00	2.132
0.25	2.343



Gambar 4.1. Grafik Pengamatan Angka Pori Variasi F.A 0% DiTiap Beban.

Tabel:4.3. Pengamatan Angka Pori Variasi, F.A 10% Berdasarkan Tekanan

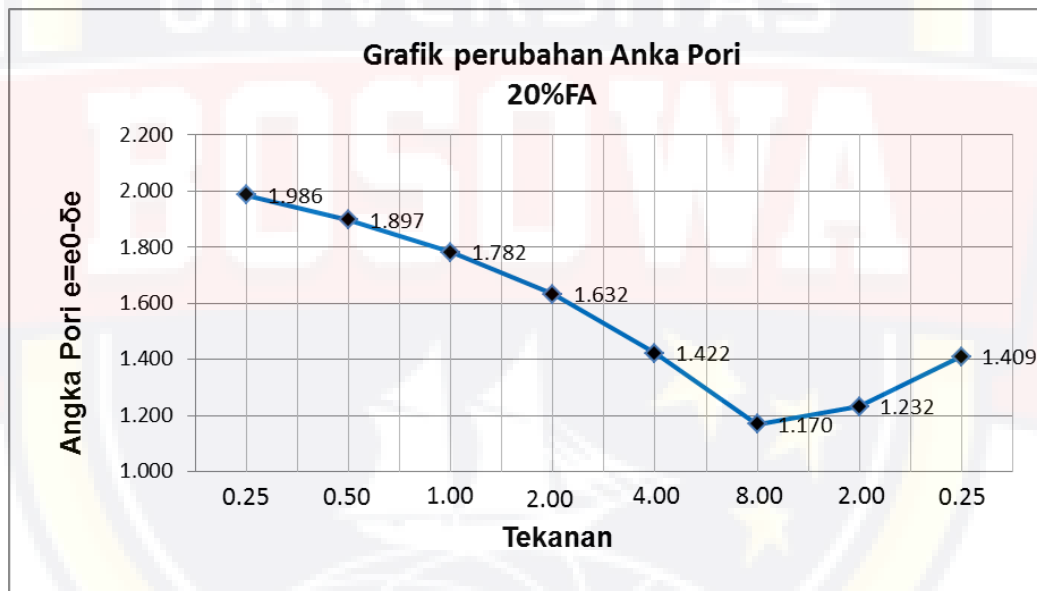
10%	
Tekanan (kg/cm ²)	Angka Pori, $e=e_0-\delta e$
0.25	2.222
0.50	2.140
1.00	2.033
2.00	1.894
4.00	1.699
8.00	1.466
2.00	1.543
0.25	1.735



Gambar 4.2. Grafik Pengamatan Angka Pori Variasi F.A 10% Di Tiap Beban.

Tabel:4.4. Pengamatan Angka Pori Variasi, F.A 20% Berdasarkan Tekanan

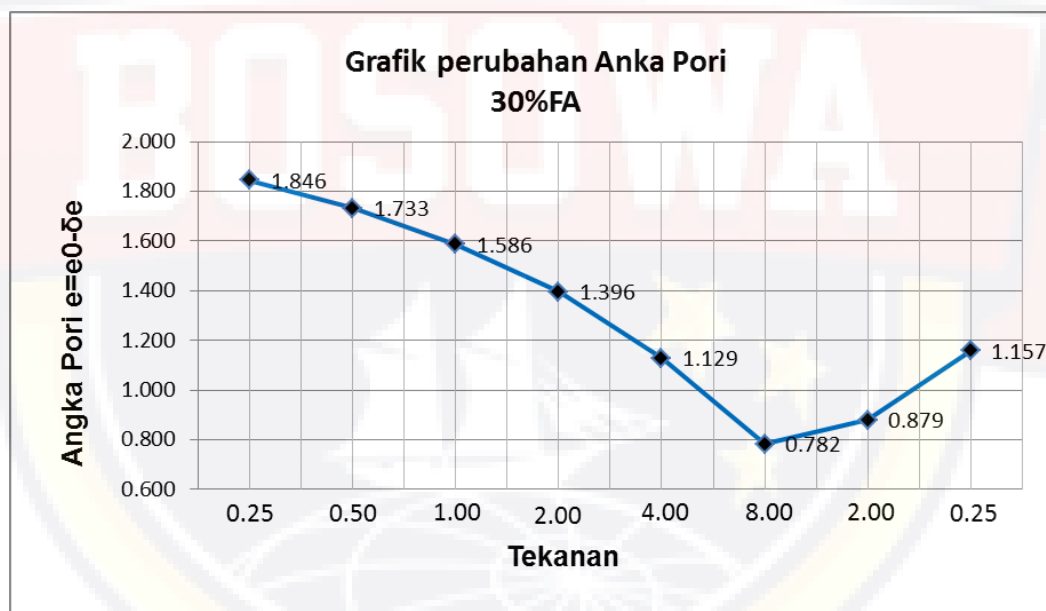
20%	
Tekanan (kg/cm ²)	Angka Pori, $e=e_0-\delta e$
0.25	1.986
0.50	1.897
1.00	1.782
2.00	1.632
4.00	1.422
8.00	1.170
2.00	1.232
0.25	1.409



Gambar 4.3. Grafik Pengamatan Angka Pori Variasi F.A 20% DiTiap Beban.

Tabel:4.5. Pengamatan Angka Pori Variasi,F.A 30% Berdasarkan Tekanan

30%	
Tekanan (kg/cm ²)	Angka Pori, $e=e_0-\delta e$
0.25	1.846
0.50	1.733
1.00	1.586
2.00	1.396
4.00	1.129
8.00	0.782
2.00	0.879
0.25	1.157



Gambar 4.4. Grafik Pengamatan Angka Pori TVariasi F.A 30% Diap Beban.

Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2018

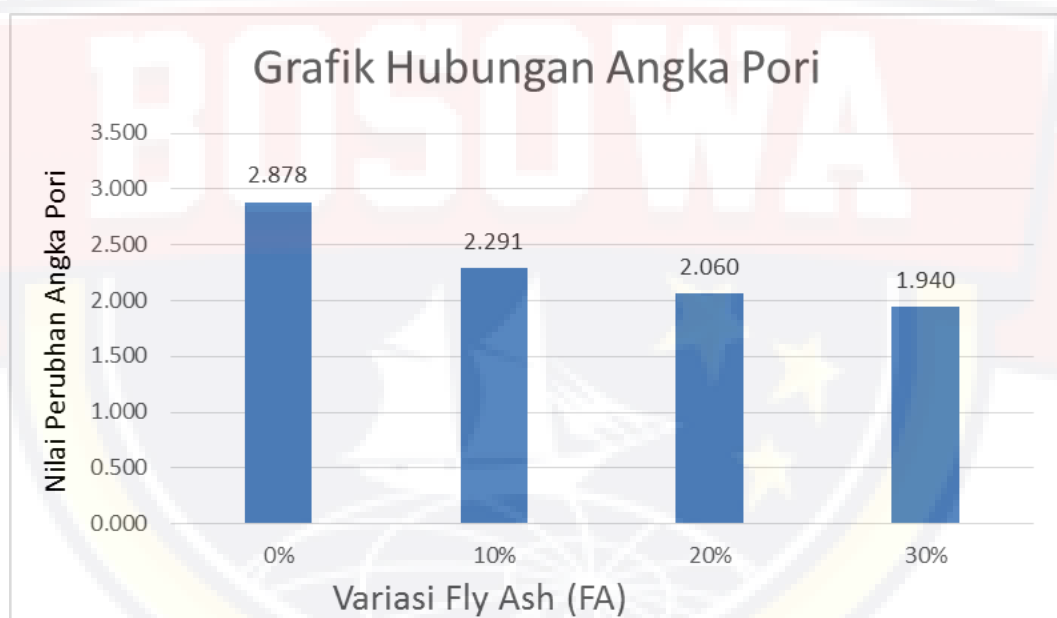
Dari grafik pengamatan perubahan angka pori yang terjadi di setiap pemberian beban pada benda uji konsolidasi di laboratorium, sebagaimana tergambar pada grafik 4.1. 4.2. 4.3. 4.4. merupakan hasil

pengamatan yang di peroleh langsung dari hasil uji laboratorium berdasarkan beban yang di berikan dengan variasi yang berbeda-beda dapat dilihat pengaruh tekanan terhadap perubahan angka pori di setiap penambahan dan pengurangan tekanan pada tiap-tiap variasi.

Tabel:4.6. Perubahan Angka Pori Dengan Variasi Fly Ash

Variasi	Angka Pori, $e=e_0-\delta e$
0%	2.878
10%	2.291
20%	2.060
30%	1.940

Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2018



Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2018

Gambar 4.5. Grafik Perubahann Angka Pori Dengan Variasi Fly Ash

Perubahan angka pori terhadap nilai konsolidasi tanah lempung lunak berdasarkan variasi Fly Ash dapat dilihat pada Tabel 4.6. Dan Grafik 4.5. yang merupakan hasil dari penjumlahan rata-rata dari hasil pengamatan di setiap tekanan dan variasi yang di berikan pada setiap

benda uji yang telah di laksanakan di laboratorium universitas bosowa makassar,2018.

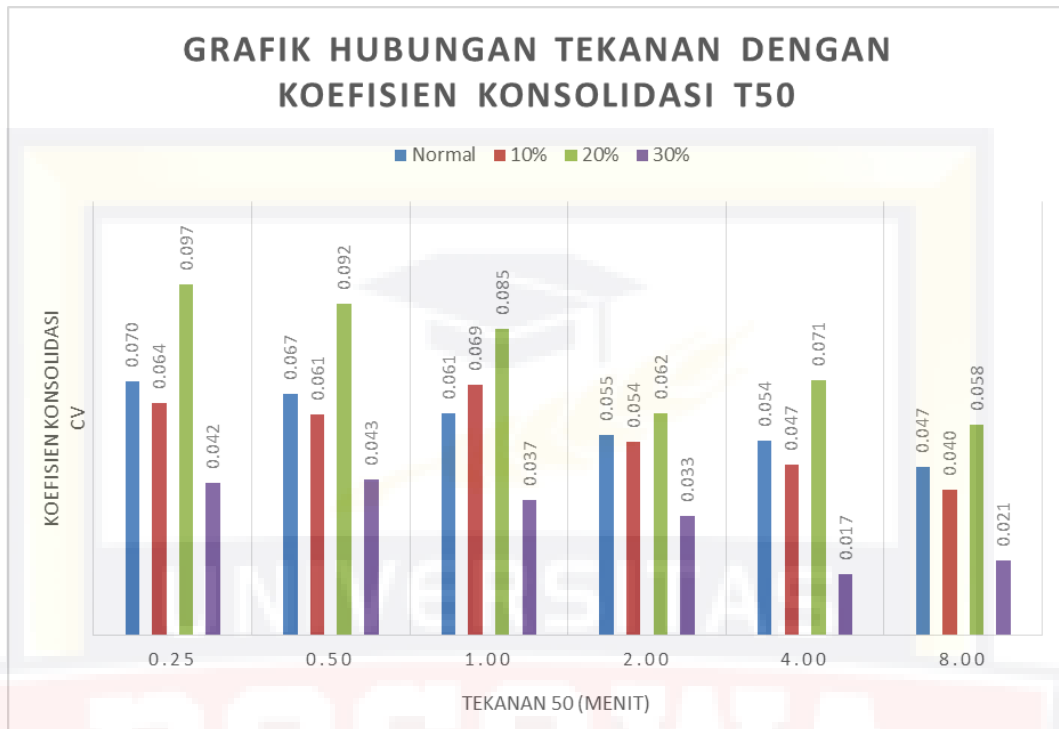
4.4.2. Koefisien Konsolidasi (CV)

Koefisien Konsolidasi (CV) dicari untuk menentukan kecepatan pengaliran air pada arah vertical dalam tanah, untuk mengetahui hasil perubahan dan perbandingan Koefisien Konsolidasi(cv) pada tanah lempung lunak yang dicampur dengan variasi *Fly Ash* dengan komposisi 0%,10%,20%,30%, dapat dilihat pada tabel Cv dan grafik cv sebagai berikut:

Tabel:4.7. koefisien konsolidasi(cv/t50)

Tekanan (kg/cm ²)	CV/t90			
	0%	10%	20%	30%
0.25	0.081	0.138	0.132	0.155
0.50	0.079	0.203	0.100	0.144
1.00	0.075	0.191	0.093	0.072
2.00	0.069	0.172	0.085	0.053
4.00	0.063	0.153	0.092	0.031
8.00	0.068	0.131	0.076	0.042

Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2018.



Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2018

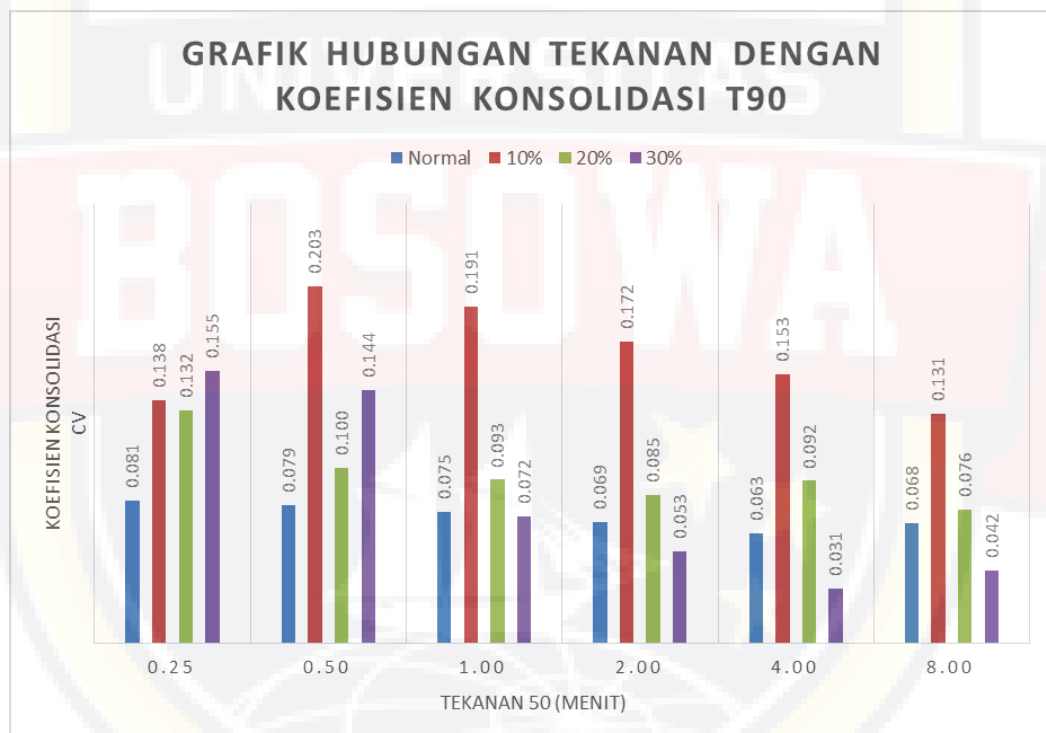
Gambar 4.6. Grafik gabungan antara variasi Fly Ash dengan koefisien konsolidasi(cv/t₅₀)

Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa terjadi perubahan nilai koefisien konsolidasi(cv/t₅₀) pada tanah lempung lunak dengan variasi Fly Ash dengan komposisi variasi yang berbeda berdasarkan tekanan dan komposisi variasi yang diberikan sebagaimana pada Tabel 4.7. Dan Gambar 4.6.

Tabel:4.8. koefisien konsolidasi(cv/t90)

Tekanan (kg/cm ²)	CV/t90			
	0%	10%	20%	30%
0.25	0.081	0.138	0.132	0.155
0.50	0.079	0.203	0.100	0.144
1.00	0.075	0.191	0.093	0.072
2.00	0.069	0.172	0.085	0.053
4.00	0.063	0.153	0.092	0.031
8.00	0.068	0.131	0.076	0.042

Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2018



Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2018

Gambar 4.7. Grafik gabungan antara variasi Fly Ash dengan koefisien konsolidasi(cv/t90)

Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa terjadi perubahan nilai koefisien konsolidasi(cv/t90) pada tanah lempung lunak dengan variasi Fly Ash dengan komposisi variasi yang berbeda sebagaimana

berdasarkan waktu 90menit pada tiap tekanan yang diberikan dan komposisi tanah dengan Fly Ash yang berbeda dapat di lihat pada Tabel 4.8. Dan Gambar .4.7. Diatas. Dari tabel diatas dapat dilihat hubungan akar waktu dan factor waktu koefisien konsolidasi(cv/t_{50}) Dan koefisien konsolidasi($cv/90$) yang mengalami perubahan kecepatan pengaliran air pada arah vertical dalam tanah. Hal ini disebabkan adanya pengaruh variasi Fly Ash terhadap tanah lempung lunak sebagaimana tercantum pada Gambar: 4.6(cv/t_{50}) Dan Gambar: 4.7.(cv/t_{90}).

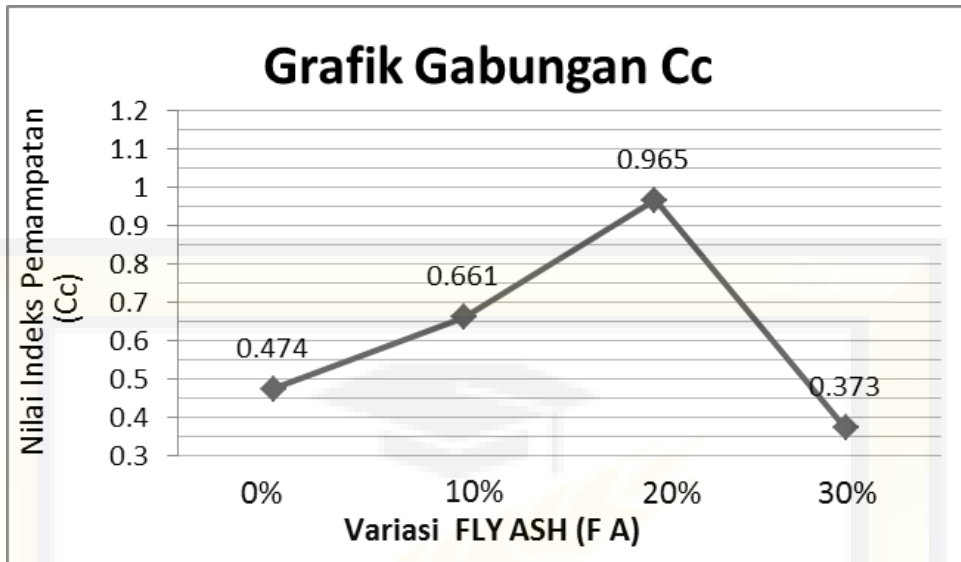
4.4.3. Menentukan Nilai Indeks Pemampatan (Cc) Dan Nilai Indeks Pengembangan (Cs).

Indeks pemampatan digunakan untuk mengetahui besarnya penurunan yang terjadi akibat tekanan yang diberikan pada uji konsolidasi tanah lempung lunak yang dicampur dengan variasi *Fly Ash* dengan komposisi campuran 0%,10%,20% dan 30%. Sedangkan Nilai Indeks Pengembangan (Cs) digunakan untuk mengetahui besarnya indeks pemuai yang lebih kecil daripada ideks pemampatan.

Tabel 4.9. Hasil pengujian konsolidasi dengan variasi Fly Ash

Sampel	Indeks Pemampatan	Indeks Pengembangan
	(Cc)	(Cs)
Tanah Asli	0.474	0.239
Tanah Lempung Lunak + Fly Ash 10%	0.661	0.222
Tanah Lempung Lunak + Fly Ash 20%	0.965	0.194
Tanah Lempung Lunak + Fly Ash 30%	0.373	0.313

Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2018

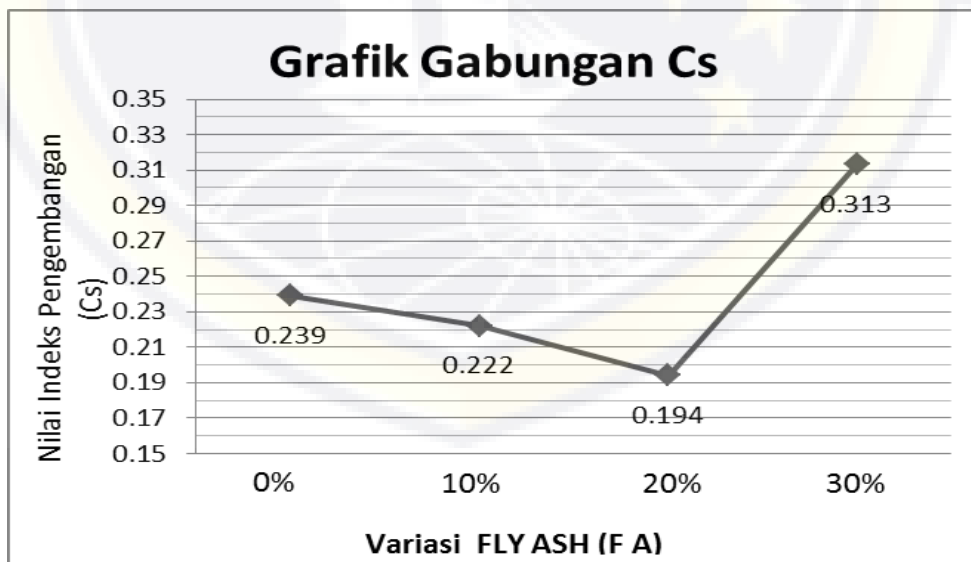


Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2018

Gambar 4.8 Grafik gabungan antara variasi Fly Ash dengan Sweling Indeks (Cc)

Berdasarkan gambar 4.8 menunjukkan bahwa nilai swelling Indeks (Cc) terendah pada komposisi tanah lempung lunak + fly ash 30 % yaitu 0.373 (Cc) , sedangkan tertinggi pada komposisi tanah lempung lunak + fly ash 20 % yaitu 0,965 (Cc).

Sumber : Hasil pengujian laboratorium Universitas Bosowa, 2018



Gambar 4.9 Grafik gabungan antara variasi Fly Ash dengan Recompression Indeks (Cs)

Berdasarkan gambar 4.9 menunjukkan bahwa Rekompression Indeks (Cs) terendah pada komposisi tanah lempung lunak + fly ash 20 % yaitu 0.194 (Cs) , sedangkan tertinggi pada komposisi tanah lempung lunak + fly ash 30 % yaitu 0,313 (Cs).



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat diperoleh beberapa kesimpulan ,yaitu ;

1. Hasil Pengujian karakteristik tanah asli diperoleh bahwa tanah tersebut termasuk tanah berbutir halus dengan sifat palstisitas tinggi dimana ukuran butiran dominan adalah fraksi lempung sebesar 37.47%, fraksi lanau 34.59 % dan fraksi pasir sebesar 27.94 %.
2. Pada pengujian konsolidasi seiring dengan penambahan kadar fly ash dengan variasi 10 % dan 20 % mengalami peningkatan nilai swelling indeks (Cc) namun pada variasi 30% mengalami penurunan ,sedangkan untuk nilai Recomprension Indeks (Cs) mengalami penurunan pada variasi 10% dan 20% namun pada pada variasi 30% mengalami peningkatan .

5.2 SARAN

1. Bagi Para Peneliti yang ingin melakukan penelitian lanjutan konsolidasi dapat menggunakan jenis tanah yang berbeda dan variasi yang berbeda.
2. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan apabila ingin mengembangkan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Adha, Idharmahadi, 1992, Penuntun Praktikum Mekanika Tanah.

Adib Syarifudin, Noegroho Djarwanti , Niken Silmi Surjandari. 4 Desember 2013. "Perubahan Parameter Konsolidasi Tanah Lempung Tanon Yang Di Campur Abu Ampas Tebu".

Anwir, B.S, dan Rosnim Djafar, 1992, Kamus Teknik, Cetakan keduabelas, PT. Pradya Paramita. Yogyakarta.

Arifin B, 4 November 2008. "PENGARUH ABU SABUT KELAPA TERHADAP KOEFISIEN KONSOLIDASI TANAH LEMPUNG".

Bowles, Joseph E, 1986, Sifat-Sifat Fisis Geoteknis Tanah edisi kedua, Erlangga, Jakarta.

Braja, M Das, 1993, Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis), Jilid I, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Das, M. Braja, 1995, Mekanika Tanah (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis), Jilid I, Erlangga, Jakarta.

Dwita Rakhma Dani 2018 ANALISIS KONSOLIDASI TANAH LEMPUNG LUNAK DENGAN LIMBAH BETON SEBAGAI DRAINASE VERTIKAL.

Hardiyatmo, Hary Christady, 2002, Mekanika Tanah 2, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Kusnianti, Neni, 2008, *Pemanfaatan Asbuton Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah.*

Nasution, S, 1988, Buku Penuntun Membuat Thesis Skripsi Disertasi Makalah, Jemmars, Bandung.

Merdhiyanto, P. (2015). Sand-Lime Coloumn Stabilization On The Consolidation of Soft Clay Soil. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Pradoto, 1992, Analisis dan pemampatan gambut Palembang, ITB, Bandung.

Penuntun praktikum MEKANIKA TANAH Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Sipil Fakultas Teknik Bosowa 2012.

Sosrodarsono, Suyono, Ir, 1980, *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, PT. Pradya Paramita. Yogyakarta.

Sunggono, K.H. Ir, 1984, *Mekanika Tanah*, Nova, Bandung.

Susilo S, Budi, 1994, *Mekanika Tanah Edisi IV*, Erlangga, Jakarta.

Solekan. 2017. Penggunaan Limbah Beton Sebagai Bahan Perbaikan Tanah Lempung Terhadap Parameter Kuat Geser. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Shirley LH, Ir, 1994, Penuntun Praktis Geoteknik dan Mekanika Tanah, Nova, Bandung.

Terzaghi, K., Peck, R. B., 1965, *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Jilid 1*, PT.

Tanari, Bleiser, 2013, *Perbaikan Kapasitas Subgrade Tanah Lempung Dengan Asbuton Jenis Lawele Granuar Asphalt (LGA)*.

Wijayanto, D.B. 2015. Pengaruh Variasi Diameter Kolom Campuran Pasir Kapur Terhadap Konsolidasi Tanah Lempung Lunak. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Wesley L, Ir, Dr 1977, *Mekanika Tanah*, Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.





LAMPIRAN



Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir
Nama : Muhammad Aidul
Stambuk : 45 12 041 009
Judul : Analisa Nilai Konsolidasi Pada Tanah Lempung Lunak Yang Di Campur Dengan FLY ASH

Pengujian Sifat Fisis

No	Parameter	satuan	tanah asli	variasi		
				T.A 90% + FA. 10%	T.A 90% + FA. 10%	T.A 90% + FA. 10%
1	Pemeriksaan kadar air	%	33.34	-	-	-
2	Pengujian berat jenis	g/cm ³	2.72	-	-	-
Pengujian analisa saringan						
3	#4 (4,75 mm)	%	100.00	-	-	-
	#10 (2,00 mm)	%	97.88	-	-	-
	#20 (0,85 mm)	%	95.41	-	-	-
	#40 (0,43 mm)	%	93.85	-	-	-
	#60 (0,25 mm)	%	91.88	-	-	-
	#80 (0,18 mm)	%	90.82	-	-	-
	#100 (0,15 mm)	%	87.35	-	-	-
	#200 (0,075 mm)	%	72.06	-	-	-
pengujian batas-batas atterberg						
4	1. Batas Cair	%	60.21	-	-	-
	2. Batas Plastis	%	27.09	-	-	-
	3. Batas Susut	%	4.59	-	-	-
	4. Indeks Plastisitas	%	33.12	-	-	-
	5. Activity	%	1.79	-	-	-
Pengujian analisis hidrometer						
5	Pasir	%	27.94	-	-	-
	lanau	%	34.59	-	-	-
	lempung	%	37.47	-	-	-
Pengujian kompaksi						
6	kadar air optimum	%	26.00	-	-	-
	γ_d	kg/cm ³	1.48	-	-	-
Pengujian Konsolidasi						
7	Angka pori, $e=(H/H_s)-1$	kg/cm ²	2.878	2.291	2.060	1.940
	swelling index (Cc)	kg/cm ²	0.474	0.661	0.965	0.373
	Recompression index (Cs)	kg/cm ²	0.239	0.222	0.194	0.313

Diperiksa Oleh :

Hasrullah,ST
Asisten Lab

Makassar,28 Agustus 2017
Dibuat oleh :

Muhammad Aidul
Mahasiswa

Mengetahui:
KEPALA LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

Ir. H. SYAHRUL SARIMAN, MT.
NIDN. 00 100359 03



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR
Jln.Urip Sumoharjo km.6 No.240 (Telp/Fax. 0411-245245)

PENGUJIAN BERAT JENIS
(SNI 1964:2008)

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir (S1)
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa
Sampel : Tanah Asli
Diuji Oleh : Muhammad Aidul

PENGUJIAN BERAT JENIS
(SNI 1964:2008)

Nomor Pikhnometer	-	I	II
Berat Pikhnometer, (W1)	gram	50.1	30.5
Berat Pikhnometer + Air, (W2)	gram	148.6	130
Berat Pikhnometer + Air + Tanah, (W3)	gram	180.5	161.4
Berat Tanah Kering, (W4)	gram	50	50
Temperatur	⁰ C	25	25
Faktor Koreksi		0.99708	0.99708
Berat Jenis (Gs)		2.75	2.68
Berat Jenis rata-rata		2.717	

Tabel Pembagian Jenis Tanah Berdasarkan Berat Jenis

Jenis Tanah	Berat Jenis (Gs)
Kerikil	2,65 - 2,68
Pasir	2,65 - 2,68
Lanau Tak organik	2,62 - 2,68
Lempung Organik	2,58 - 2,65
Lempung Tak organik	2,68 - 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,27 - 1,80

(Sumber : Hardiyatmo, 1992)

Makassar, 28 Agustus 2017

Diperiksa Oleh :

Dibuat oleh :

Hasrullah, ST
Asisten Lab

Muhammad Aidul
Mahasiswa



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR**

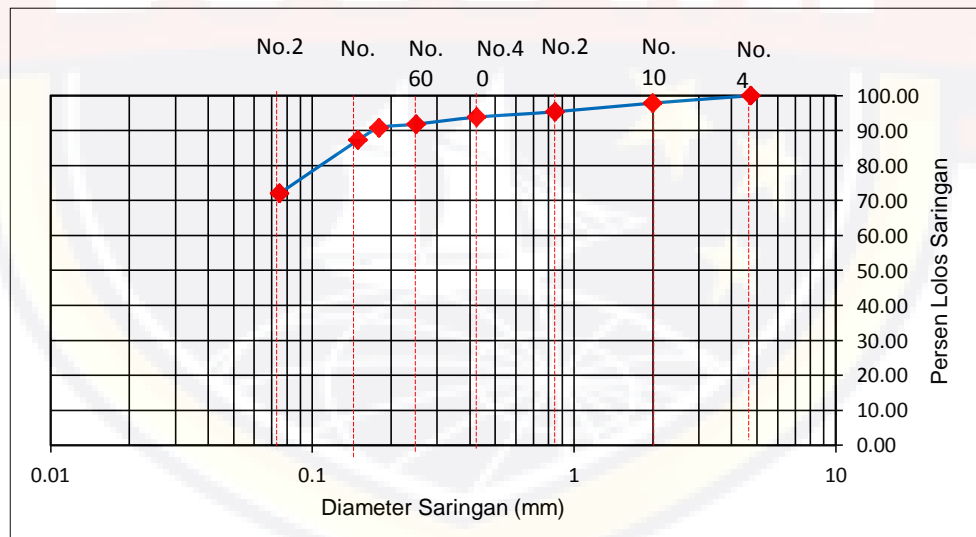
Jln.Urip Sumoharjo km.6 No.240 (Telp/Fax. 0411-245245)

**PENGUJIAN ANALISA SARINGAN
(SNI 3423:2008)**

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir (S1)
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa
Sampel : Tanah Asli
Diuji Oleh : Muhammad Aidul

**PENGUJIAN ANALISA SARINGAN
(SNI 3423:2008)**

Saringan No.	Diameter (mm)	Berat Tertahan (gram)	Berat Kumulatif (gram)	Persen (%)	
				Tertahan	Lolos
4	4.75	0	0	0.00	100.00
10	2	3	3	2.12	97.88
20	0.85	3.5	6.5	4.59	95.41
40	0.43	2.2	8.7	6.15	93.85
60	0.25	2.8	11.5	8.12	91.88
80	0.18	1.5	13	9.18	90.82
100	0.15	4.9	17.9	12.65	87.35
200	0.075	21.65	39.55	27.94	72.06
Pan	-	1.85	41.4		
Berat total W1		141.6			



Makassar, 28 Agustus 2017

Diperiksa Oleh :

Dibuat oleh :

Hasrullah.ST
Asisten Lab

Muhammad Aidul
Mahasiswa



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

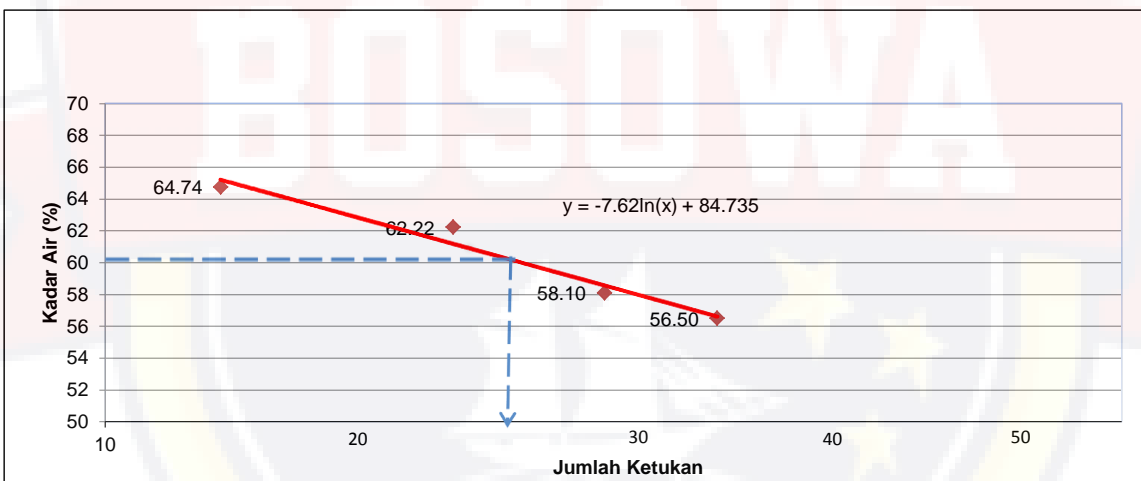
Jln.Urip Sumoharjo km.6 No.240 (Telp/Fax. 0411-245245)

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir (S1)
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa
Sampel : Tanah Asli
Diuji Oleh : Muhammad Aidul

PENGUJIAN BATAS-BATAS ATTERBERG (SNI 1996:2008)							
No. Test	-	Batas Cair (LL)				Batas Plastis (PL)	
Jumlah Pukulan	-	40	31	22	13		
No. Container	-	A1	A2	A3	A4	B1	B2
Berat Tanah Basah + Container (W1)	Gram	52.99	58.50	56.34	63.20	33.00	35.50
Berat Tanah Kering + Container (W2)	Gram	37.00	40.20	37.99	41.90	30.90	33.98
Berat Container (W3)	Gram	8.70	8.70	8.50	9.00	25.90	21.50
Berat Air (Ww=W1-W2)	Gram	15.99	18.30	18.35	21.30	2.10	1.52
Berat Tanah Kering, (Wd=W2-W3)	Gram	28.30	31.50	29.49	32.90	5.00	12.48
Kadar Air, Ww/Wd x 100%	%	56.50	58.10	62.22	64.74	42.00	12.18
Kadar air Rata-rata	%	60.39				27.09	

Batas cair mengacu pada SNI 03-1967-1990

LL	PL	PI
%	%	%
60.21	27.09	33.12



Batas Cair (LL) didapat pada pukulan 25
Jadi, LL = $-7.62 \ln(25) + 84.735 = 60.21\%$

Makassar, 28 Agustus 2017

Diperiksa Oleh :

Dibuat oleh :

Hasrullah, ST
Asisten Lab

Muhammad Aidul
Mahasiswa



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR**

Jln.Urip Sumoharjo km.6 No.240 (Telp/Fax. 0411-245245)

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir (S1)
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa
Sampel : Tanah Asli
Diuji Oleh : Muhammad Aidul

**PENGUJIAN BATAS SUSUT
(SNI 3422:2008)**

No. Test	-	1	2
Berat Mould (W1)	Gram	11.6	10.9
Berat Mould + Tanah Basah (W2)	Gram	35.4	35.1
Berat Mould + Tanah Kering (W3)	Gram	25.9	26.2
Berat Air Raksa yang dipakai untuk Mengisis Mangkok Shringkage (W4)	Gram	223.7	207.8
Berat Air Raksa yang dipindahkan oleh tanah yang di test, (W5)	Gram	102.6	97.2
Berat Tanah Basah, $W_{wet}=W2-W1$	Gram	23.8	24.2
Berat Tanah Kering, $W_d=W3-W1$	Gram	14.3	15.3
Berat Air, $W_w=W2-W3$	Gram	9.5	8.9
Berat Cawang Petri, (Wp)	Gram	42.9	42.9
Berat Jenis Air Raksa (r)	Gram	13.6	13.6
Volume tanah basah, $V_w=(W4-W_p)/r$	m ³	13.29	12.13
Volume tanah kering, $V_d=(W5-W_p)/r$	m ³	4.39	3.99
Kadar air = $W_w/W_d \times 100\%$	%	66.43	58.17
Batas susut : SL = Kadar air - $((V_w-V_d)/W_d) \times 100\%$	%	4.16	5.02
SL rata-rata	%	4.59	

Makassar, 28 Agustus 2017

Diperiksa Oleh :

Dibuat oleh :

Hasrullah.ST
Asisten Lab

Muhammad Aidul
Mahasiswa



Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir (S1)
 Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa
 Sampel : Tanah Asli
 Diuji Oleh : Muhammad Aidul

PENGUJIAN KOMPAKSI
 (SNI 03-1742-1989)

Berat Tanah Basajh	gr	2000	2000	2000	2000	2000
Kadar Air Mula-mula	gr	9.59	9.59	9.59	9.59	9.59
Penambahan Air	%	10	12.5	15	17.5	20
Penambahan Air	cc	200	250	300	350	400

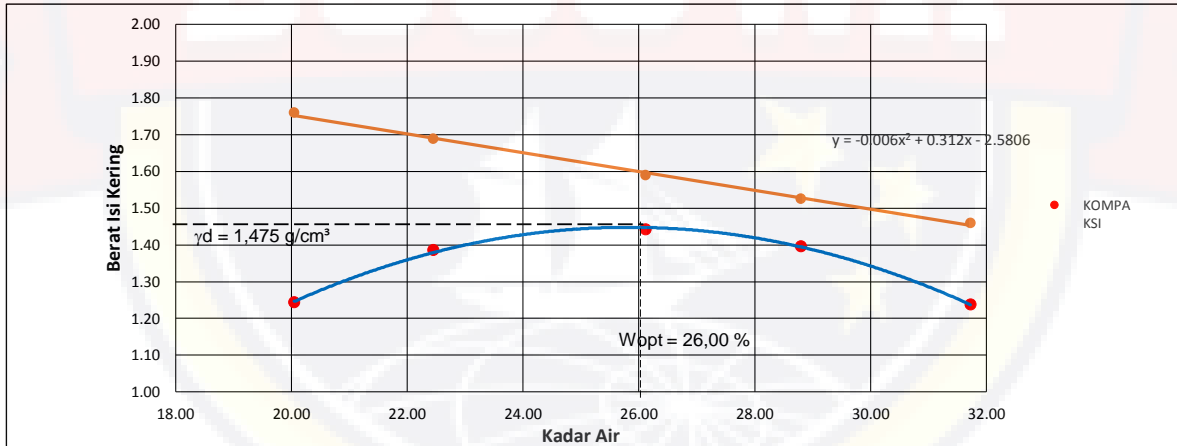
BERAT ISI

Berat Tanah + Cetakan	gr	4789	5673	5618	5470	5120
Berat Cetakan	gr	3375	4065	3895	3767	3575
Berat Tanah Basah, (Ww)	gr	1414	1608	1723	1703	1545
Isi Cetakan, (V)	cm ³	947.39	947.39	947.39	947.39	947.39
Berat Isi Basah, (γw)	gr/cm ³	1.49	1.70	1.82	1.80	1.63
Berat Isi Kering, (γd)	gr/cm ³	1.24	1.39	1.44	1.40	1.24
Zero Air Void, (γZAV) 100%	gr/cm ³	1.76	1.69	1.59	1.52	1.46

KADAR AIR

Berat Tanah Basah + Cawan	gr	58.40	60.00	58.90	62.50	60.00	59.20	57.90	59.70	62.90	64.10
Berat Tanah Kering + Cawan	gr	50.00	51.60	49.90	52.70	49.30	48.90	46.80	48.40	49.90	50.70
Berat Air (Ww)	gr	8.40	8.40	9.00	9.80	10.70	10.30	11.10	11.30	13.00	13.40
Berat Cawan	gr	8.60	9.20	9.40	9.50	8.70	9.10	8.70	8.70	8.60	8.80
Berat Tanah Kering (Wd)	gr	41.40	42.40	40.50	43.20	40.60	39.80	38.10	39.70	41.30	41.90
Kadar Air (ω)	%	20.29	19.81	22.22	22.69	26.35	25.88	29.13	28.46	31.48	31.98
Kadar Air Rata-rata	%	20.05	22.45	26.12	28.80	31.73					

Berat Jenis (Gs) = 2.717



Catatan : pepadatan ringan cara A

wopt

$$\begin{aligned}
 -0.006000 x^2 + 0.31200 x - 2.5806 &= Y = -0.006000 x^2 + 0.3120 x - 2.5806 \\
 \text{Kadar air optimum} &= 26.00 \\
 \text{γd maksimum} &= 1.475
 \end{aligned}$$

Makassar, 28 Agustus 2017

Diperiksa Oleh :

Dibuat oleh :

Hasrullah, ST
 Asisten Lab

Muhammad Aidul
 Mahasiswa



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR**

Jln.Urip Sumoharjo km.6 No.240 (Telp/Fax. 0411-245245)

Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir (S-1)
Lokasi : Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Bosowa
Sampel : Tanah Asli
Dikerjakan Oleh : Muhammad Aidul

**PENGUJIAN ANALISIS HIDROMETER TANAH
(SNI 3423:2008)**

Berat Jenis : 2.717 gram/cm³
Zero Correction : 1
Meniscus Correctior : 1
Gs Correction : 0.961

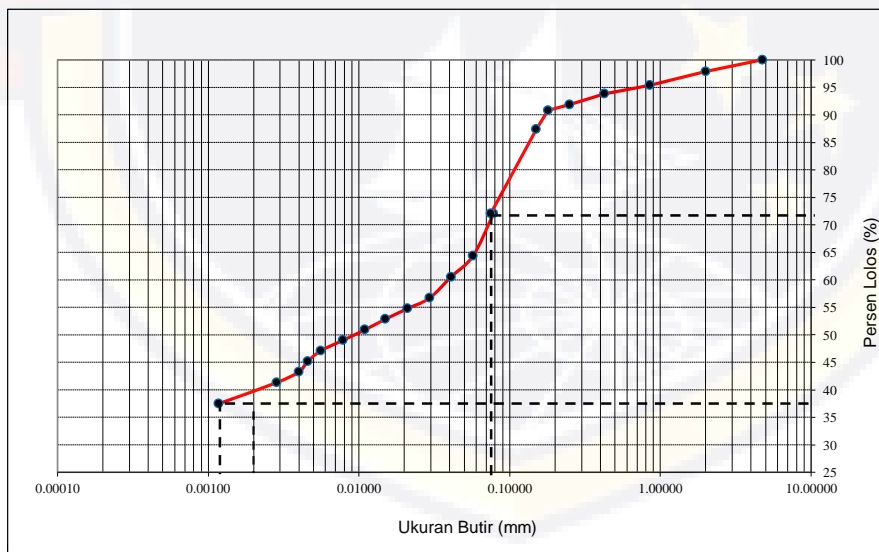
{a = 1.65 Gs/[(Gs-1)xGs]}

Berat Tanah, Ws : 50 gram

Rcp = R + Temperatur Correction - Zero Correction

Rcl = R + Meniscus Correction

Waktu (menit)	T (°C)	R	Rcp	% Butiran Halus a.Rcp/Ws x 100 %	Rcl	L (cm)	K	D=K (L/t) ^{0.5}
0.25	28	36	37.50	72.06	37	10.2	0.01225	0.07825
0.5	28	32	33.50	64.37	33	10.9	0.01225	0.05720
1	28	30	31.50	60.53	31	11.1	0.01225	0.04081
2	28	28	29.50	56.69	29	11.5	0.01225	0.02937
4	28	27	28.50	54.76	28	11.7	0.01225	0.02095
8	28	26	27.50	52.84	27	11.9	0.01225	0.01494
15	28	25	26.50	50.92	26	12.0	0.01225	0.01096
30	28	24	25.50	49.00	25	12.2	0.01225	0.00781
60	28	23	24.50	47.08	24	12.4	0.01225	0.00557
90	28	22	23.50	45.16	23	12.5	0.01225	0.00457
120	28	21	22.50	43.24	22	12.7	0.01225	0.00399
240	28	20	21.50	41.31	21	12.9	0.01225	0.00284
1440	28	18	19.50	37.47	19	13.2	0.01225	0.00117



Makassar, 28 Agustus 2017

Diperiksa Oleh :

Dibuat oleh :

Hasrullah, ST
Asisten Lab

Muhammad Aidul
Mahasiswa



Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir
Nama : Muhammad Aidul
Stambuk : 45 12 041 009
Judul : Analisa Nilai Konsolidasi Pada Tanah Lempung Lunak Yang Di Campur Dengan FLY ASH

**PENGUJIAN KONSOLIDASI
(SNI 2812:2011)
T.A 100% + F.A 0% (Rata-Rata)**

Berat Ring, W_1	:	63.1	gram
Berat Tanah Basah + Ring, W_2	:	167.2	gram
Berat Tanah Kering + Ring, W_3	:	142.1	gram
Volume Ring, V	:	66.33	cm ³
Kadar Air, $\omega=(W_2-W_3)/(W_3-W_1). 100\%$:	31.77	%
Berat Volume Tanah Basah, $\gamma_{wet}=(W_2-W_1)/V$:	1.57	gram/cm ³
Berat Volume Tanah Kering, $\gamma_{dry}=\gamma_{wet}/(1+\omega)$:	1.191	gram/cm ³

Beban (kg)	0.825	1.65	3.3	6.6	13.2	26.4	6.6	0.825
Tekanan (kg/cm ²)	0.25	0.5	1	2	4	8	2	0.25
0 detik	0.000	0.323	0.710	1.250	2.060	2.869	4.226	3.839
6 detik	0.032	0.361	0.764	1.331	2.140	3.004	4.188	3.728
15 detik	0.042	0.373	0.781	1.356	2.166	3.047	4.176	3.693
30 detik	0.058	0.393	0.807	1.397	2.206	3.114	4.156	3.638
1 menit	0.083	0.423	0.849	1.460	2.269	3.220	4.126	3.552
2 menit	0.133	0.483	0.933	1.586	2.395	3.432	4.066	3.379
4 menit	0.201	0.564	1.048	1.757	2.566	3.720	3.983	3.144
8 menit	0.241	0.612	1.115	1.858	2.667	3.889	3.935	3.006
15 menit	0.273	0.651	1.169	1.938	2.748	4.025	3.896	2.895
30 menit	0.293	0.675	1.202	1.989	2.798	4.109	3.872	2.826
1 jam	0.303	0.687	1.219	2.014	2.823	4.152	3.860	2.791
2 jam	0.312	0.697	1.234	2.037	2.846	4.190	3.849	2.760
4 jam	0.320	0.707	1.248	2.057	2.866	4.224	3.839	2.733
8 jam	0.322	0.709	1.250	2.059	2.868	4.226	3.839	2.731
24 jam	0.323	0.710	1.250	2.060	2.869	4.226	3.839	2.730

Diperiksa Oleh :

Makassar, 22 Februari 2019
Dibuat oleh :

Hasrullah,ST
Asisten Lab

Muhammad Aidul
Mahasiswa



Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir
 Nama : Muhammad Aidul
 Stambuk : 45 12 041 009
 Judul : Analisa Nilai Konsolidasi Pada Tanah Lempung Lunak Yang Di Campur Dengan FLY ASH

**PENGUJIAN KONSOLIDASI
 (SNI 2812:2011)
 T.A 100% + F.A 0% (Rata-Rata)**

Diameter Contoh	:	6.5	cm
Luas Contoh	:	33.17	cm ²
Tinggi Spesimen (H)	:	2	cm
Berat Tanah Kering, Wd	:	79.00	gram
Berat Jenis	:	2.72	gram/cm ³
Tebal Bagian Padat, Hs = Wd/(Gs x A x γ _w)	:	0.516	
Angka Pori, e = (H/Hs)-1	:	2.878	

Tekanan (kg/cm ²)	Pembacaan Terakhir (mm)	Tinggi Spesimen, H(cm)	Perubahan Tinggi Spesimen, δH (cm)	Perubahan Angka Pori, δe=δH/H	Angka Pori, e=e ₀ -δe	Perubahan Tinggi Tanah Rata-rata, δH _a (cm)	Tinggi Tanah Setelah Perubahan, d (cm)	Waktu Konsolidasi 50% t ₅₀ (menit)	Waktu Konsolidasi 90% t ₉₀ (menit)	Koefisien Konsolidasi C _v = (0.197 x (d/2) ²)/t ₅₀	Koefisien Konsolidasi C _v = (0.848 x (d/2) ²)/t ₉₀
0	0.000	2.000	0.000	0.000	2.878	-	-				
0.25	0.323	1.968	0.032	0.063	2.816	0.016	1.984	2.75	10.24	0.070	0.081
0.50	0.710	1.929	0.071	0.138	2.741	0.052	1.948	2.80	10.24	0.067	0.079
1.00	1.250	1.875	0.125	0.242	2.636	0.098	1.902	2.90	10.24	0.061	0.075
2.00	2.060	1.794	0.206	0.399	2.479	0.166	1.834	2.99	12.25	0.055	0.058
4.00	2.869	1.713	0.287	0.556	2.322	0.246	1.754	2.80	11.56	0.054	0.056
8.00	4.226	1.577	0.423	0.820	2.059	0.355	1.645	2.85	9.61	0.047	0.060
2.00	3.849	1.615	0.385	0.746	2.132	0.404	1.596				
0.25	2.760	1.724	0.276	0.535	2.343	0.330	1.670				

Diperiksa Oleh :

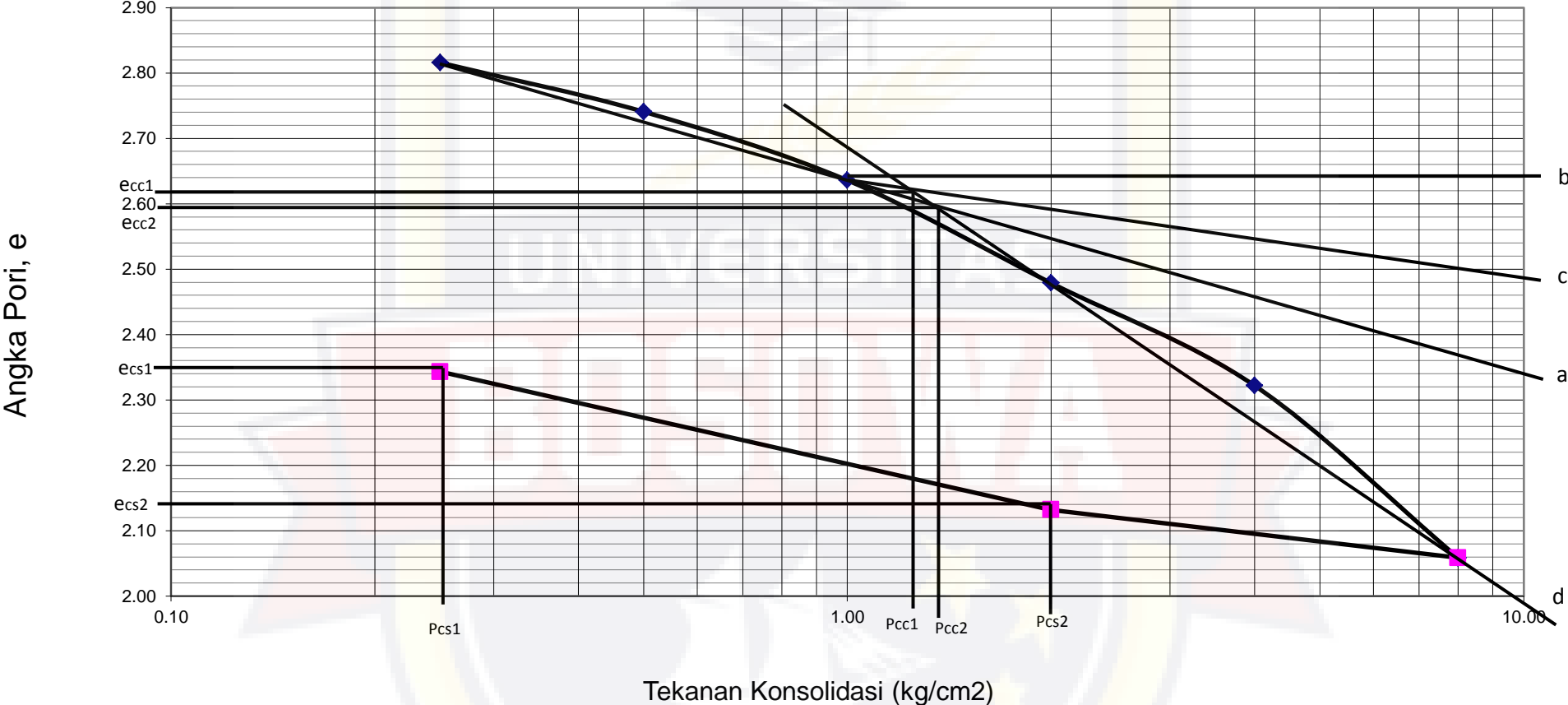
Hasrullah,ST
Asisten Lab

Makassar, 22 Februari 2019
 Dibuat oleh :

Muhammad Aidul
Mahasiswa

Grafik Hubungan antara Angka pori dengan Tekanan Konsolidasi

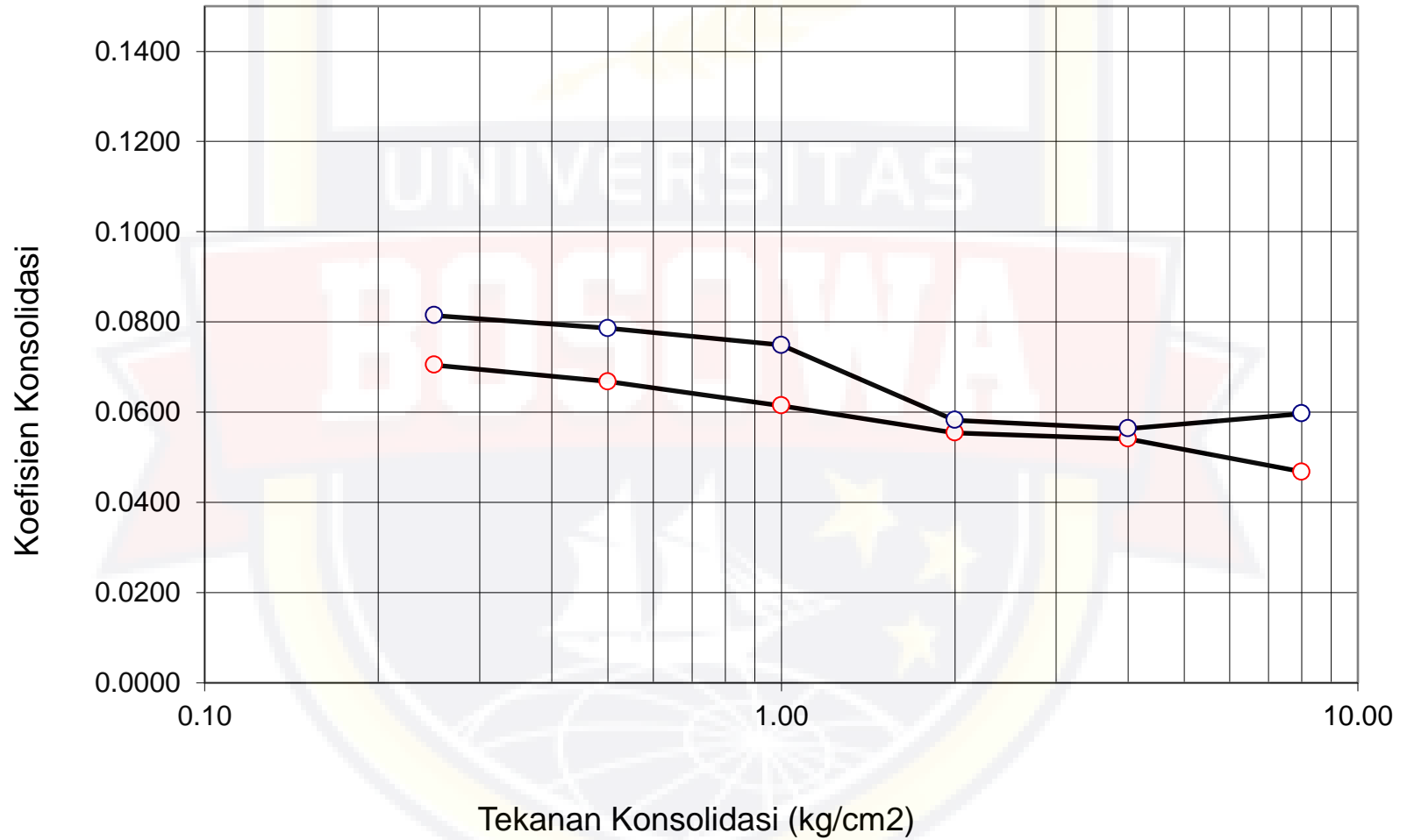
T.A 100% + F.A 0%



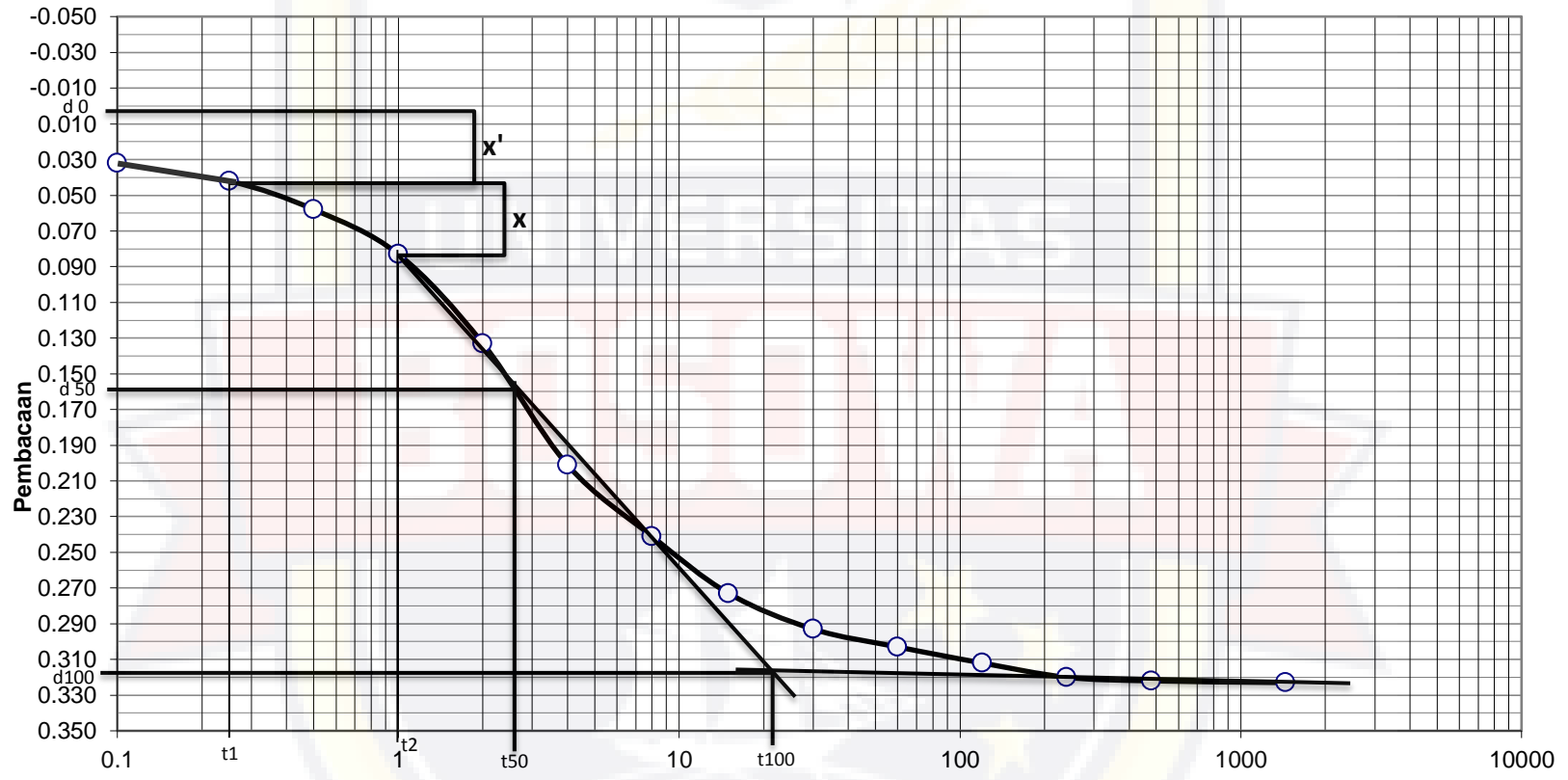
Pcc 1 = 1.350 ecc 1 = 2.620
 Pcc 2 = 1.550 ecc 2 = 2.592
 Pcs 1 = 0.265 ecs 1 = 2.350
 Pcs 2 = 2.000 ecs 2 = 2.140

$$\begin{aligned}
 cc &= (e_1 - e_2) / \log (P_2 / P_1) \\
 &= (2.620 - 2.592) / \log (1.550 / 1.350) \\
 &= 0.474 \\
 cs &= (e_1 - e_2) / \log (P_2 / P_1) \\
 &= (2.350 - 2.140) / \log (2.000 / 0.265) \\
 &= 0.239
 \end{aligned}$$

Grafik Hubungan antara Tekanan dan Koefisien Konsolidasi
T.A 100% + F.A 0%



Casagrande Method's
 Tekanan 0,25 kg/cm²
 T.A 100% + F.A 0%



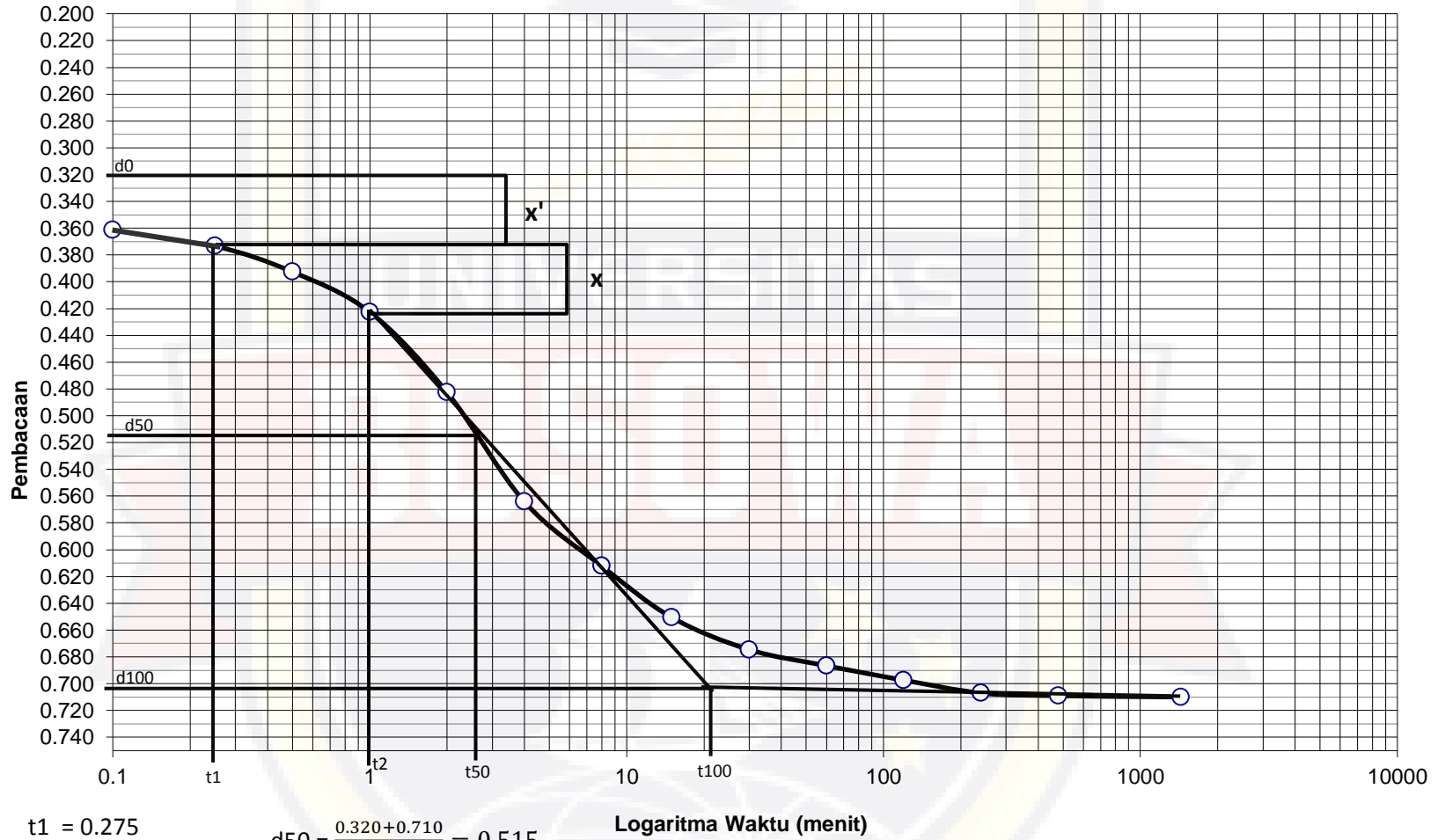
t1 = 0.25
 t2 = 1
 d0 = 0.000
 d100 = 0.312

$$d_{50} = \frac{0.000 + 0.312}{2} = 0.156$$

$$t_{50} = 2.75$$

Logaritma Waktu (menit)

Casagrande Method's
 Tekanan 0,5 kg/cm²
 T.A 100% + F.A 0%



t₁ = 0.275
 t₂ = 1
 d₀ = 0.320
 d₁₀₀ = 0.710

$$d_{50} = \frac{0.320 + 0.710}{2} = 0.515$$

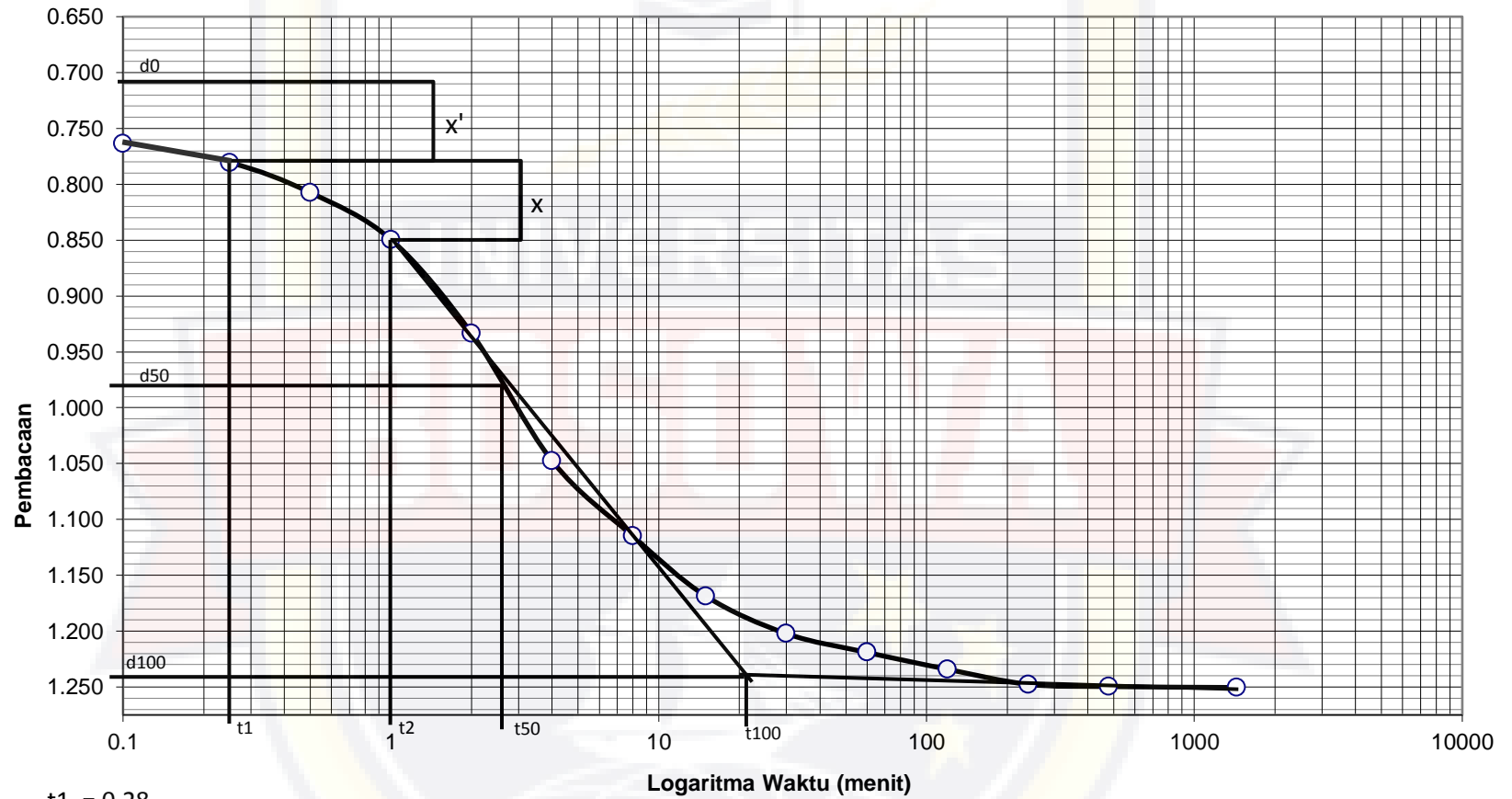
$$t_{50} = 2.80$$

Logaritma Waktu (menit)

Casagrande Method's

Tekanan 1 kg/cm²

T.A 100% + F.A 0%



$$t_1 = 0.28$$

$$t_2 = 1$$

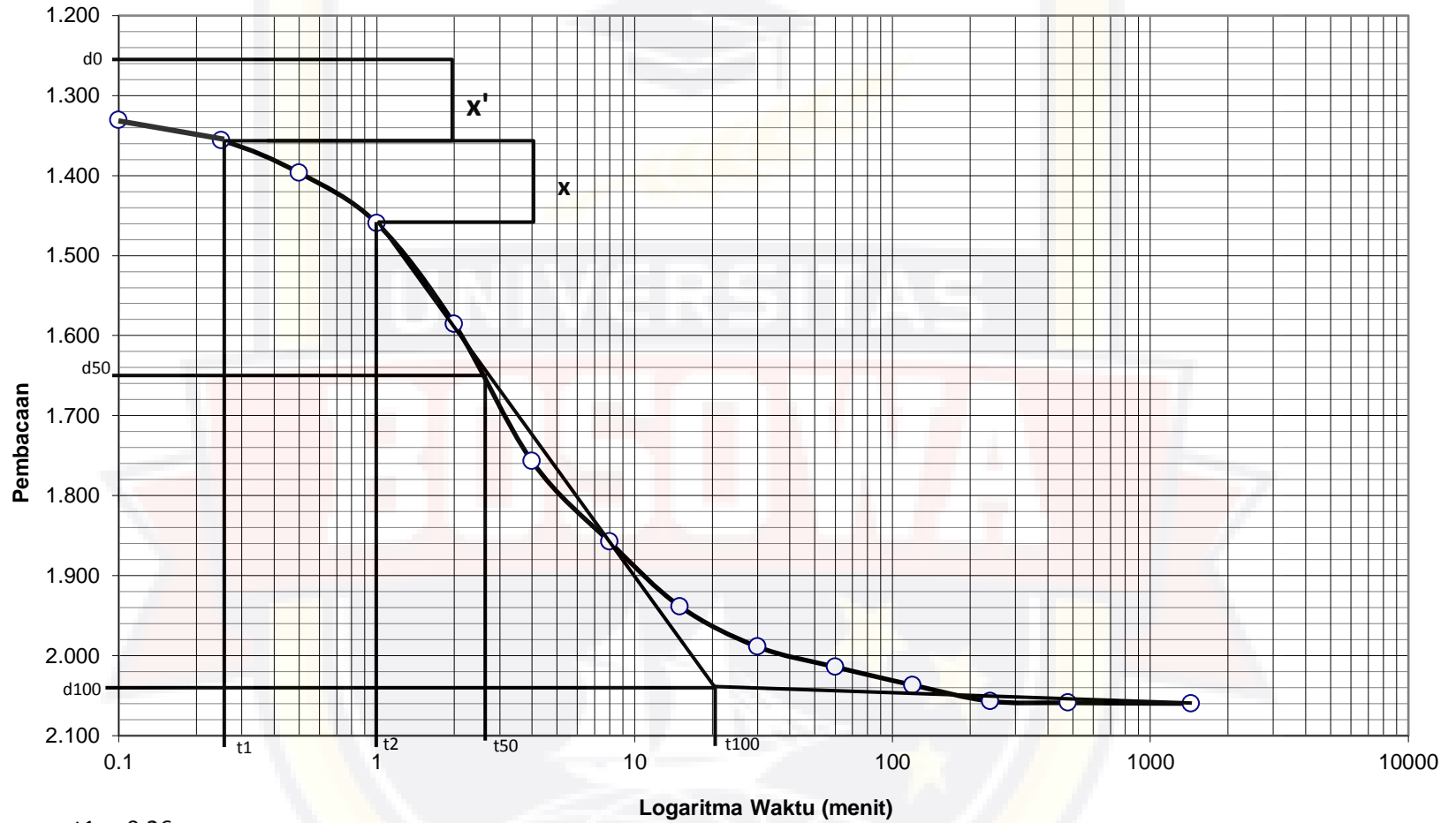
$$d_0 = 0.710$$

$$d_{100} = 1.250$$

$$d_{50} = \frac{0.710 + 1.250}{2} = 0.980$$

$$t_{50} = 2.90$$

Casagrande Method's
 Tekanan 2 kg/cm²
 T.A 100% + F.A 0%

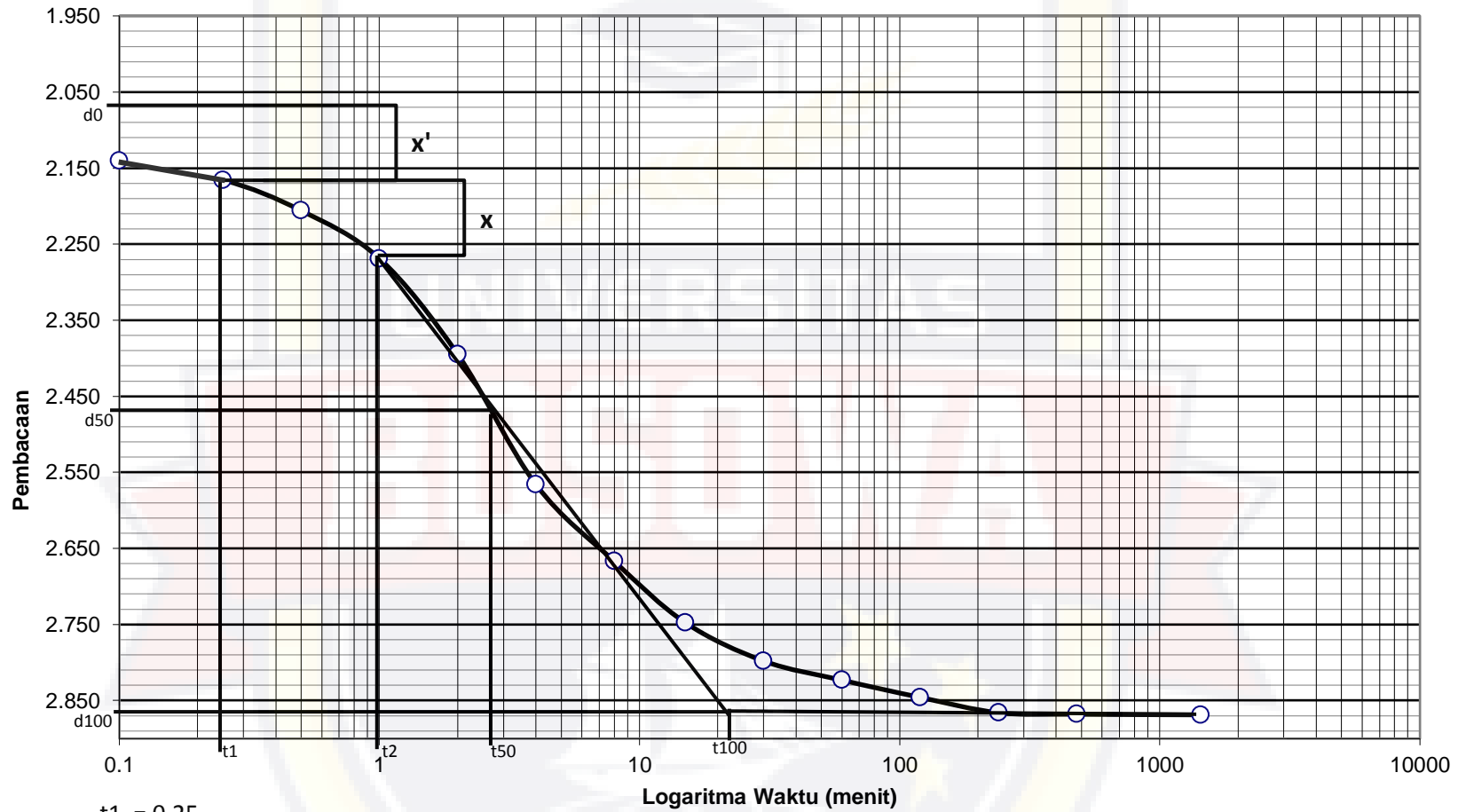


$t_1 = 0.26$
 $t_2 = 1$
 $d_0 = 1.240$
 $d_{100} = 2.060$

$$d_{50} = \frac{1.240 + 2.060}{2} = 1.650$$

$$t_{50} = 2.99$$

Casagrande Method's
 Tekanan 4 kg/cm²
 T.A 100% + F.A 0%

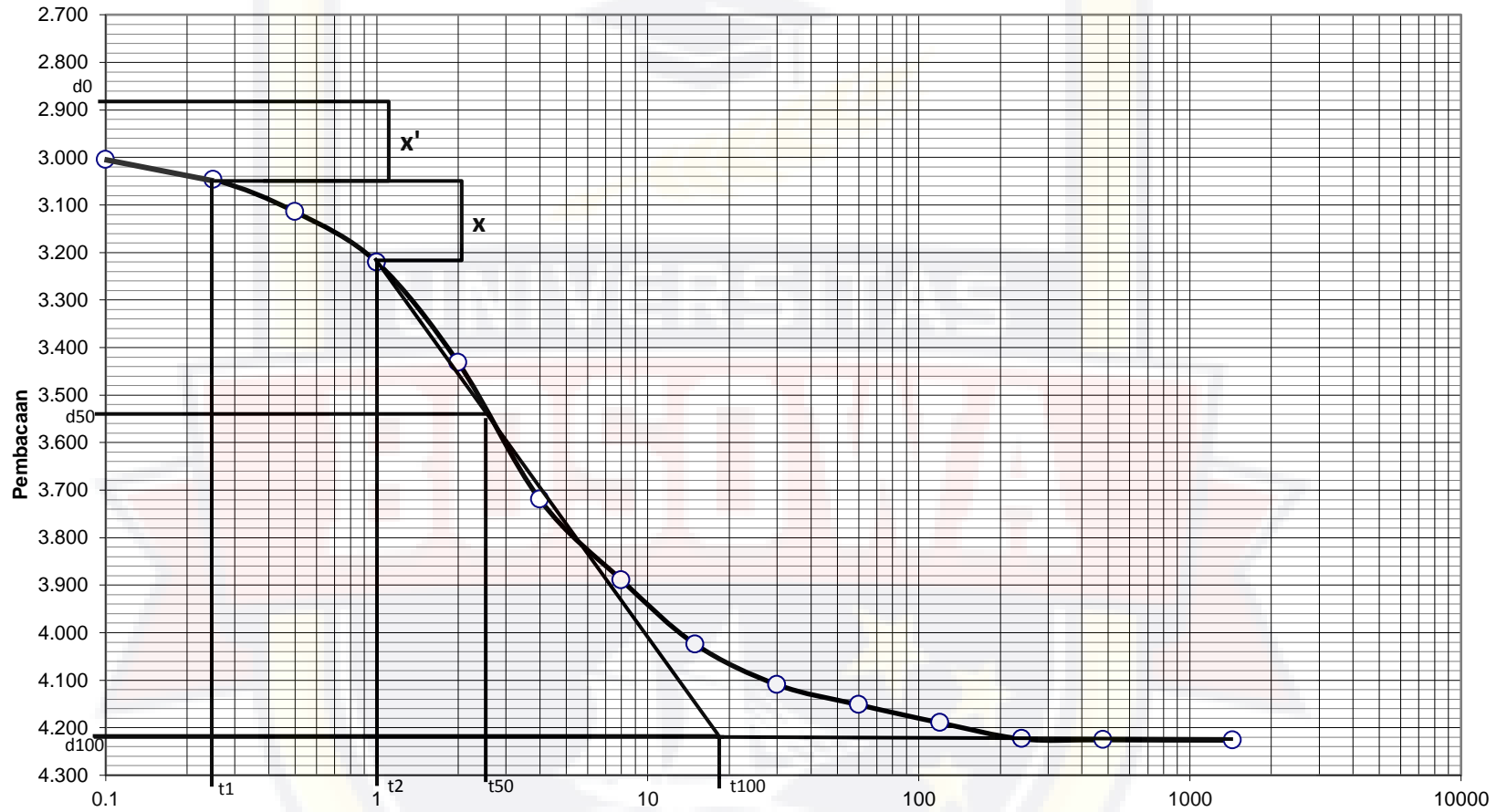


$t_1 = 0.25$
 $t_2 = 1$
 $d_0 = 2.069$
 $d_{100} = 2.870$

$$d_{50} = \frac{2.069 + 2.870}{2} = 2.470$$

$t_{50} = 2.80$

Casagrande Method's
 Tekanan 8 kg/cm²
 T.A 100% + F.A 0%



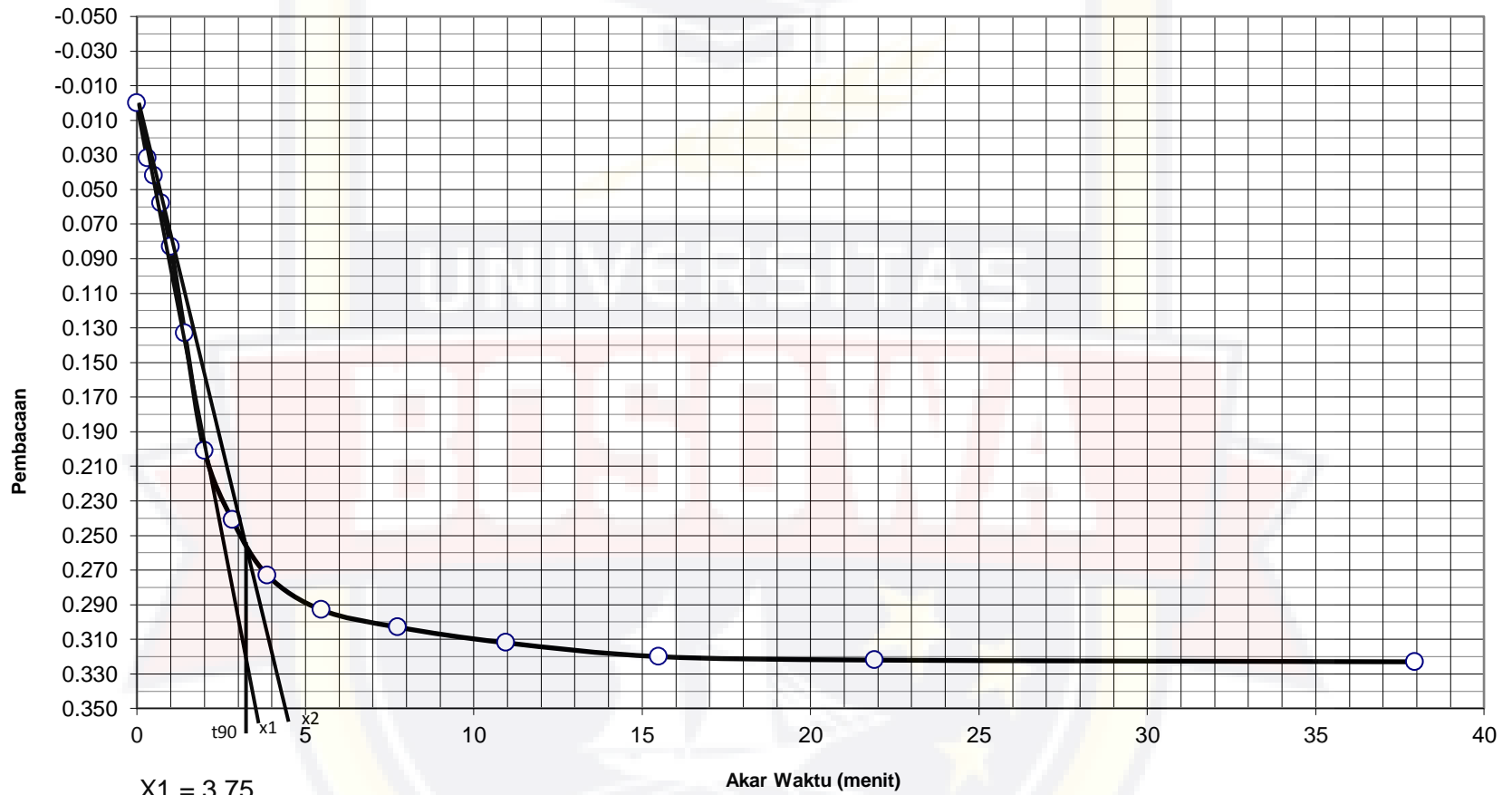
$t_1 = 0.25$
 $t_2 = 1$
 $d_0 = 2.860$
 $d_{100} = 4.220$

$$d_{50} = \frac{2.860 + 4.220}{2} = 3.54$$

$$t_{50} = 2.85$$

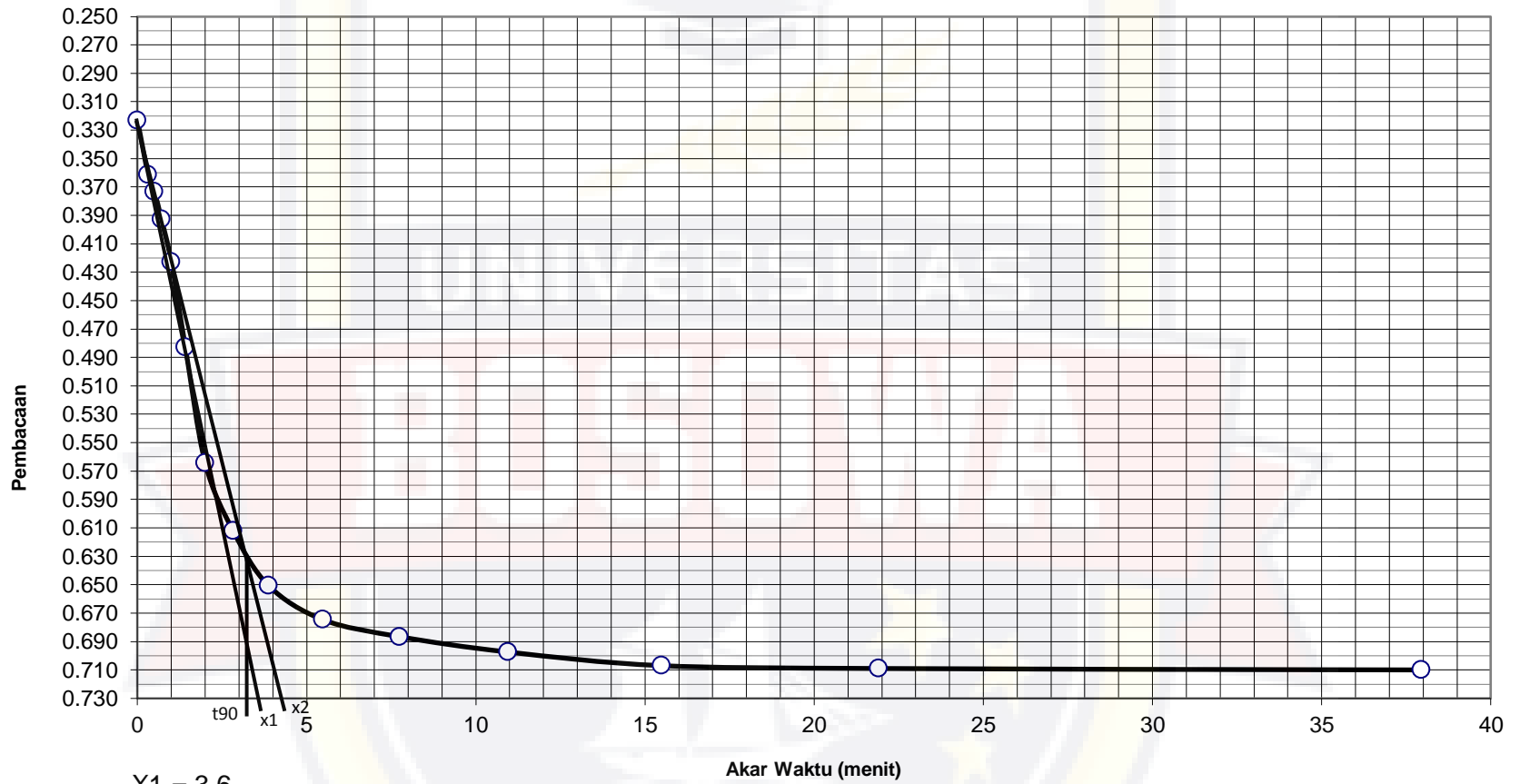
Logaritma Waktu (menit)

Taylor's Method
 Tekanan 0,25 kg/cm²
 T.A 100% + F.A 0%



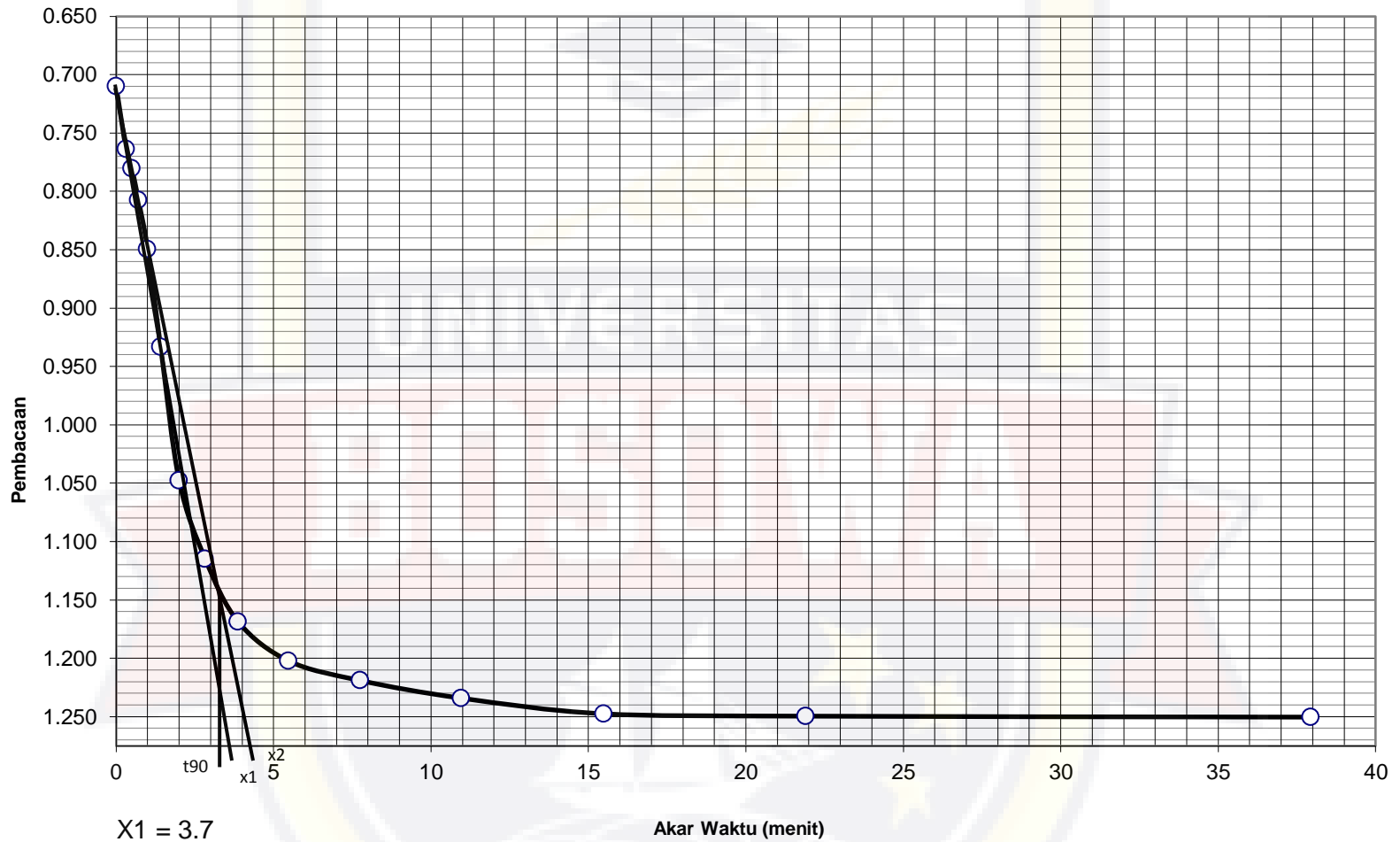
$X1 = 3.75$
 $X2 = 1.15 \times X1 = 4.31$
 $\sqrt{t_{90}} = 3.2$
 $t_{90} = 3.2^2 = 10.24$

Taylor's Method
 Tekanan 0,5 kg/cm²
 T.A 100% + F.A 0%



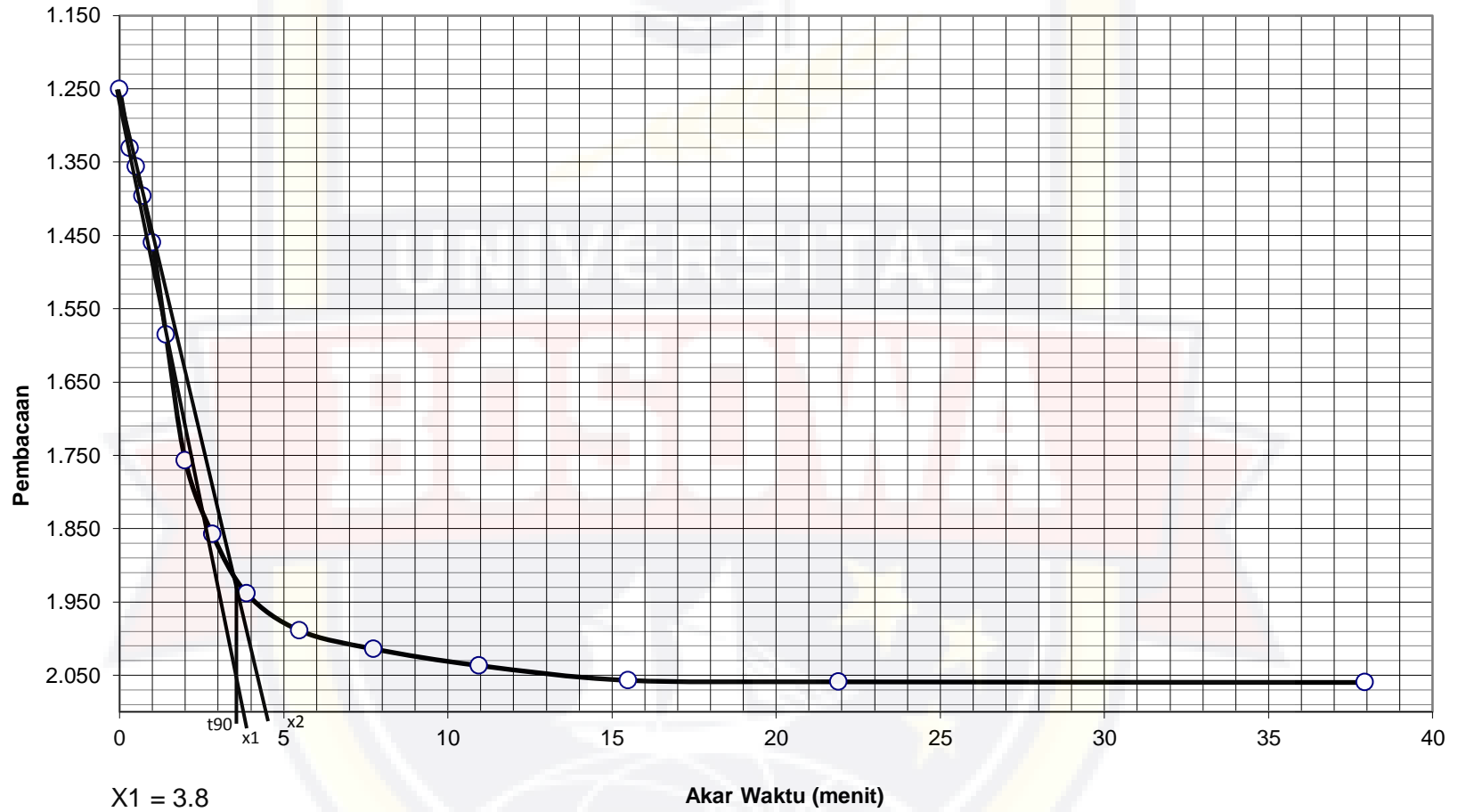
$X_1 = 3.6$
 $X_2 = 1.15 \times X_1 = 4.14$
 $\sqrt{t_{90}} = 3.2$
 $t_{90} = 3.2^2 = 10.24$

Taylor's Method
 Tekanan 1 kg/cm²
 T.A 100% + F.A 0%



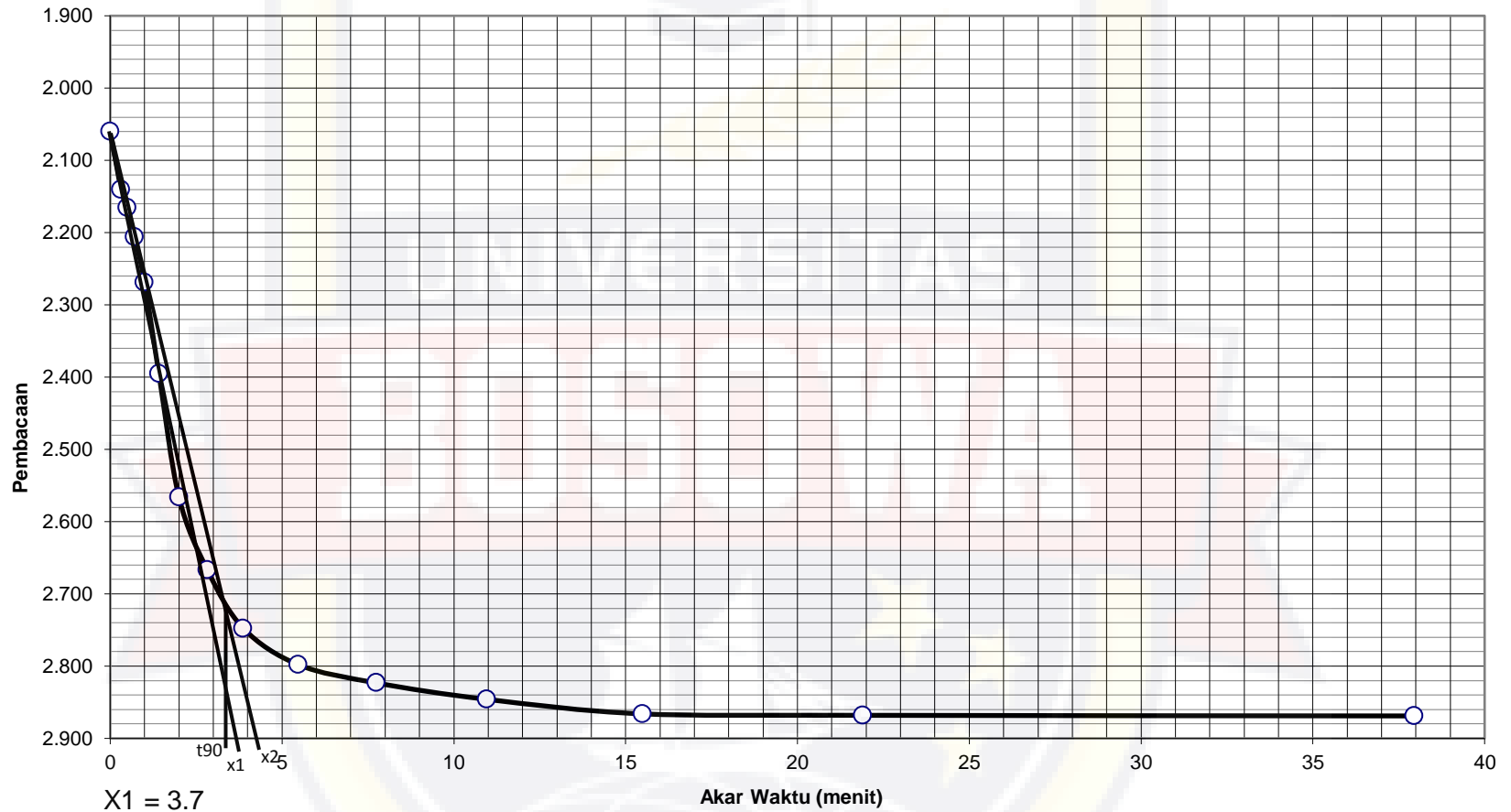
$X_1 = 3.7$
 $X_2 = 1.15 \times X_1 = 4.25$
 $\sqrt{t_{90}} = 3.2$
 $t_{90} = 3.2^2 = 10.24$

Taylor's Method
 Tekanan 2 kg/cm²
 T.A 100% + F.A 0%



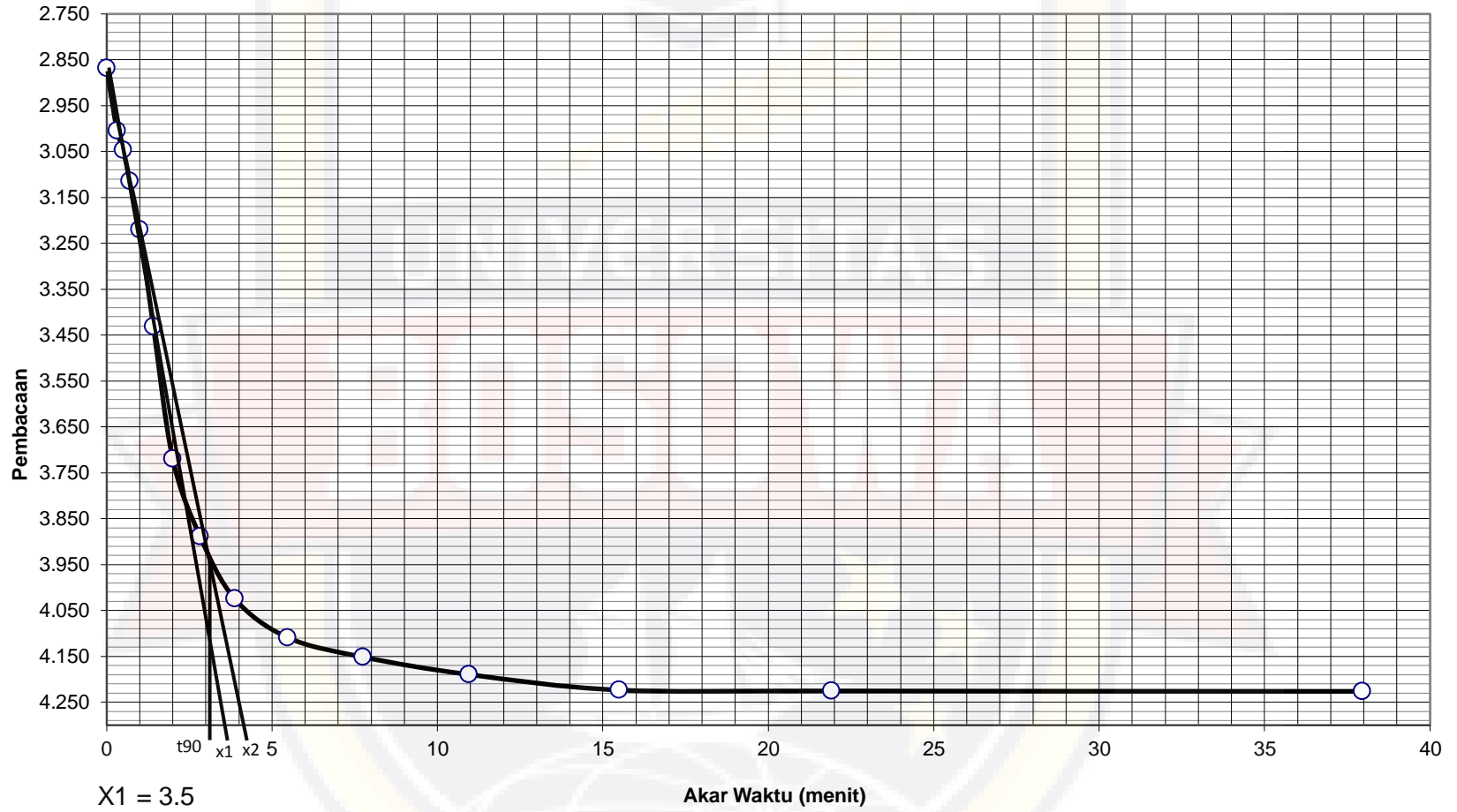
$X1 = 3.8$
 $X2 = 1.15 \times X1 = 4.37$
 $\sqrt{t_{90}} = 3.5$
 $t_{90} = 3.5^2 = 12.25$

Taylor's Method
Tekanan 4 kg/cm²
T.A 100% + F.A 0%



$X1 = 3.7$
 $X2 = 1.15 \times X1 = 4.25$
 $\sqrt{t90} = 3.4$
 $t90 = 3.4^2 = 11.56$

Taylor's Method
 Tekanan 8 kg/cm²
 T.A 100% + F.A 0%



$X_1 = 3.5$
 $X_2 = 1.15 \times X_1 = 4.025$
 $\sqrt{t_{90}} = 3.1$
 $t_{90} = 3.1^2 = 9.61$



Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir
Nama : Muhammad Aidul
Stambuk : 45 12 041 009
Judul : Analisa Nilai Konsolidasi Pada Tanah Lempung Lunak Yang Di Campur Dengan FLY ASH

**PENGUJIAN KONSOLIDASI
(SNI 2812:2011)
T.A 90% + F.A 10% (Rata-Rata)**

Berat Ring, W_1	:	63.1	gram
Berat Tanah Basah + Ring, W_2	:	166.6	gram
Berat Tanah Kering + Ring, W_3	:	143.6	gram
Volume Ring, V	:	66.33	cm^3
Kadar Air, $\omega = (W_2 - W_3) / (W_3 - W_1) \cdot 100\%$:	28.57	%
Berat Volume Tanah Basah, $\gamma_{\text{wet}} = (W_2 - W_1) / V$:	1.56	gram/cm^3
Berat Volume Tanah Kering, $\gamma_{\text{dry}} = \gamma_{\text{wet}} / (1 + \omega)$:	1.214	gram/cm^3

Beban (kg)	0.825	1.65	3.3	6.6	13.2	26.4	6.6	0.825
Tekanan (kg/cm^2)	0.25	0.5	1	2	4	8	2	0.25
0 detik	0.000	0.418	0.919	1.569	2.414	3.595	5.012	4.540
6 detik	0.052	0.480	1.000	1.675	2.562	3.772	4.953	4.392
15 detik	0.072	0.504	1.031	1.715	2.618	3.841	4.930	4.335
30 detik	0.096	0.533	1.069	1.764	2.687	3.922	4.903	4.267
1 menit	0.125	0.568	1.114	1.823	2.769	4.021	4.870	4.185
2 menit	0.180	0.634	1.200	1.934	2.925	4.209	4.808	4.029
4 menit	0.250	0.718	1.309	2.076	3.124	4.447	4.728	3.830
8 menit	0.303	0.782	1.392	2.184	3.274	4.628	4.668	3.680
15 menit	0.350	0.838	1.465	2.279	3.408	4.788	4.615	3.546
30 menit	0.383	0.878	1.516	2.346	3.501	4.900	4.577	3.452
1 jam	0.398	0.896	1.540	2.377	3.544	4.951	4.560	3.410
2 jam	0.408	0.908	1.555	2.397	3.572	4.985	4.549	3.382
4 jam	0.415	0.916	1.566	2.411	3.592	5.009	4.541	3.362
8 jam	0.417	0.918	1.568	2.413	3.594	5.011	4.540	3.360
24 jam	0.418	0.919	1.569	2.414	3.595	5.012	4.540	3.359

Diperiksa Oleh :

Makassar, 22 Februari 2019
Dibuat oleh :

Hasrullah,ST
Asisten Lab

Muhammad Aidul
Mahasiswa



Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir
 Nama : Muhammad Aidul
 Stambuk : 45 12 041 009
 Judul : Analisa Nilai Konsolidasi Pada Tanah Lempung Lunak Yang Di Campur Dengan FLY ASH

**PENGUJIAN KONSOLIDASI
 (SNI 2812:2011)
 T.A 90% + F.A 10% (Rata-Rata)**

Diameter Contoh	:	6.5	cm
Luas Contoh	:	33.17	cm ²
Tinggi Spesimen (H)	:	2	cm
Berat Tanah Kering, Wd	:	80.50	gram
Berat Jenis	:	2.717	gram/cm ³
Tebal Bagian Padat, Hs = Wd/(Gs x A x γ _w)	:	0.608	
Angka Pori, e = (H/Hs)-1	:	2.291	

Tekanan (kg/cm ²)	Pembacaan Terakhir (mm)	Tinggi Spesimen, H(cm)	Perubahan Tinggi Spesimen, δH (cm)	Perubahan Angka Pori, δe=δH/H	Angka Pori, e=e ₀ -δe	Perubahan Tinggi Tanah Rata-rata, δHa (cm)	Tinggi Tanah Setelah Perubahan, d (cm)	Waktu Konsolidasi 50% t ₅₀ (menit)	Waktu Konsolidasi 90% t ₉₀ (menit)	Koefisien Konsolidasi C _v = (0.197 x (d/2) ²)/t ₅₀	Koefisien Konsolidasi C _v = (0.848 x (d/2) ²)/t ₉₀
0	0.000	2.000	0.000	0.000	2.291	-	-				
0.25	0.418	1.958	0.042	0.069	2.222	0.021	1.979	3.00	6.25	0.0643	0.1329
0.50	0.919	1.908	0.092	0.151	2.140	0.067	1.933	3.40	5.76	0.0541	0.1375
1.00	1.569	1.843	0.157	0.258	2.033	0.124	1.876	2.96	4.84	0.0585	0.1541
2.00	2.414	1.759	0.241	0.397	1.894	0.199	1.801	2.98	4.00	0.0536	0.1719
4.00	3.595	1.640	0.360	0.592	1.699	0.300	1.700	2.75	4.00	0.0517	0.1531
8.00	5.012	1.499	0.501	0.825	1.466	0.430	1.570	2.90	4.00	0.0418	0.1306
2.00	4.549	1.545	0.455	0.749	1.543	0.478	1.522				
0.25	3.382	1.662	0.338	0.556	1.735	0.397	1.603				

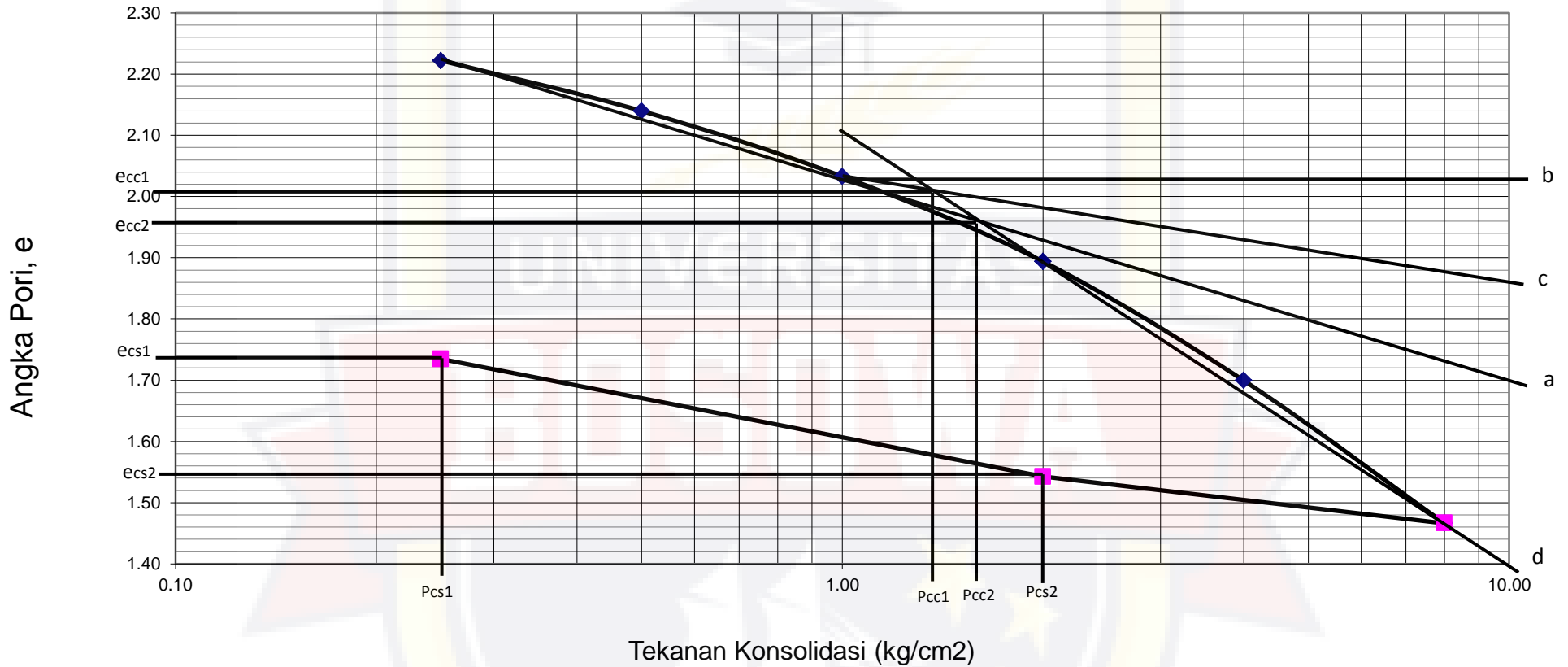
Diperiksa Oleh :

Makassar, 22 Februari 2019
 Dibuat oleh :

Hasrullah,ST
 Asisten Lab

Muhammad Aidul
 Mahasiswa

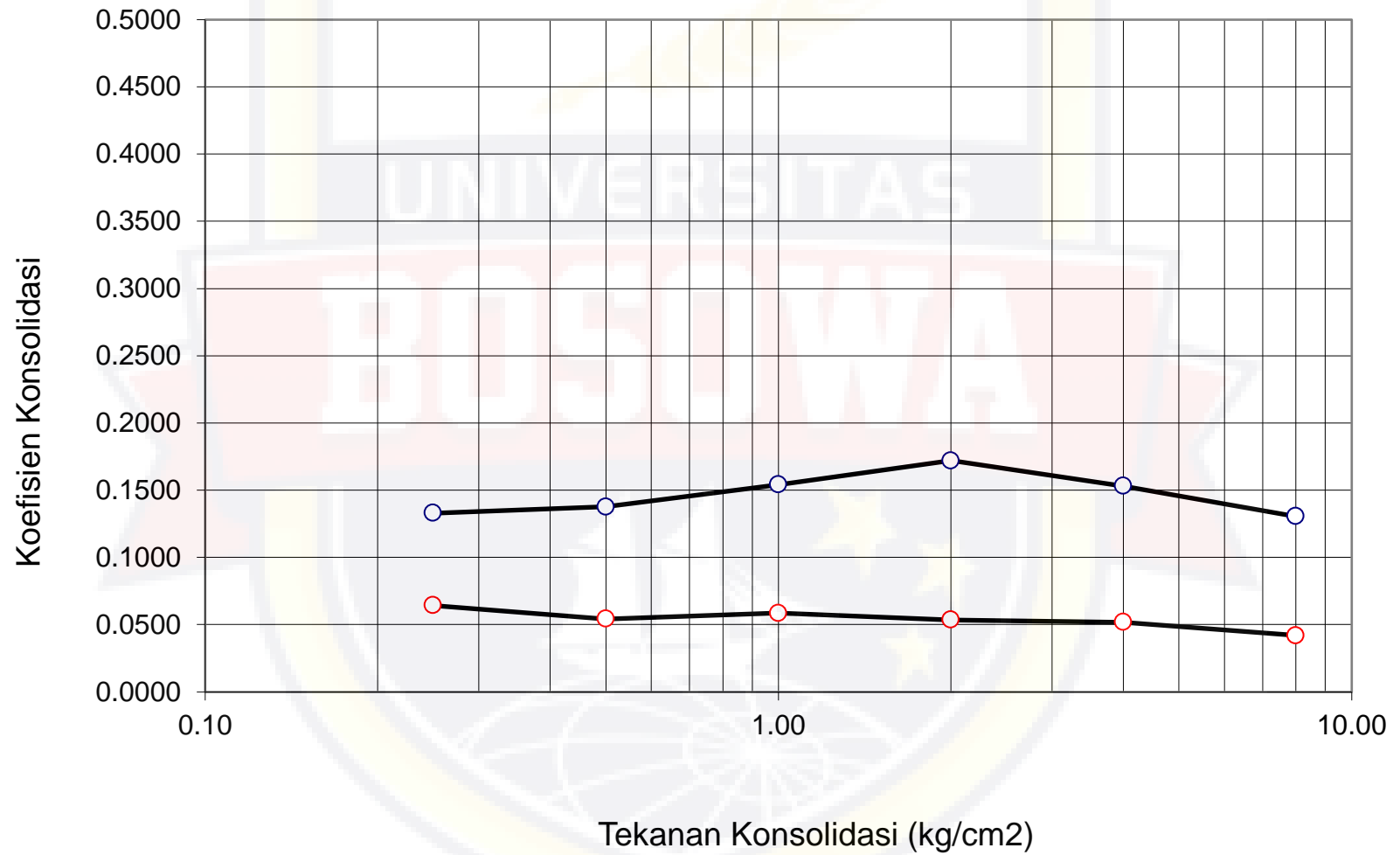
Grafik Hubungan antara Angka pori dengan Tekanan Konsolidasi T.A 90% + F.A 10%



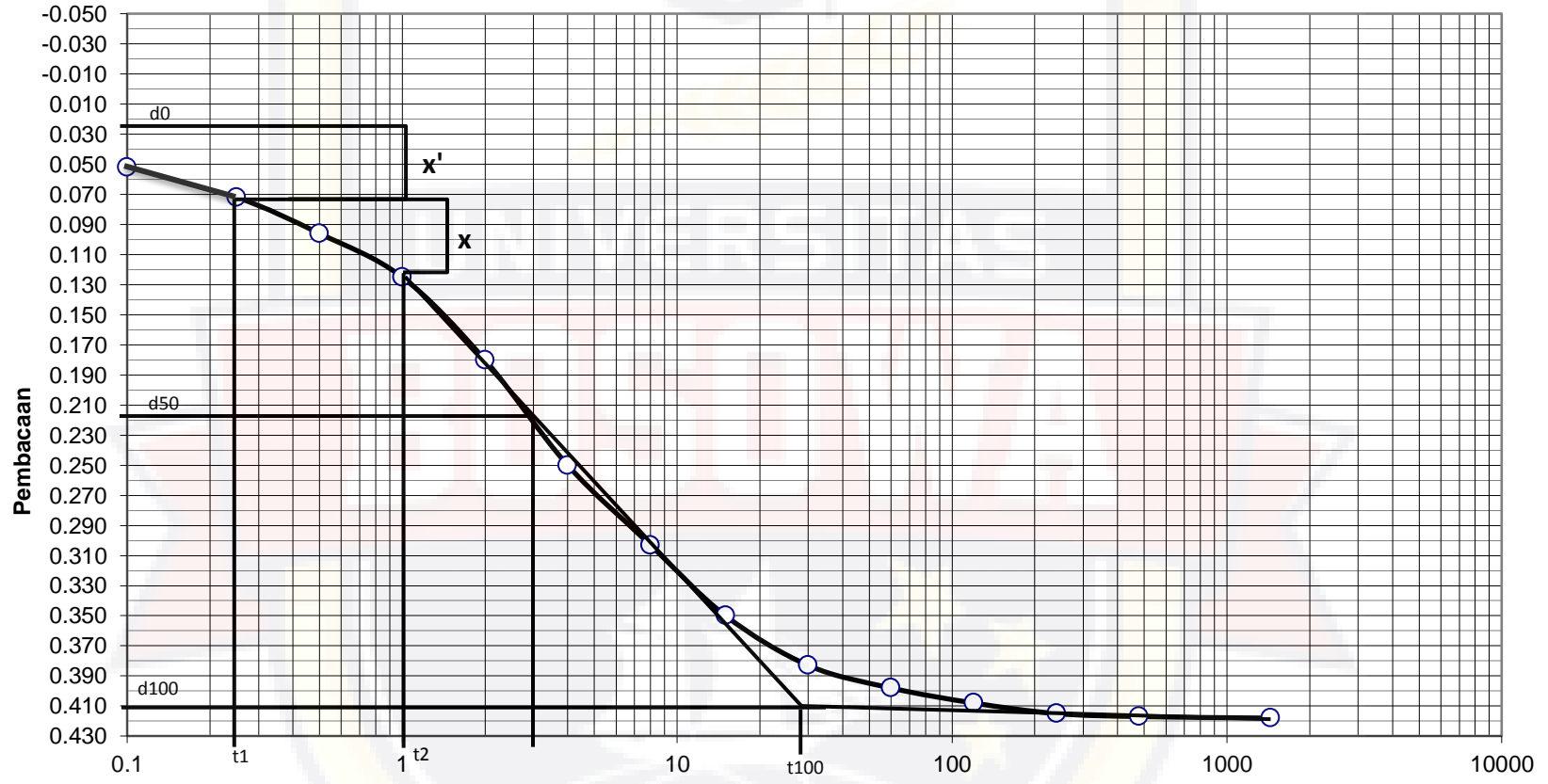
Pcc 1 = 1.400 ecc 1 = 2.010
 Pcc 2 = 1.650 ecc 2 = 1.963
 Pcs 1 = 0.260 ecs 1 = 1.738
 Pcs 2 = 1.998 ecs 2 = 1.541

$$\begin{aligned}
 cc &= (e_1 - e_2) / \log (P_2 / P_1) \\
 &= (2.010 - 1.963) / \log (1.650 / 1.400) \\
 &= 0.661 \\
 cs &= (e_1 - e_2) / \log (P_2 / P_1) \\
 &= (1.738 - 1.541) / \log (1.998 / 0.260) \\
 &= 0.222
 \end{aligned}$$

Grafik Hubungan antara Tekanan dan Koefisien Konsolidasi
T.A 90% + F.A 10%



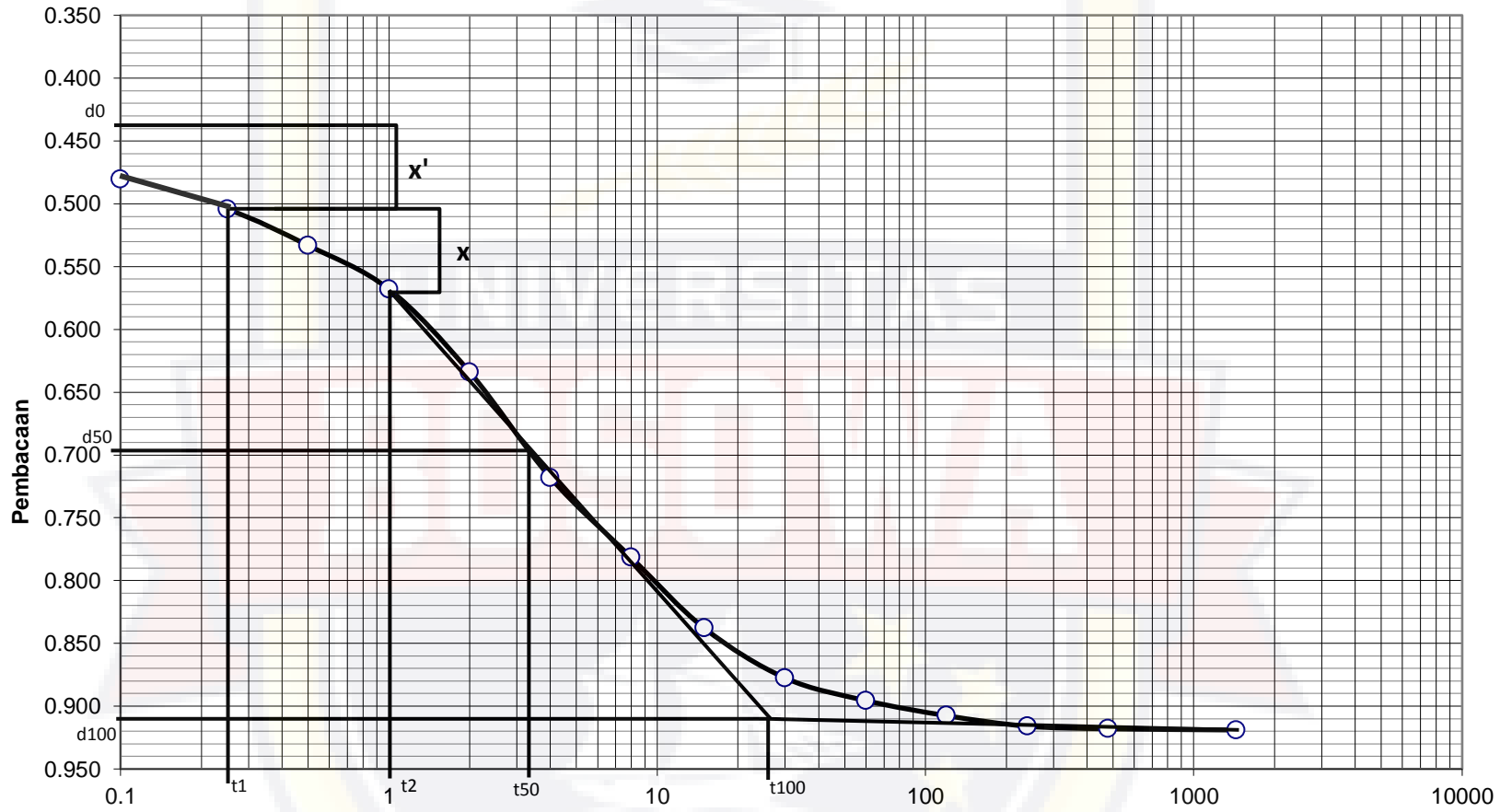
Casagrande Method's
 Tekanan 0,25 kg/cm²
 T.A 90% + F.A 10%



$t_1 = 0.5$
 $t_2 = 2$
 $d_0 = 0.028$
 $d_{100} = 0.410$
 $d_{50} = \frac{0.028 + 0.410}{2} = 0.219$
 $t_{50} = 3$

Logaritma Waktu (menit)

Casagrande Method's
 Tekanan 0,5 kg/cm²
 T.A 90% + F.A 10%



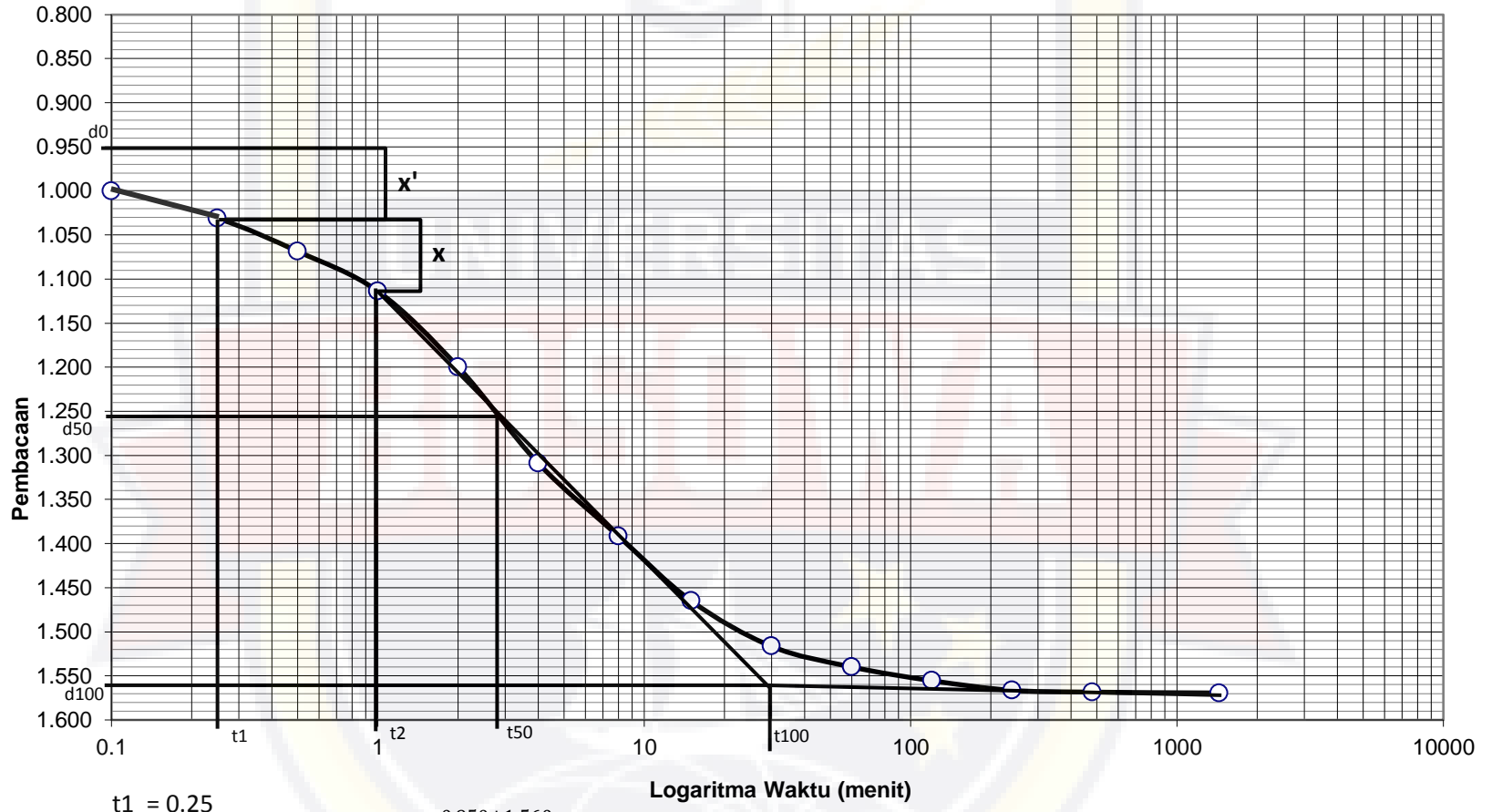
t1 = 0.49
 t2 = 1.99
 d0 = 0.478
 d100 = 0.910

$$d_{50} = \frac{0.478 + 0.910}{2} = 0.694$$

Logaritma Waktu (menit)

t50 = 3.4

Casagrande Method's
 Tekanan 1 kg/cm²
 T.A 90% + F.A 10%

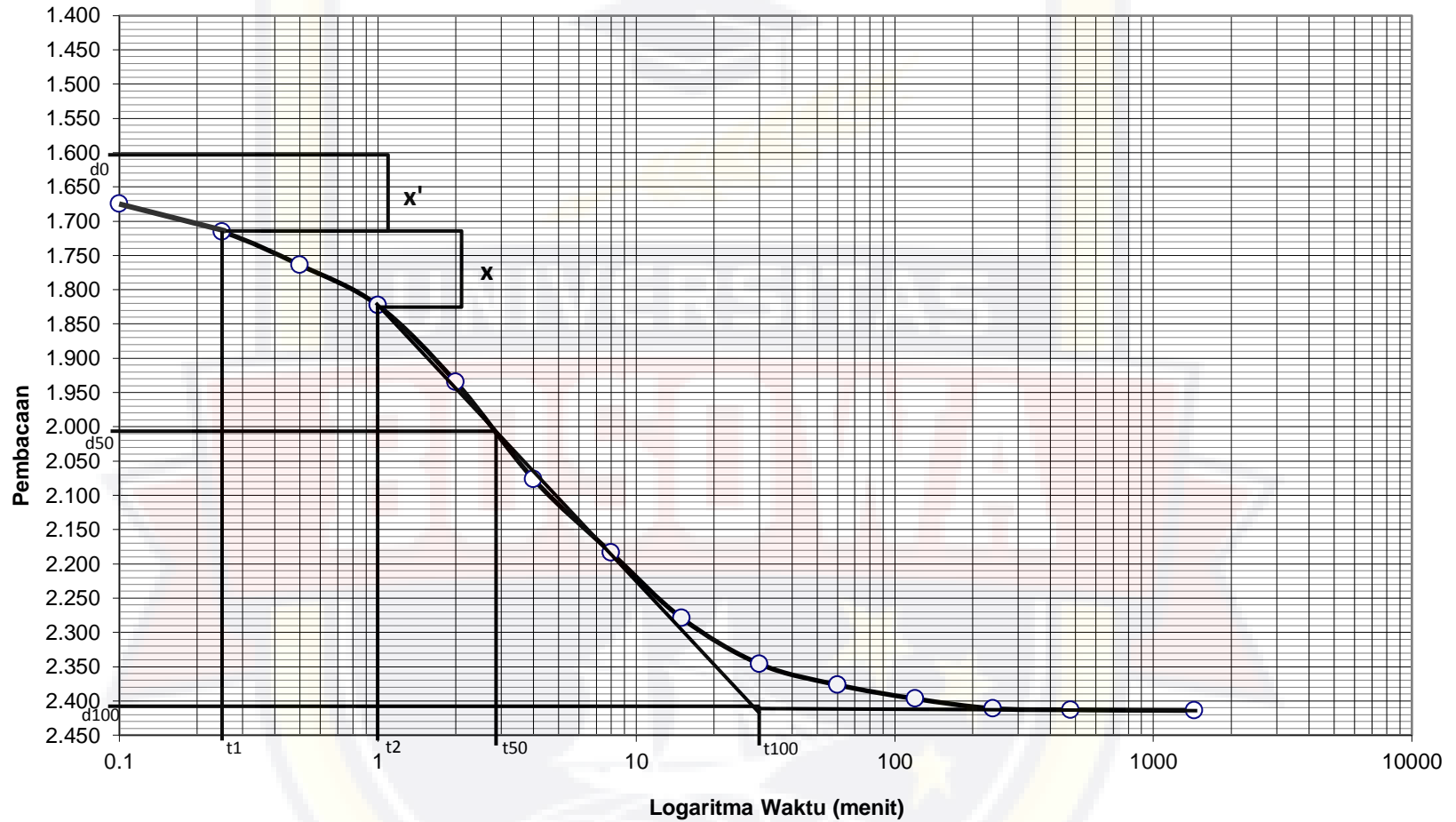


$t_1 = 0.25$
 $t_2 = 1$
 $d_0 = 0.950$
 $d_{100} = 1.560$

$$d_{50} = \frac{0.950 + 1.560}{2} = 1.255$$

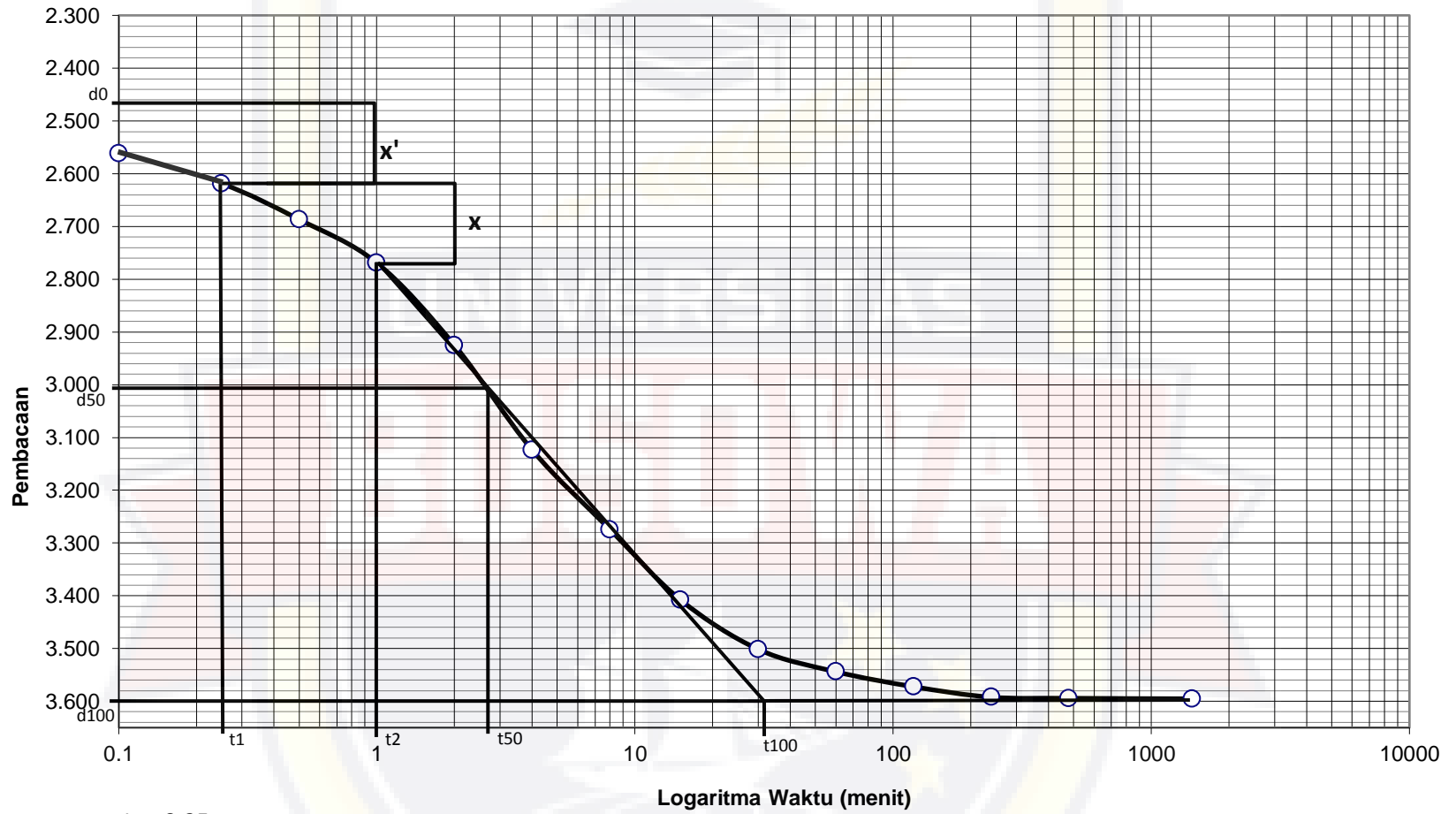
$$t_{50} = 2.96$$

Casagrande Method's
 Tekanan 2 kg/cm²
 T.A 90% + F.A 10%



$t_1 = 0.25$
 $t_2 = 0.98 \times t_1 = 0.245$
 $d_0 = 1.600$
 $d_{100} = 2.410$
 $d_{50} = \frac{1.600 + 2.410}{2} = 2.005$
 $t_{50} = 2.98$

Casagrande Method's
 Tekanan 4 kg/cm²
 T.A 90% + F.A 10%

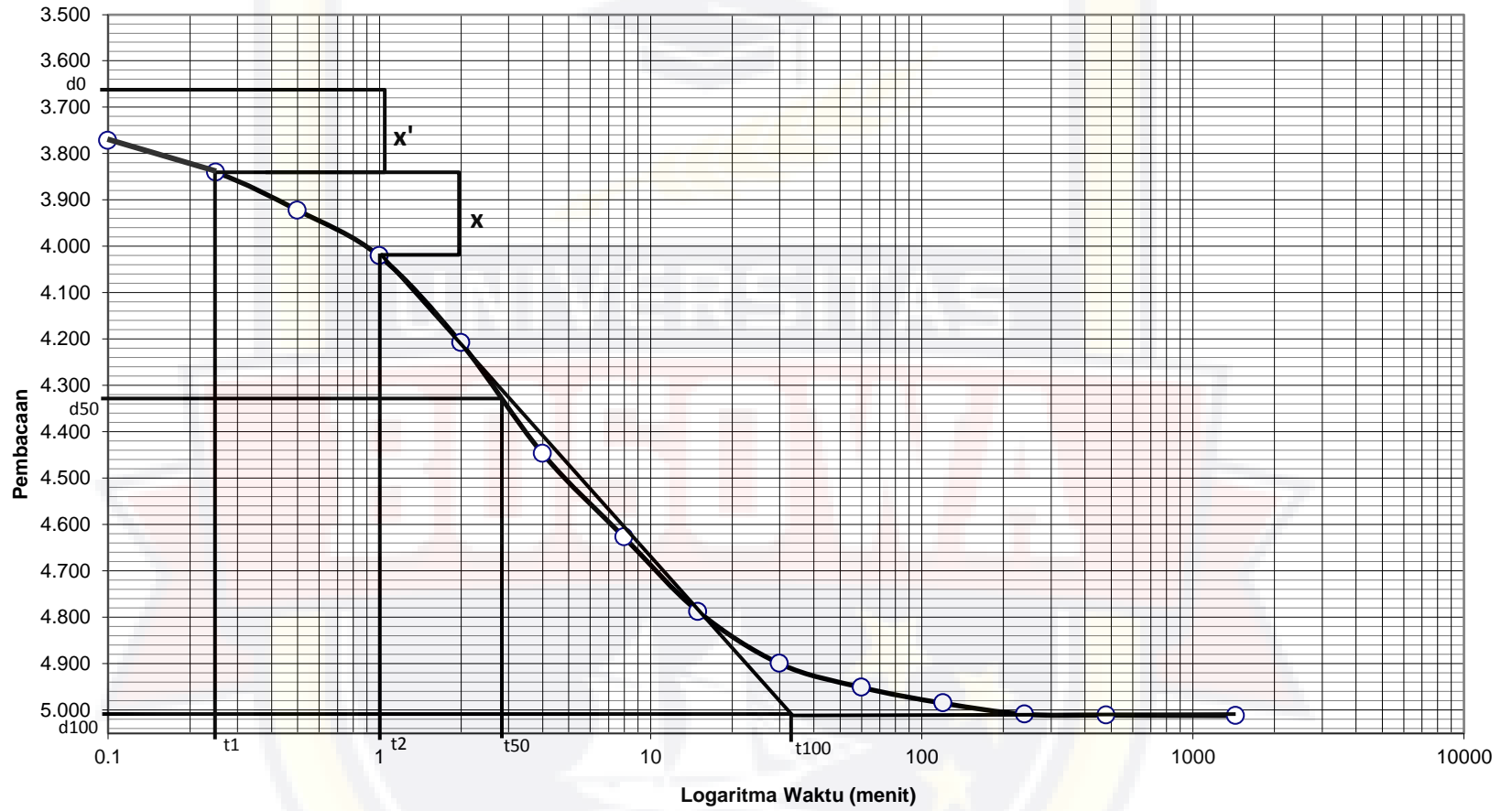


t₁ = 0.25
 t₂ = 1
 d₀ = 2.465
 d₁₀₀ = 3.600

$$d_{50} = \frac{2.465 + 3.600}{2} = 3.03$$

$$t_{50} = 2.75$$

Casagrade Method's
 Tekanan 8 kg/cm²
 T.A 90% + F.A 10%

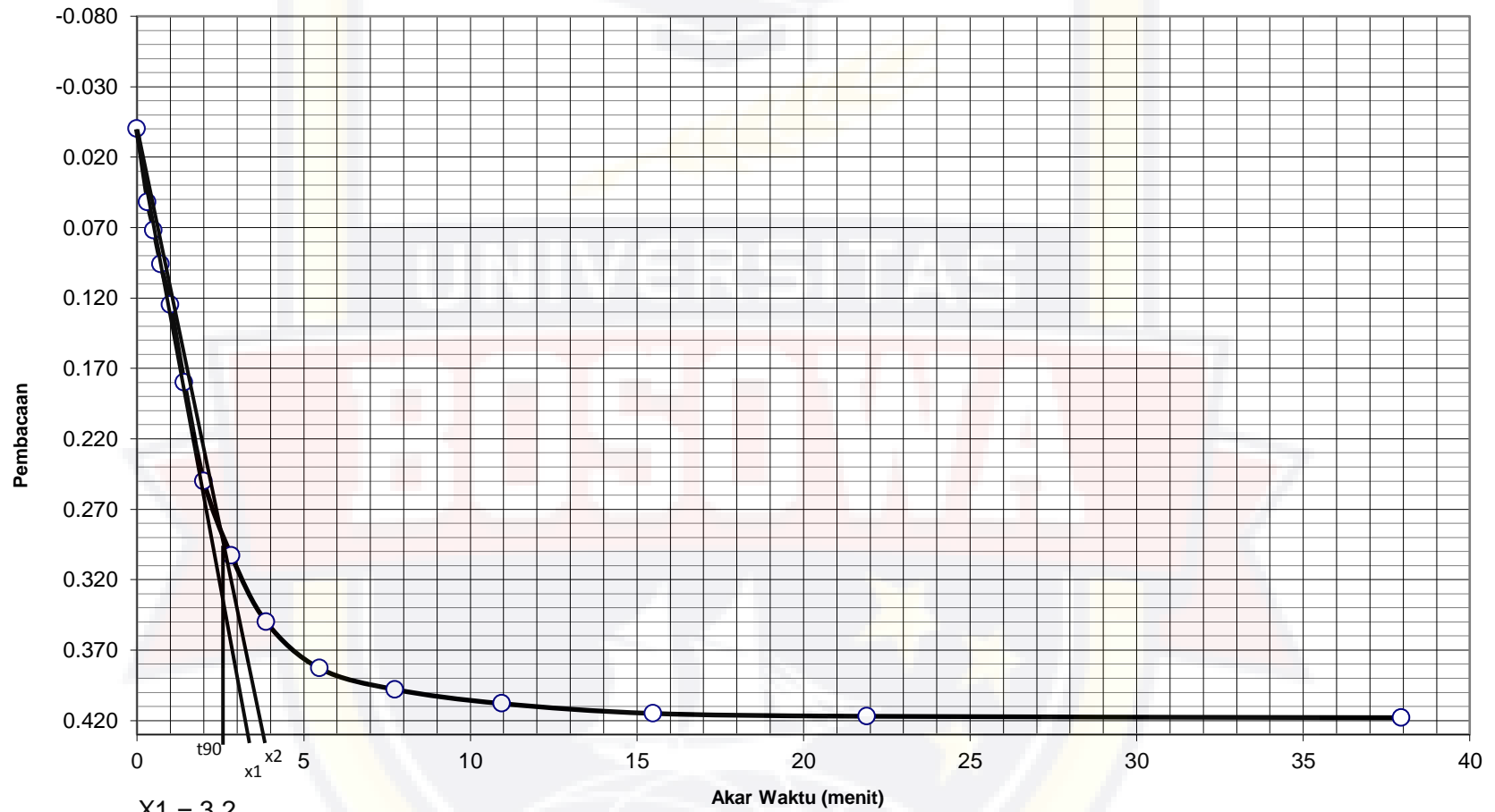


$t_1 = 0.25$
 $t_2 = 1$
 $d_0 = 3.650$
 $d_{100} = 5.010$

$$d_{50} = \frac{3.660 + 5.010}{2} = 4.33$$

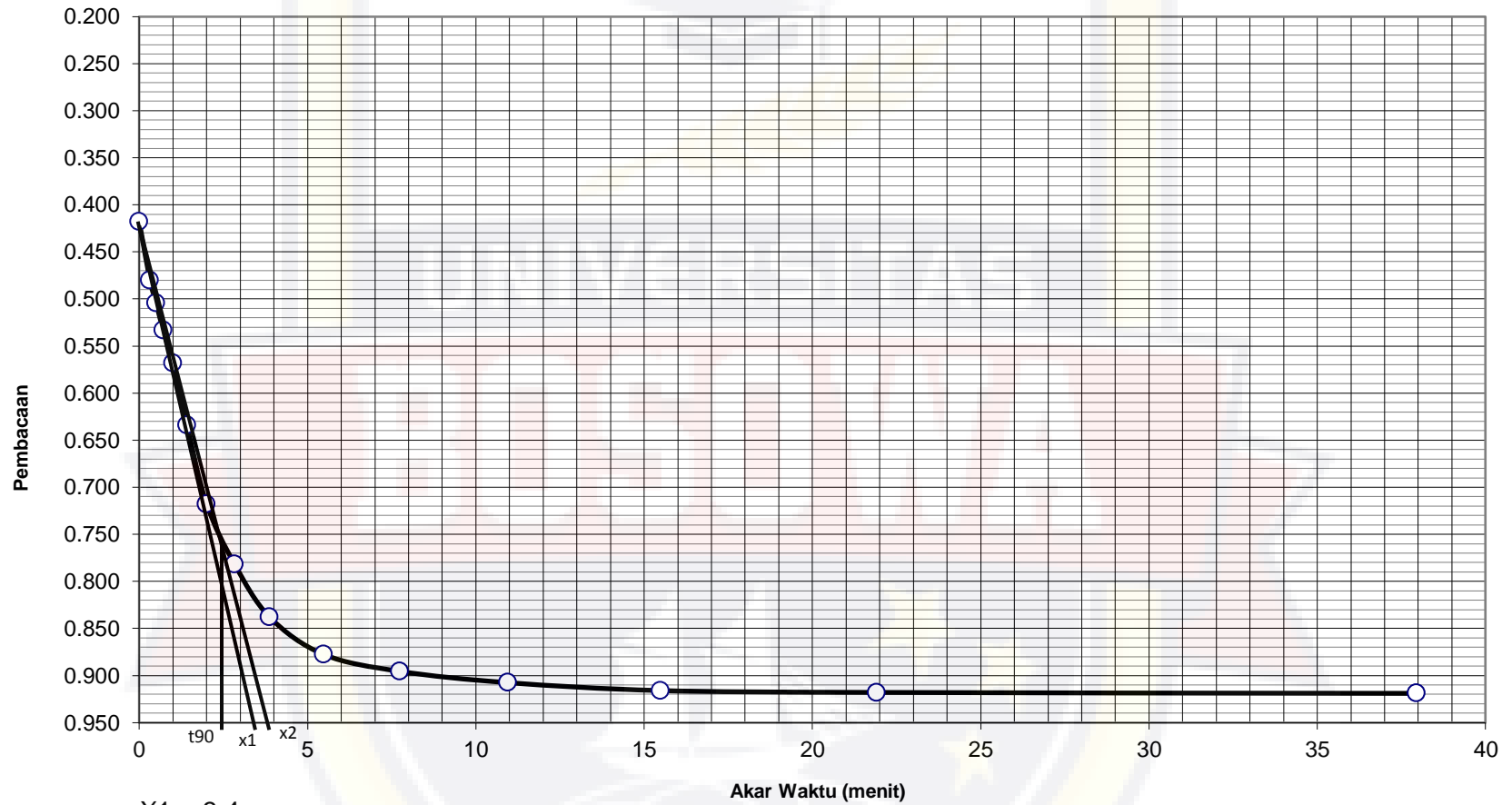
$$t_{50} = 2.9$$

Taylor's Method
 Tekanan 0,25 kg/cm²
 T.A 90% + F.A 10%



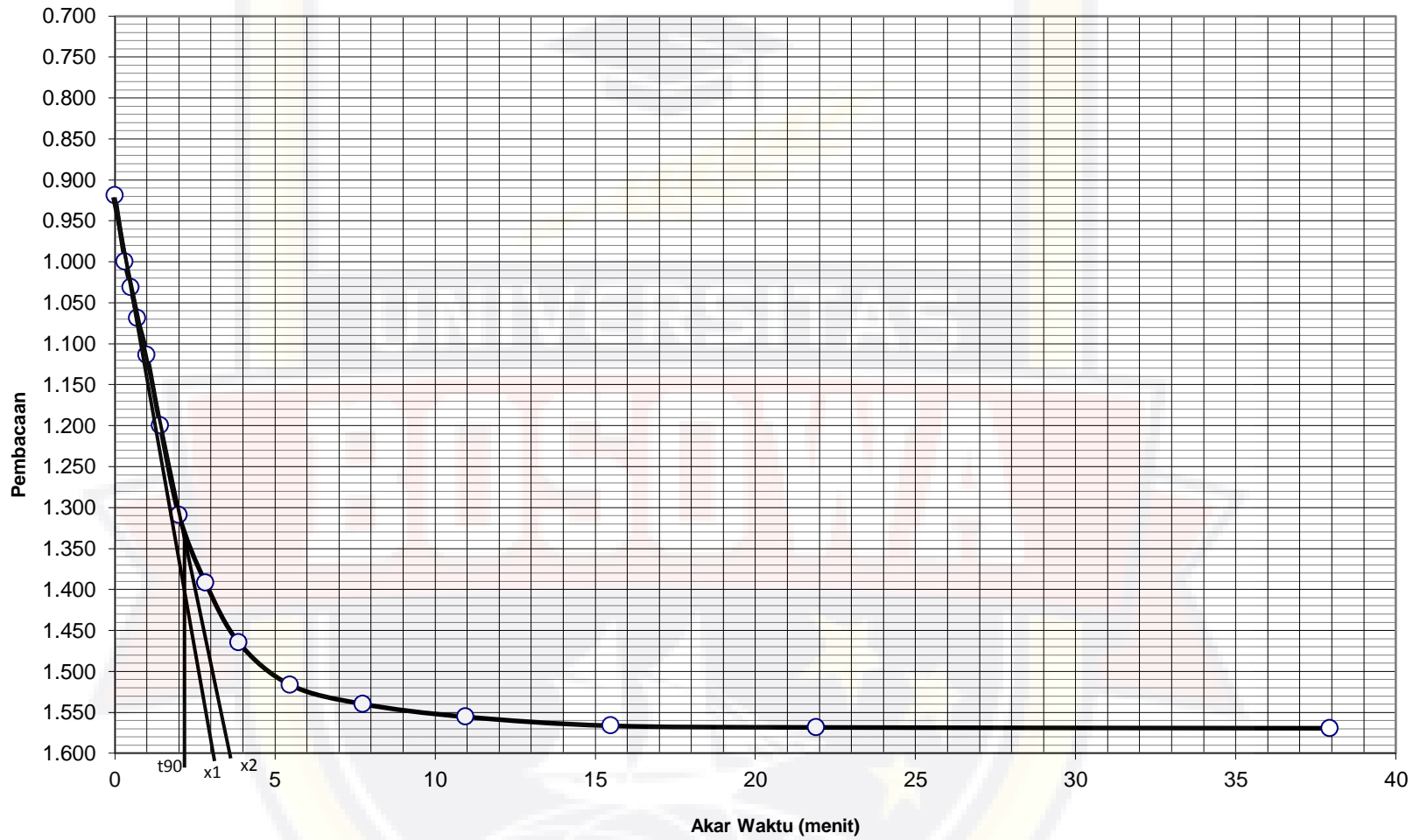
$X1 = 3.2$
 $X2 = 1.15 \times X1 = 3.68$
 $\sqrt{t_{90}} = 2.5$
 $t_{90} = 2.5^2 = 6.25$

Taylor's Method
 Tekanan 0,5 kg/cm²
 T.A 90% + F.A 10%



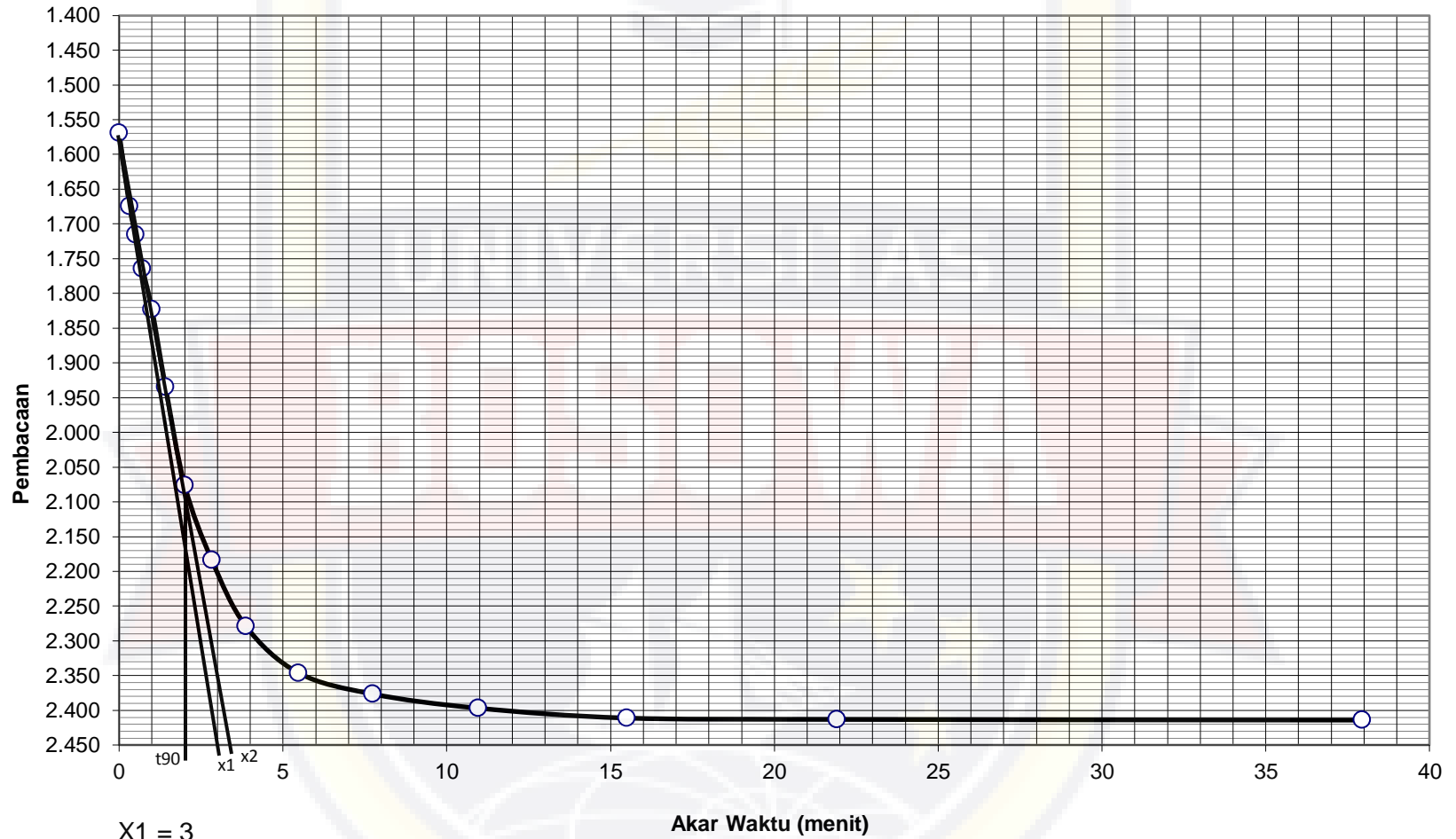
$X1 = 3.4$
 $X2 = 1.15 \times X1 = 3.91$
 $\sqrt{t_{90}} = 2.4$
 $t_{90} = 2.4^2 = 5.76$

Taylor's Method
 Tekanan 1 kg/cm²
 T.A 90% + F.A 10%



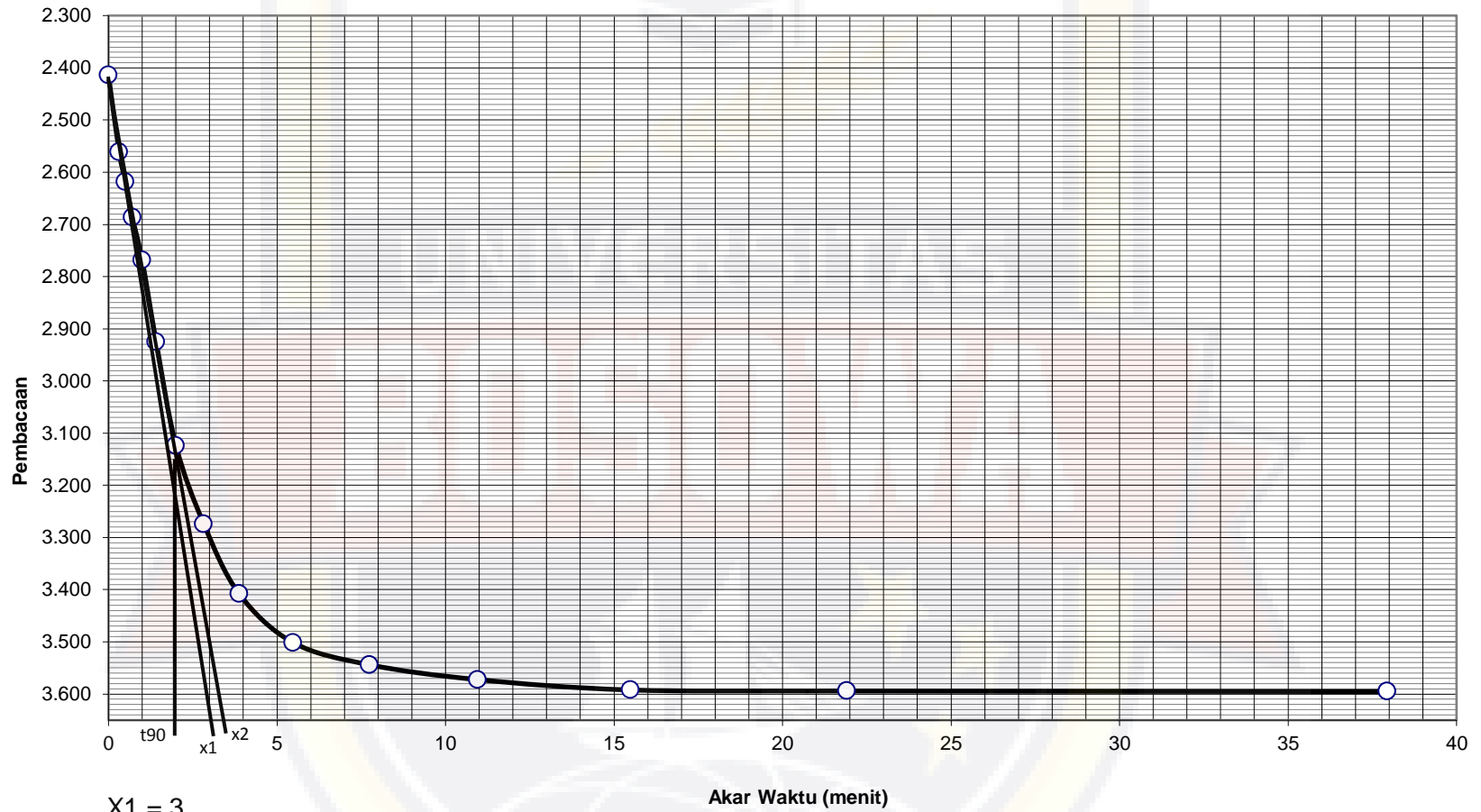
$X_1 = 3.2$
 $X_2 = 1.15 \times X_1 = 3.68$
 $\sqrt{t_{90}} = 2.2$
 $t_{90} = 2.2^2 = 4.84$

Taylor's Method
 Tekanan 2 kg/cm²
 T.A 90% + F.A 10%



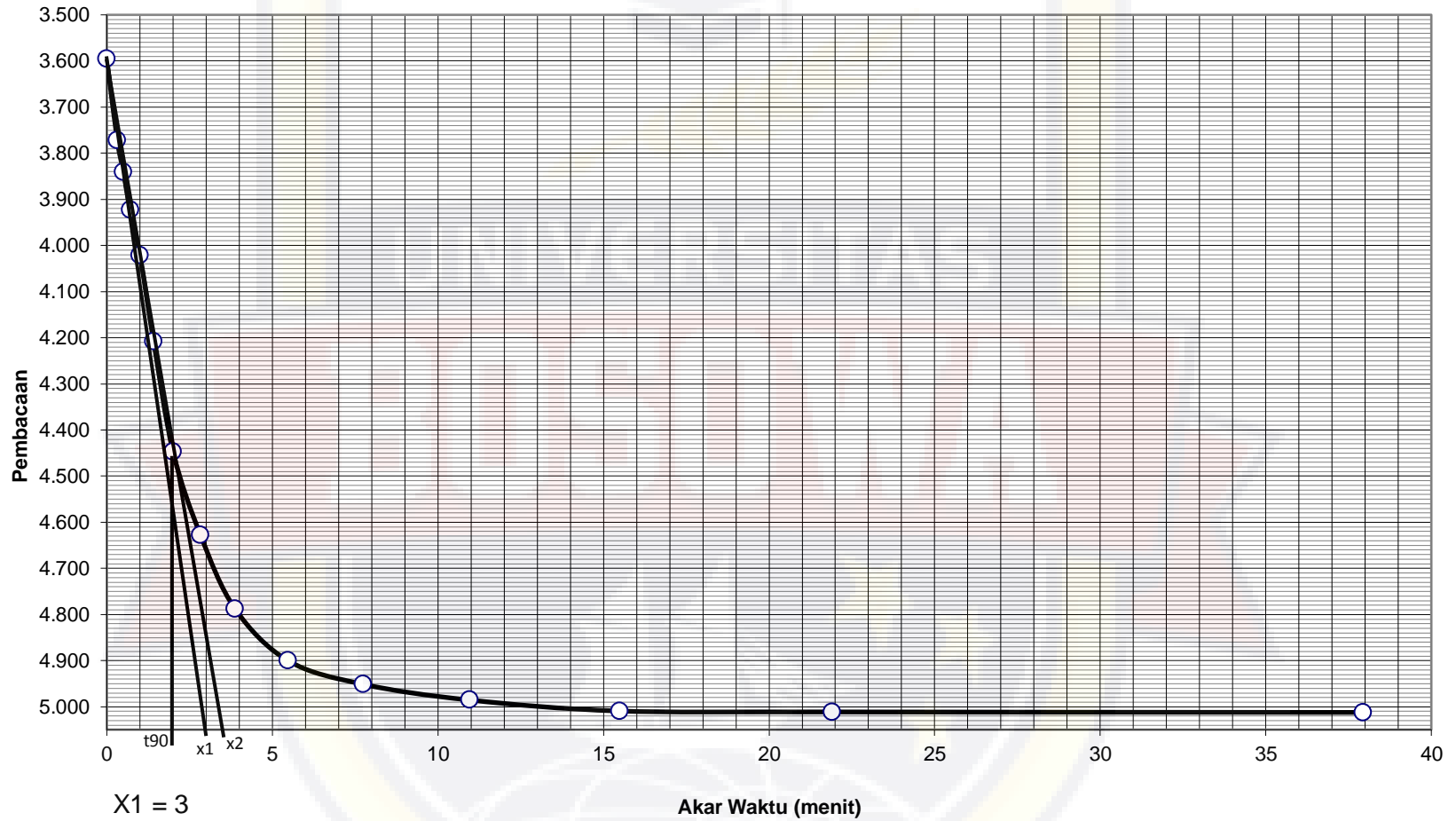
$X1 = 3$
 $X2 = 1.15 \times X1 = 3.45$
 $\sqrt{t_{90}} = 2$
 $t_{90} = 2^2 = 4$

Taylor's Method
 Tekanan 4 kg/cm²
 T.A 90% + F.A 10%



$X_1 = 3$
 $X_2 = 1.15 \times X_1 = 3.45$
 $\sqrt{t_{90}} = 2$
 $t_{90} = 2^2 = 4$

Taylor's Method
 Tekanan 8 kg/cm²
 T.A 90% + F.A 10%



$X_1 = 3$
 $X_2 = 1.15 \times X_1 = 3.45$
 $\sqrt{t_{90}} = 2$
 $t_{90} = 2^2 = 4$

Akar Waktu (menit)



Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir
Nama : Muhammad Aidul
Stambuk : 45 12 041 009
Judul : Analisa Nilai Konsolidasi Pada Tanah Lempung Lunak Yang Di Campur Dengan FLY ASH

**PENGUJIAN KONSOLIDASI
(SNI 2812:2011)
T.A 80% + F.A 20% (Rata-Rata)**

Berat Ring, W_1	:	63.1	gram
Berat Tanah Basah + Ring, W_2	:	168.5	gram
Berat Tanah Kering + Ring, W_3	:	153.2	gram
Volume Ring, V	:	66.33	cm ³
Kadar Air, $\omega=(W_2-W_3)/(W_3-W_1)$. 100%	:	16.98	%
Berat Volume Tanah Basah, $\gamma_{wet}=(W_2-W_1)/V$:	1.59	gram/cm ³
Berat Volume Tanah Kering, $\gamma_{dry}=\gamma_{wet}/(1+\omega)$:	1.358	gram/cm ³

Beban (kg)	0.825	1.65	3.3	6.6	13.2	26.4	6.6	0.825
Tekanan (kg/cm ²)	0.25	0.5	1	2	4	8	2	0.25
0 detik	0.000	0.485	1.066	1.821	2.802	4.173	5.819	5.407
6 detik	0.062	0.559	1.163	1.947	2.978	4.385	5.766	5.256
15 detik	0.094	0.598	1.213	2.012	3.069	4.494	5.738	5.178
30 detik	0.132	0.643	1.272	2.089	3.177	4.623	5.706	5.086
1 menit	0.180	0.701	1.347	2.186	3.313	4.787	5.665	4.969
2 menit	0.247	0.781	1.452	2.322	3.503	5.015	5.608	4.806
4 menit	0.324	0.874	1.572	2.478	3.722	5.277	5.543	4.619
8 menit	0.375	0.935	1.651	2.582	3.867	5.451	5.499	4.495
15 menit	0.409	0.976	1.704	2.651	3.963	5.567	5.470	4.412
30 menit	0.438	1.011	1.750	2.710	4.045	5.666	5.445	4.341
1 jam	0.458	1.035	1.781	2.750	4.102	5.734	5.428	4.293
2 jam	0.473	1.053	1.804	2.781	4.145	5.785	5.416	4.256
4 jam	0.482	1.063	1.818	2.799	4.170	5.816	5.408	4.234
8 jam	0.484	1.065	1.820	2.801	4.172	5.818	5.407	4.233
24 jam	0.485	1.066	1.821	2.802	4.173	5.819	5.407	4.232

Diperiksa Oleh :

Makassar, 22 Februari 2019
Dibuat oleh :

Hasrullah,ST
Asisten Lab

Muhammad Aidul
Mahasiswa



Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir
 Nama : Muhammad Aidul
 Stambuk : 45 12 041 009
 Judul : Analisa Nilai Konsolidasi Pada Tanah Lempung Lunak Yang Di Campur Dengan FLY ASH

**PENGUJIAN KONSOLIDASI
 (SNI 2812:2011)
 T.A 80% + F.A 20% (Rata-Rata)**

Diameter Contoh	:	6.5	cm
Luas Contoh	:	33.17	cm ²
Tinggi Spesimen (H)	:	2	cm
Berat Tanah Kering, Wd	:	90.10	gram
Berat Jenis	:	2.717	gram/cm ³
Tebal Bagian Padat, Hs = Wd/(Gs x A x γ_w)	:	0.654	
Angka Pori, e = (H/Hs)-1	:	2.060	

Tekanan (kg/cm ²)	Pembacaan Terakhir (mm)	Tinggi Spesimen, H(cm)	Perubahan Tinggi Spesimen, δH (cm)	Perubahan Angka Pori, $\delta e = \delta H/H$	Angka Pori, $e = e_0 - \delta e$	Perubahan Tinggi Tanah Rata-rata, δH_a (cm)	Tinggi Tanah Setelah Perubahan, d (cm)	Waktu Konsolidasi 50% t_{50} (menit)	Waktu Konsolidasi 90% t_{90} (menit)	Koefisien Konsolidasi $C_v = (0.197 \times (d/2)^2) / t_{50}$	Koefisien Konsolidasi $C_v = (0.848 \times (d/2)^2) / t_{90}$
0	0.000	2.000	0.000	0.000	2.060	-	-				
0.25	0.485	1.952	0.049	0.074	1.986	0.024	1.976	1.90	4.84	0.1012	0.1710
0.50	1.066	1.893	0.107	0.163	1.897	0.078	1.922	1.90	4.84	0.0958	0.1619
1.00	1.821	1.818	0.182	0.279	1.782	0.144	1.856	2.00	5.76	0.0848	0.1267
2.00	2.802	1.720	0.280	0.429	1.632	0.231	1.769	2.00	4.00	0.0770	0.1658
4.00	4.173	1.583	0.417	0.639	1.422	0.349	1.651	1.90	4.00	0.0707	0.1445
8.00	5.819	1.418	0.582	0.890	1.170	0.500	1.500	1.90	4.41	0.0584	0.1082
2.00	5.416	1.458	0.542	0.829	1.232	0.562	1.438				
0.25	4.256	1.574	0.426	0.651	1.409	0.484	1.516				

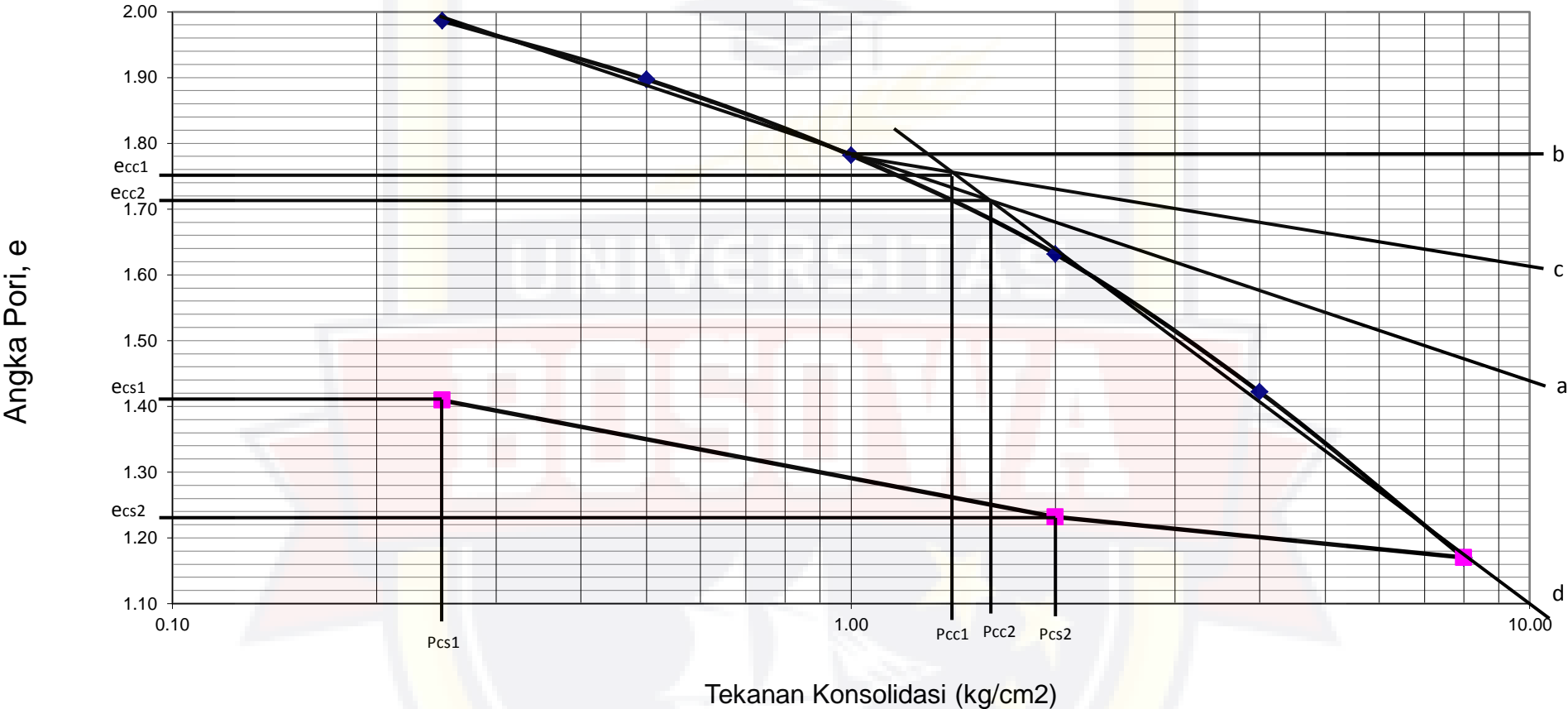
Diperiksa Oleh :

Makassar, 22 Februari 2019
 Dibuat oleh :

Hasrullah,ST
 Asisten Lab

Muhammad Aidul
 Mahasiswa

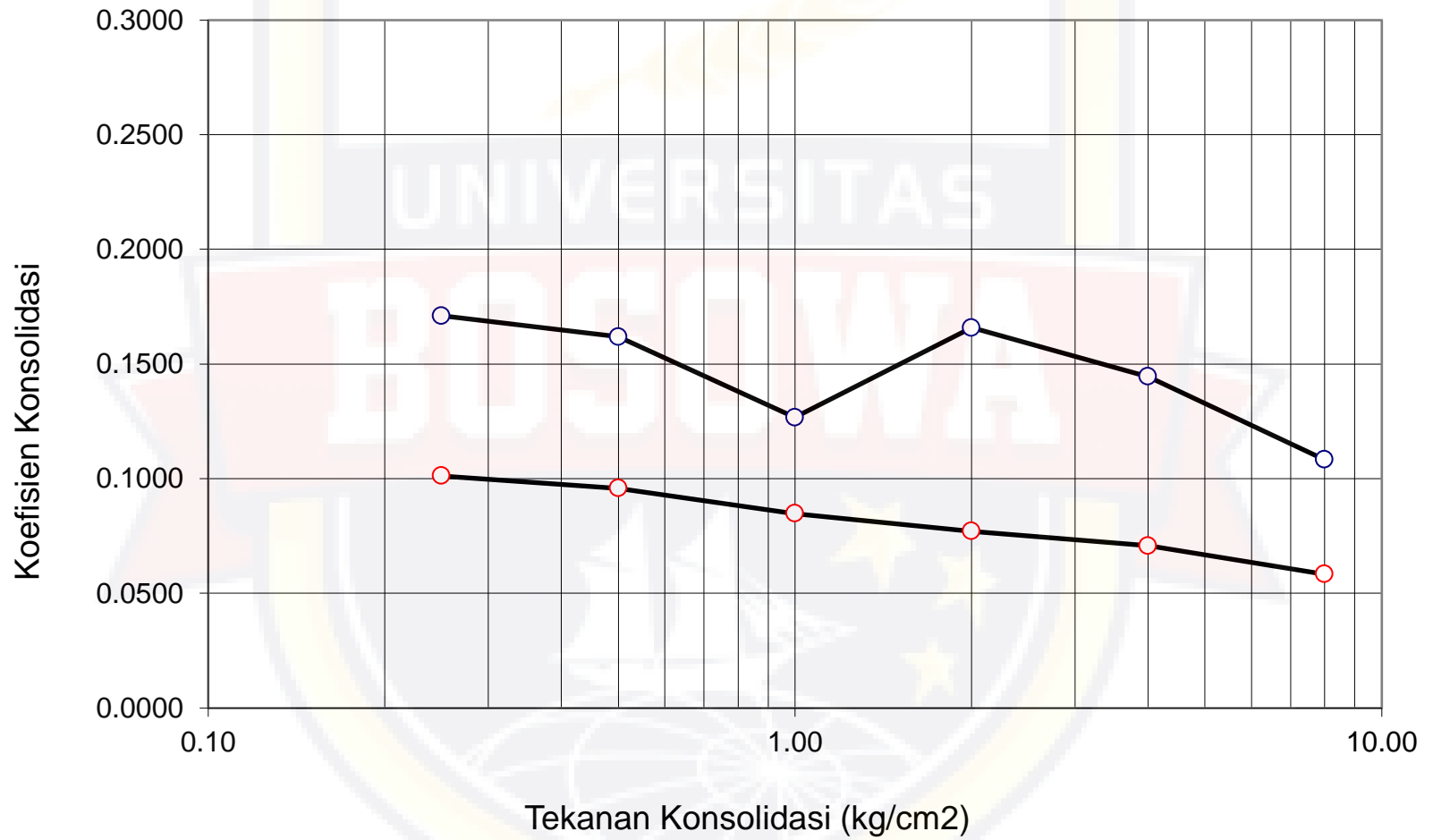
Grafik Hubungan antara Angka pori dengan Tekanan Konsolidasi T.A 80% + F.A 20%



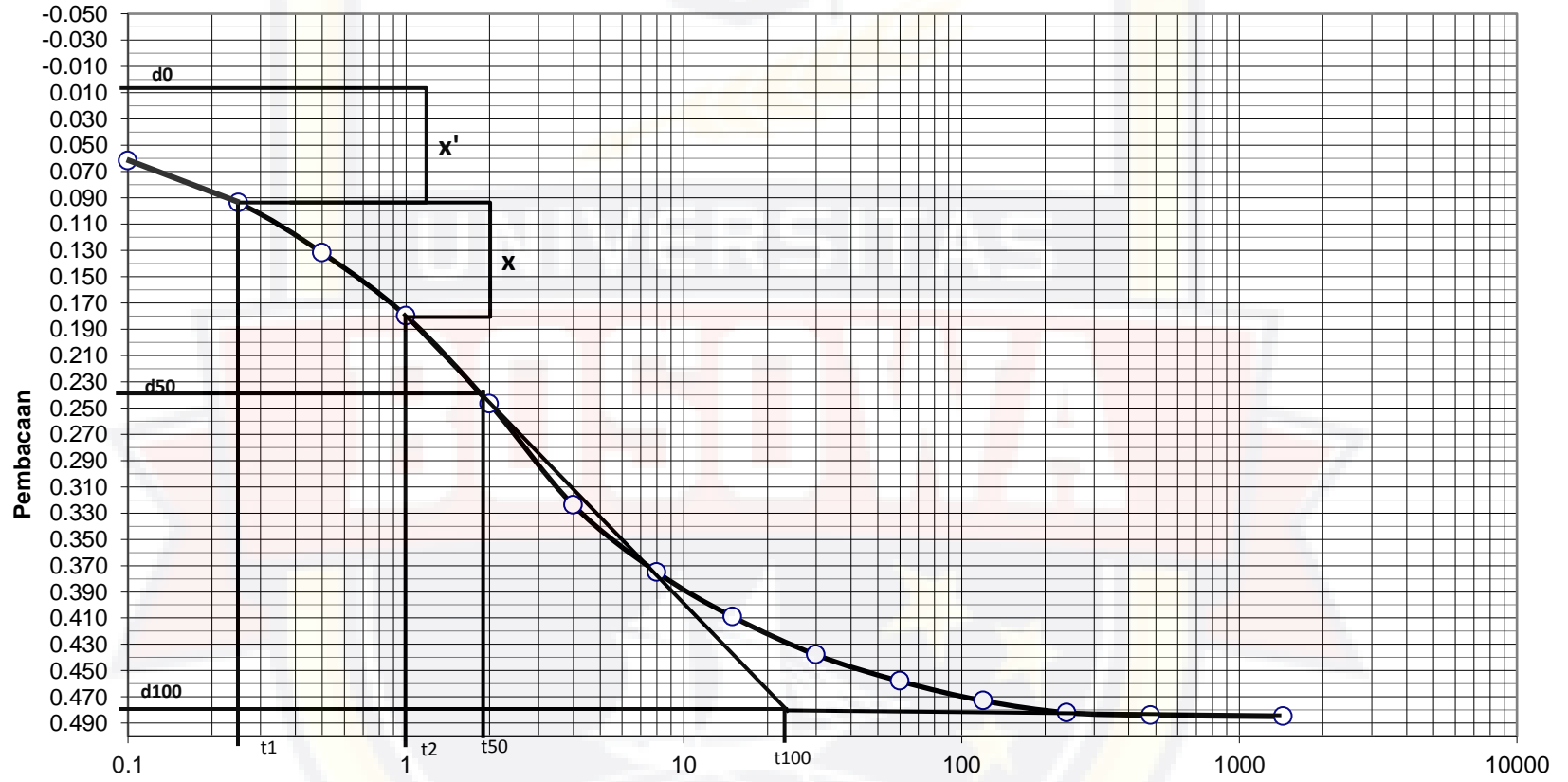
Pcc 1 = 1.400 ecc 1 = 1.760
 Pcc 2 = 1.600 ecc 2 = 1.704
 Pcs 1 = 0.260 ecs 1 = 1.410
 Pcs 2 = 2.000 ecs 2 = 1.238

$$\begin{aligned}
 cc &= (e_1 - e_2) / \log (P_2 / P_1) \\
 &= (1.760 - 1.704) / \log (1.60 / 1.40) \\
 &= 0.965 \\
 cs &= (e_1 - e_2) / \log (P_2 / P_1) \\
 &= (1.410 - 1.238) / \log (2.000 / 0.260) \\
 &= 0.194
 \end{aligned}$$

Grafik Hubungan antara Tekanan dan Koefisien Konsolidasi
T.A 80% + F.A 20%

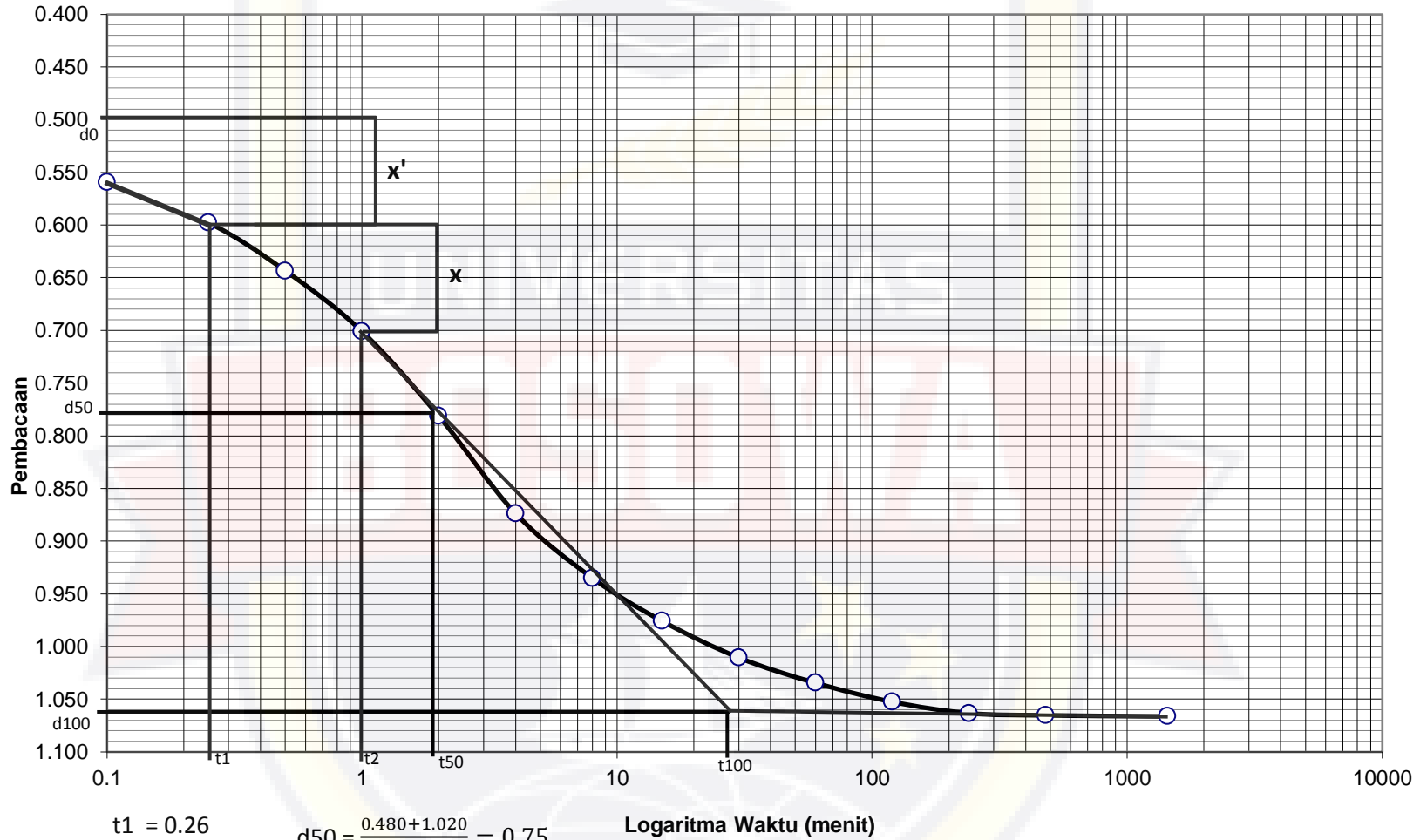


Casagrande Method's
 Tekanan 0,25 kg/cm²
 T.A 80% + F.A 20%



$t_1 = 0.3$ $d_{50} = \frac{0.008 + 0.480}{2} = 0.240$ **Logaritma Waktu (menit)**
 $t_2 = 1$ $t_{50} = 1.90$
 $d_0 = 0.008$
 $d_{100} = 0.480$

Casagrande Method's
 Tekanan 0,5 kg/cm²
 T.A 80% + F.A 20%



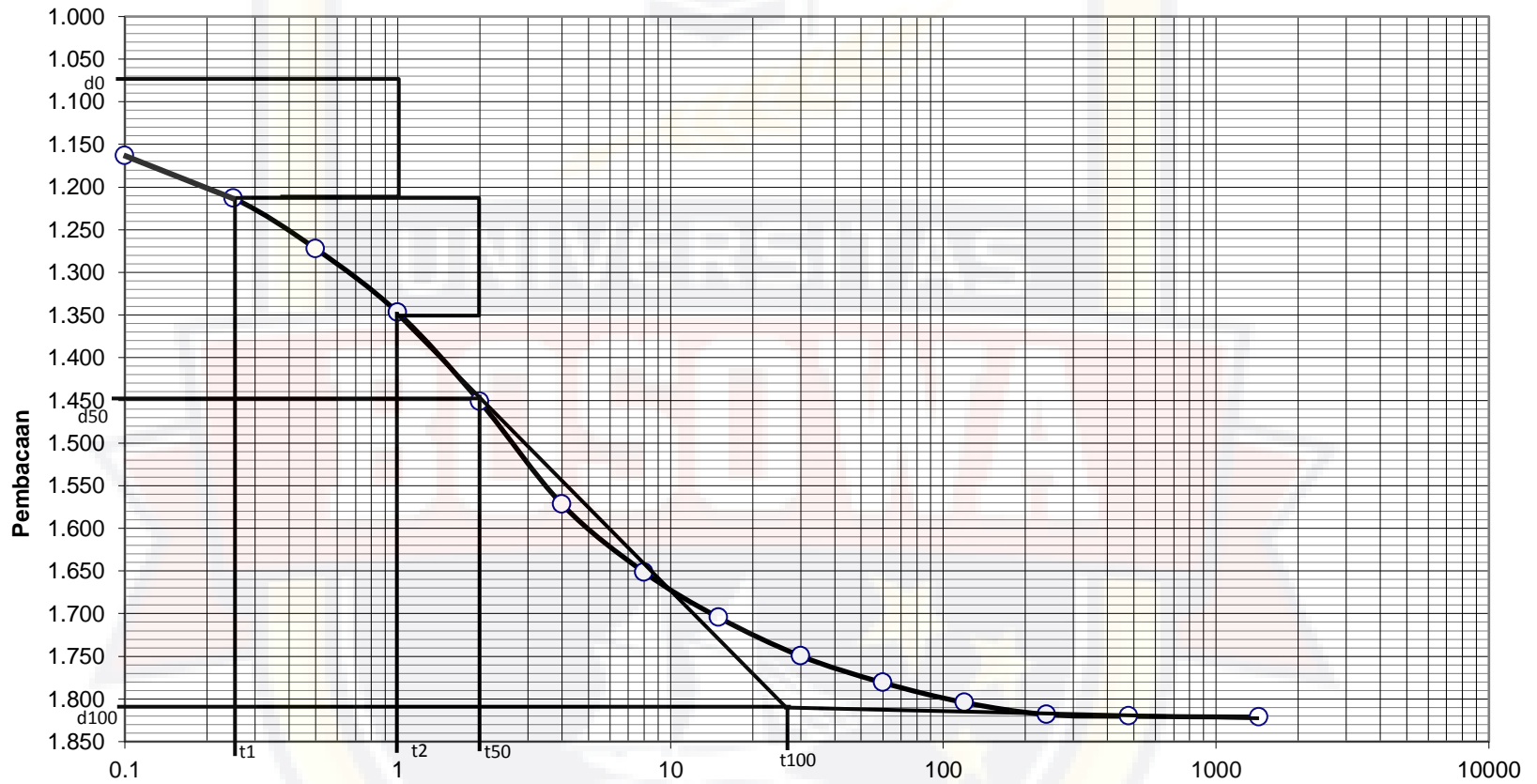
t1 = 0.26
 t2 = 1
 d0 = 0.480
 d100 = 1.020

$$d50 = \frac{0.480 + 1.020}{2} = 0.75$$

$$t50 = 1.90$$

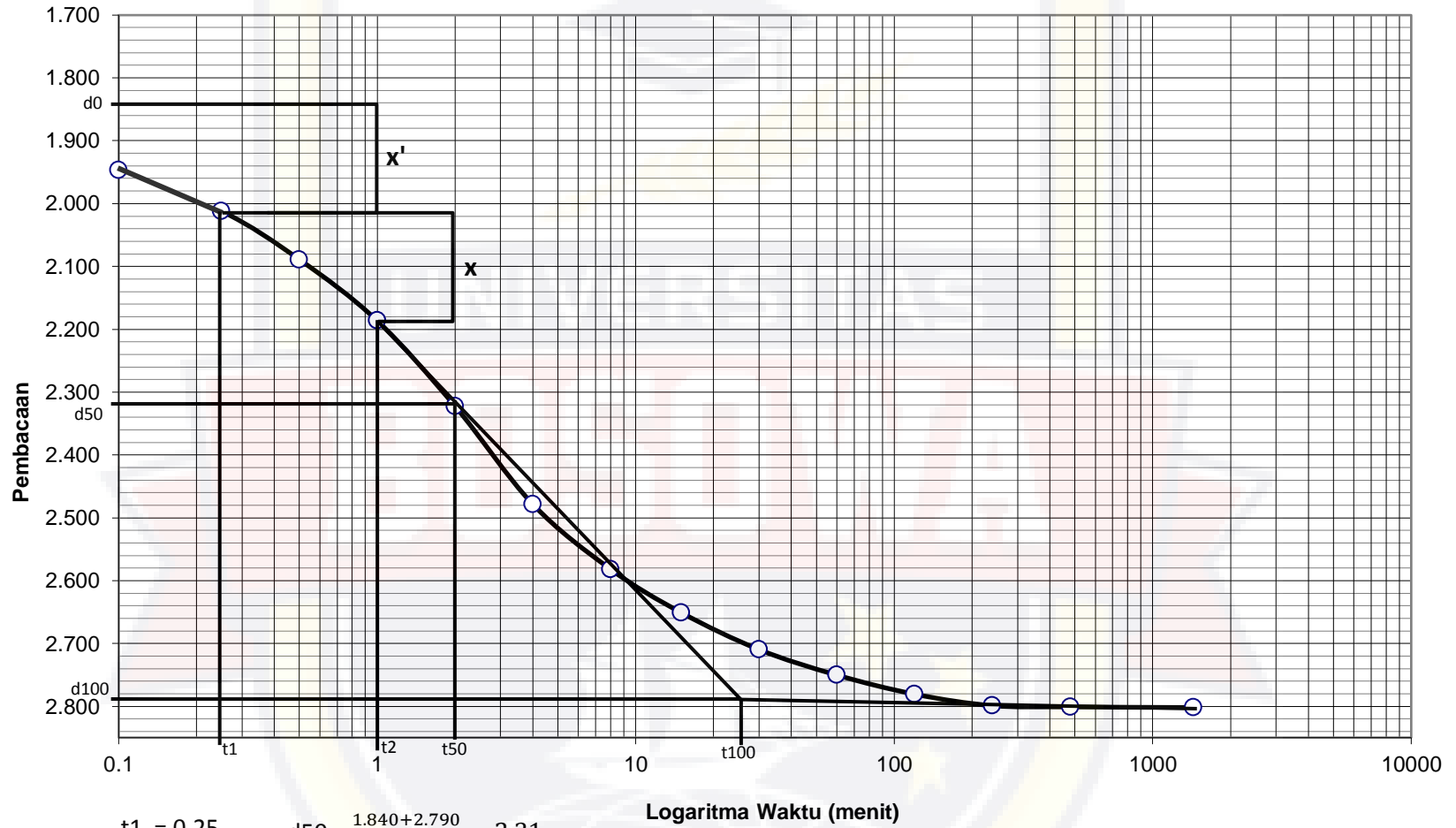
Logaritma Waktu (menit)

Casagrande Method's
 Tekanan 1 kg/cm²
 T.A 80% + F.A 20%



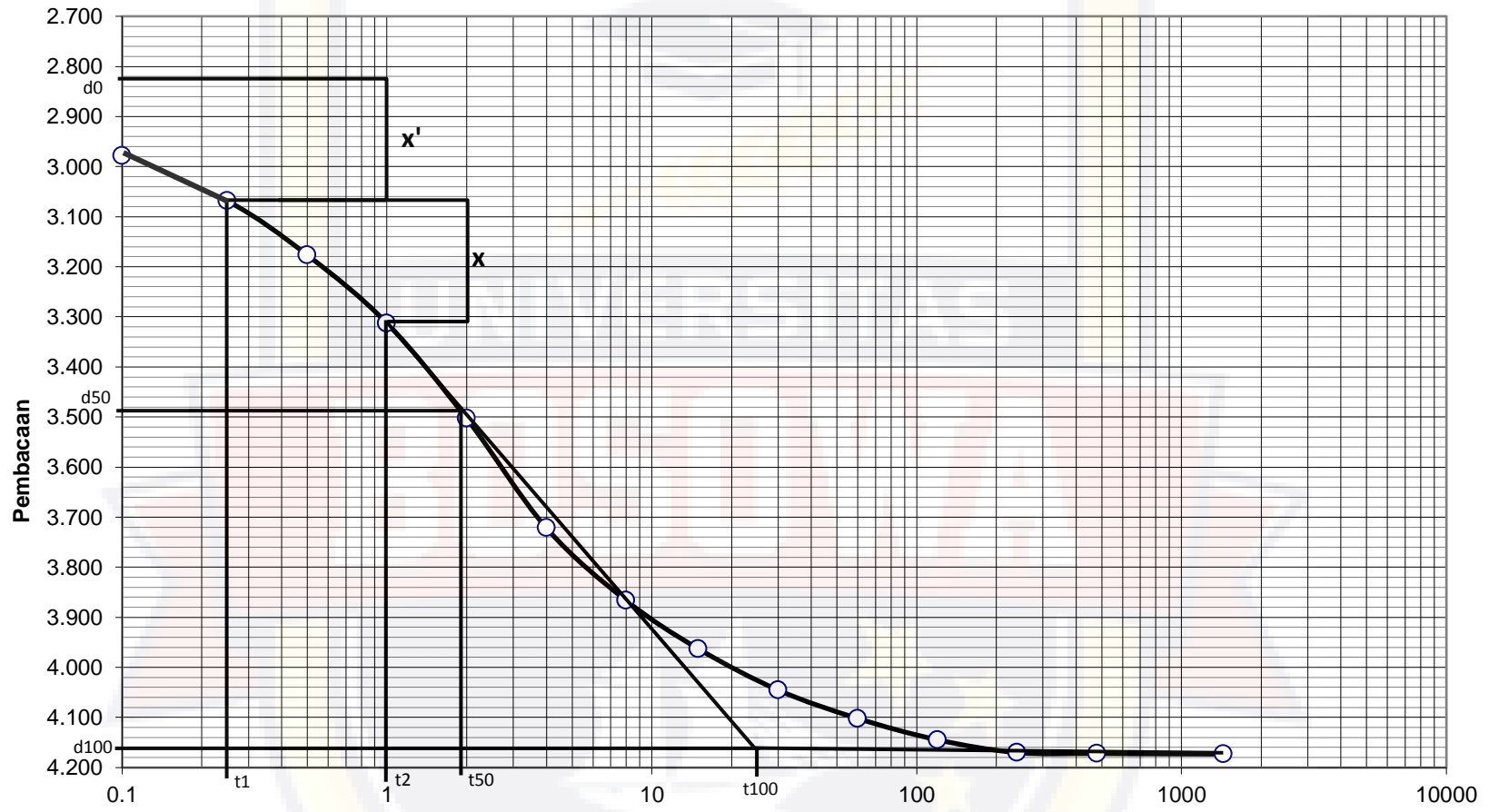
$t1 = 0.25$ $d50 = \frac{1.075 + 1.820}{2} = 1.45$
 $t2 = 1$ $t50 = 2$
 $d0 = 1.075$
 $d100 = 1.820$

Casagrande Method's
 Tekanan 2 kg/cm²
 T.A 80% + F.A 20%



$t_1 = 0.25$ $d_{50} = \frac{1.840 + 2.790}{2} = 2.31$
 $t_2 = 1$ $t_{50} = 2$
 $d_0 = 1.840$
 $d_{100} = 2.790$

Casagrande Method's
 Tekanan 4 kg/cm²
 T.A 80% + F.A 20%



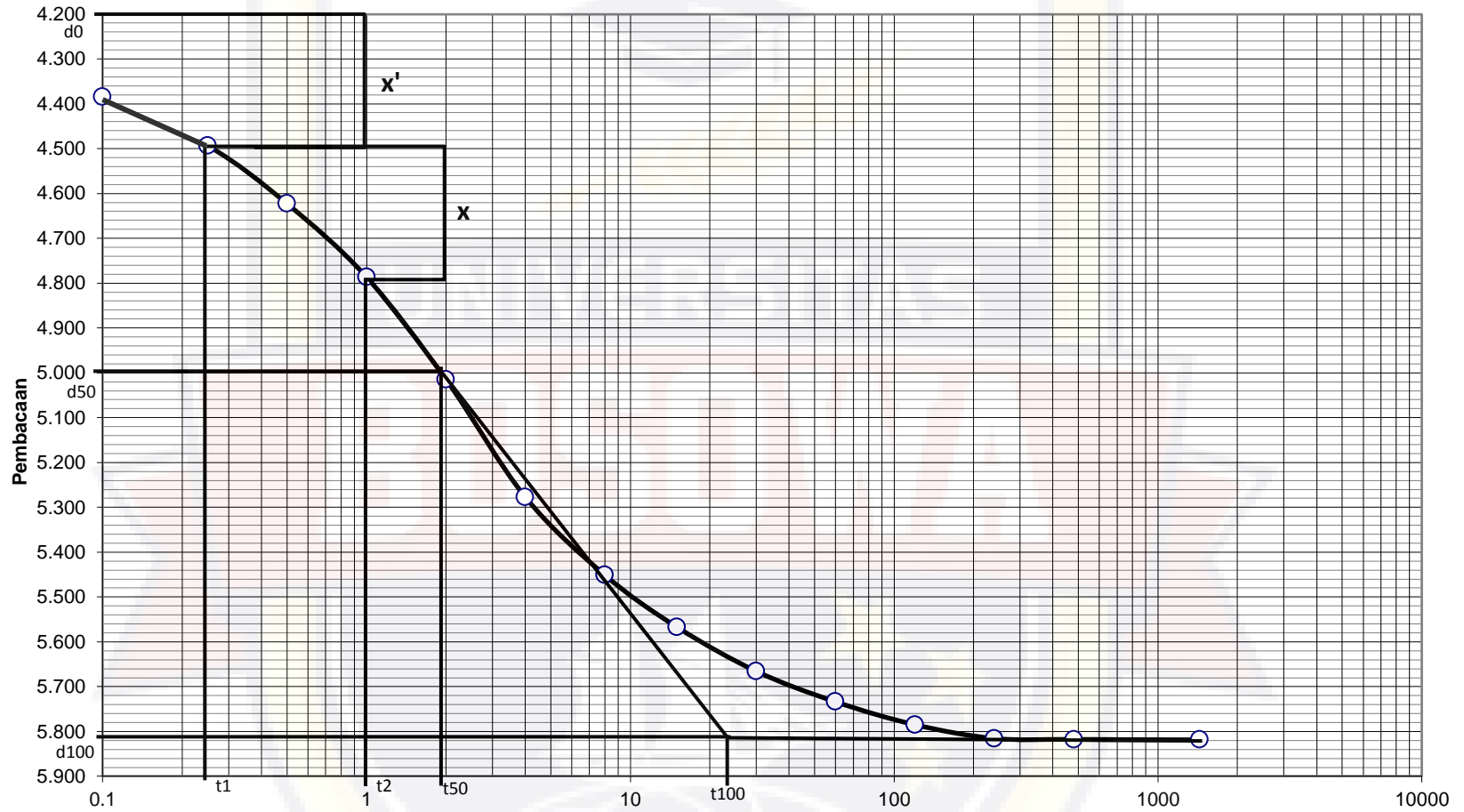
t1 = 0.25
 t2 = 1
 d0 = 2.820
 d100 = 4.160

$$d_{50} = \frac{2.820 + 4.160}{2} = 3.49$$

$$t_{50} = 1.90$$

Logaritma Waktu (menit)

Casagrade Method's
 Tekanan 8 kg/cm²
 T.A 80% + F.A 20%



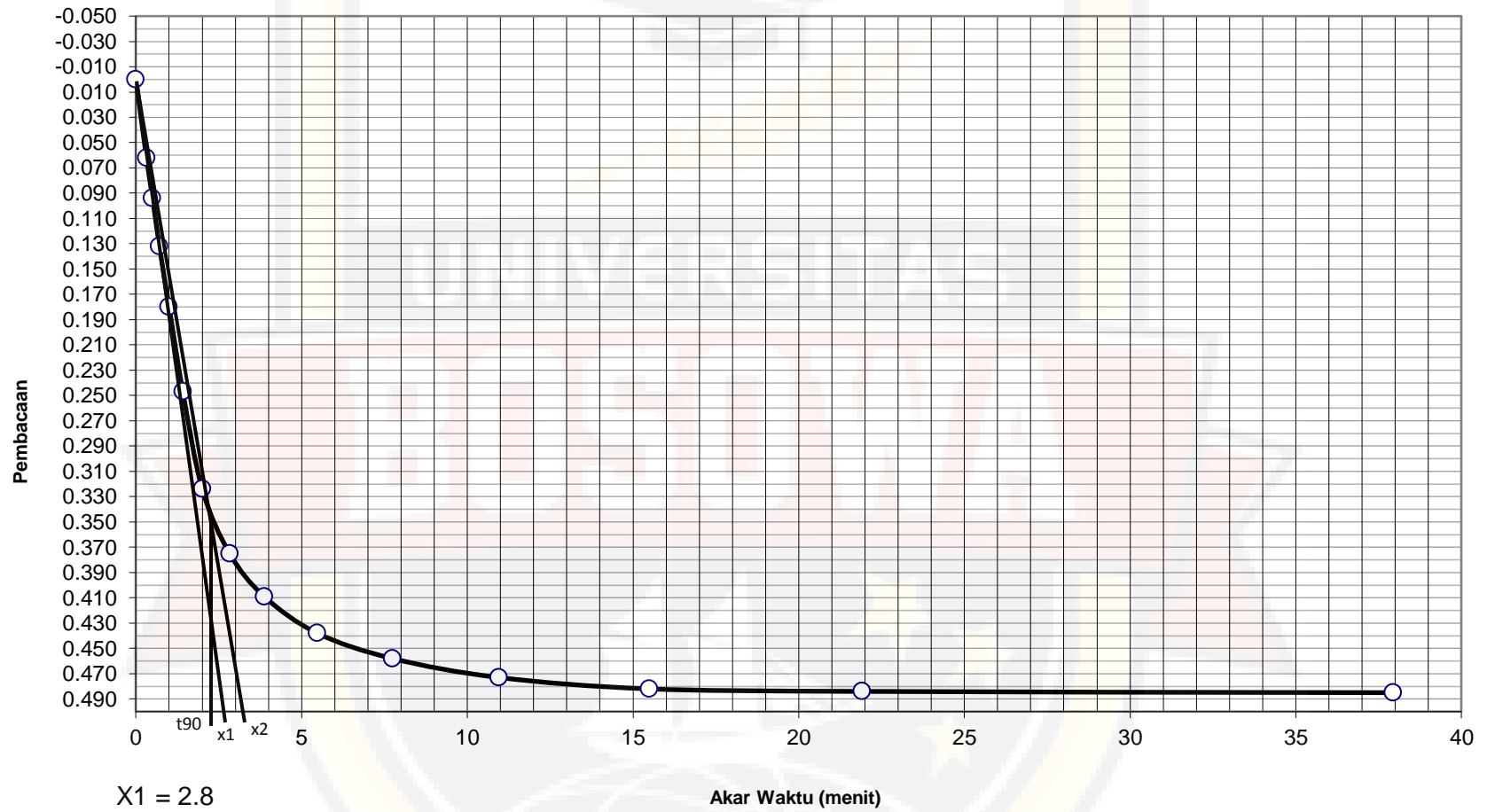
t1 = 0.25
 t2 = 1
 d0 = 4.200
 d100 = 5.820

$$d_{50} = \frac{4.200 + 5.820}{2} = 5.000$$

$$t_{50} = 1.90$$

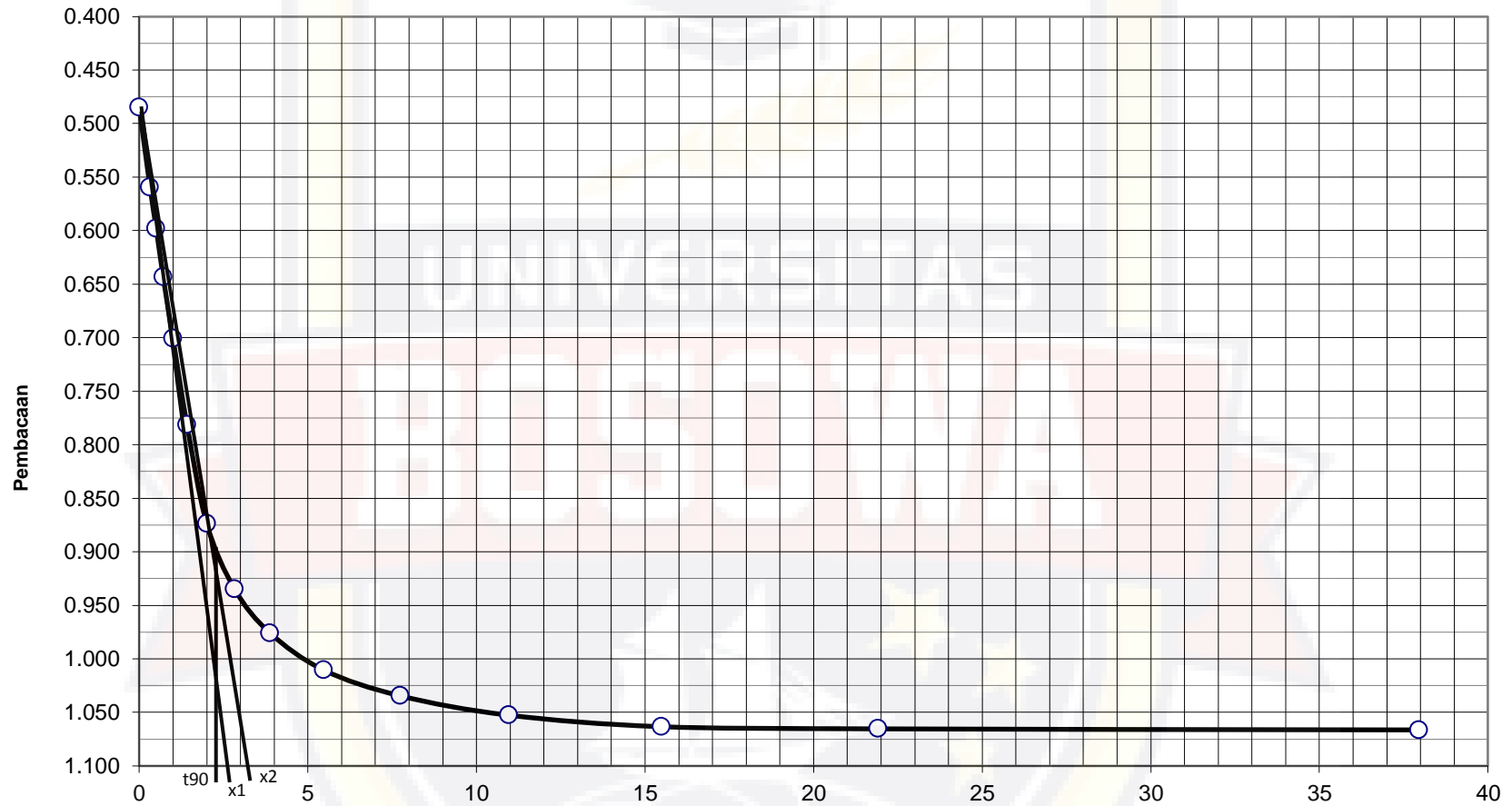
Logaritma Waktu (menit)

Taylor's Method
 Tekanan 0,25 kg/cm²
 T.A 80% + F.A 20%



$X1 = 2.8$
 $X2 = 1.15 \times X1 = 3.22$
 $\sqrt{t_{90}} = 2.2$
 $t_{90} = 2.2^2 = 4.84$

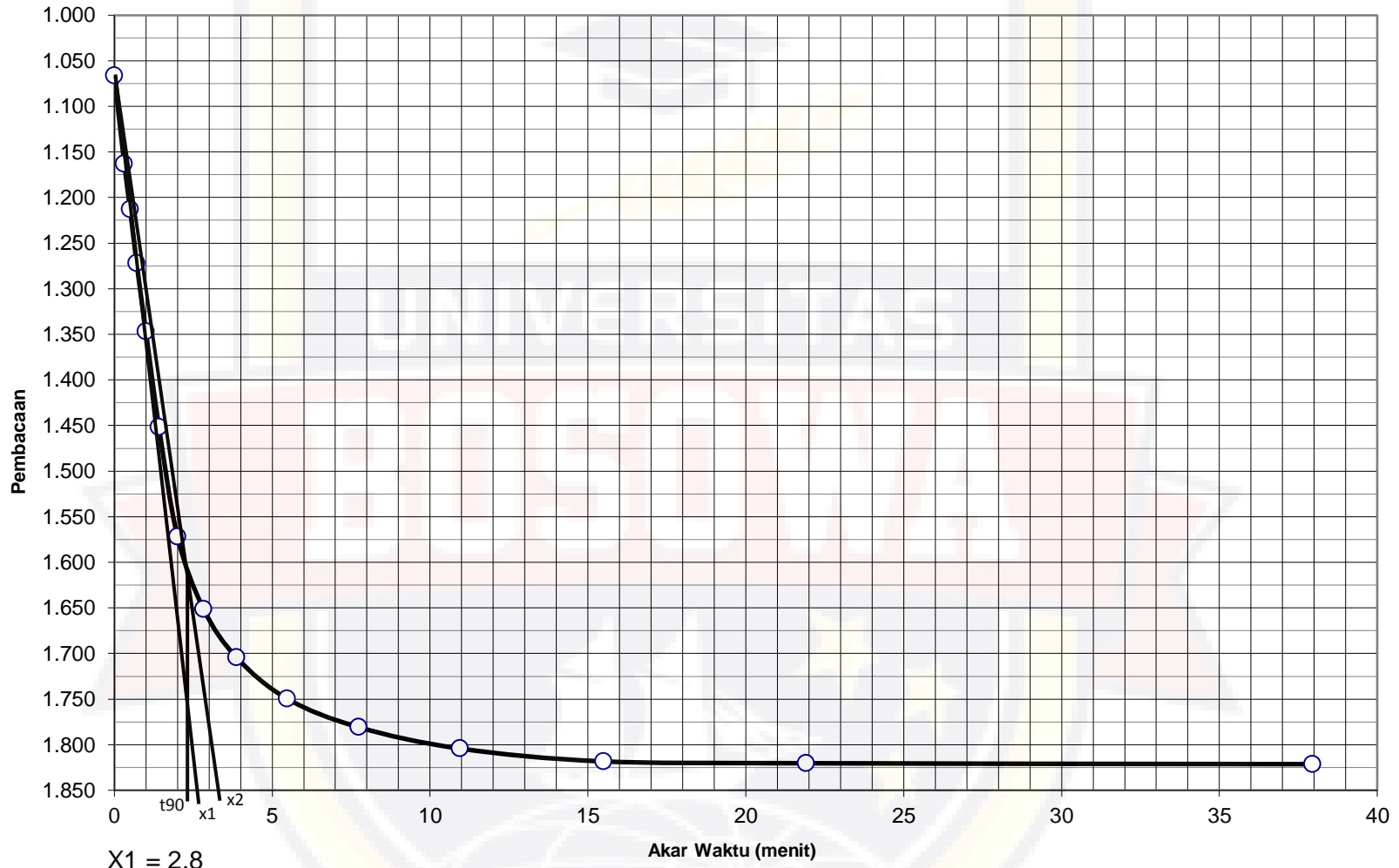
Taylor's Method
 Tekanan 0,5 kg/cm²
 T.A 80% + F.A 20%



$X1 = 2.8$
 $X2 = 1.15 \times X1 = 3.22$
 $\sqrt{t_{90}} = 2.2$
 $t_{90} = 2.2^2 = 4.84$

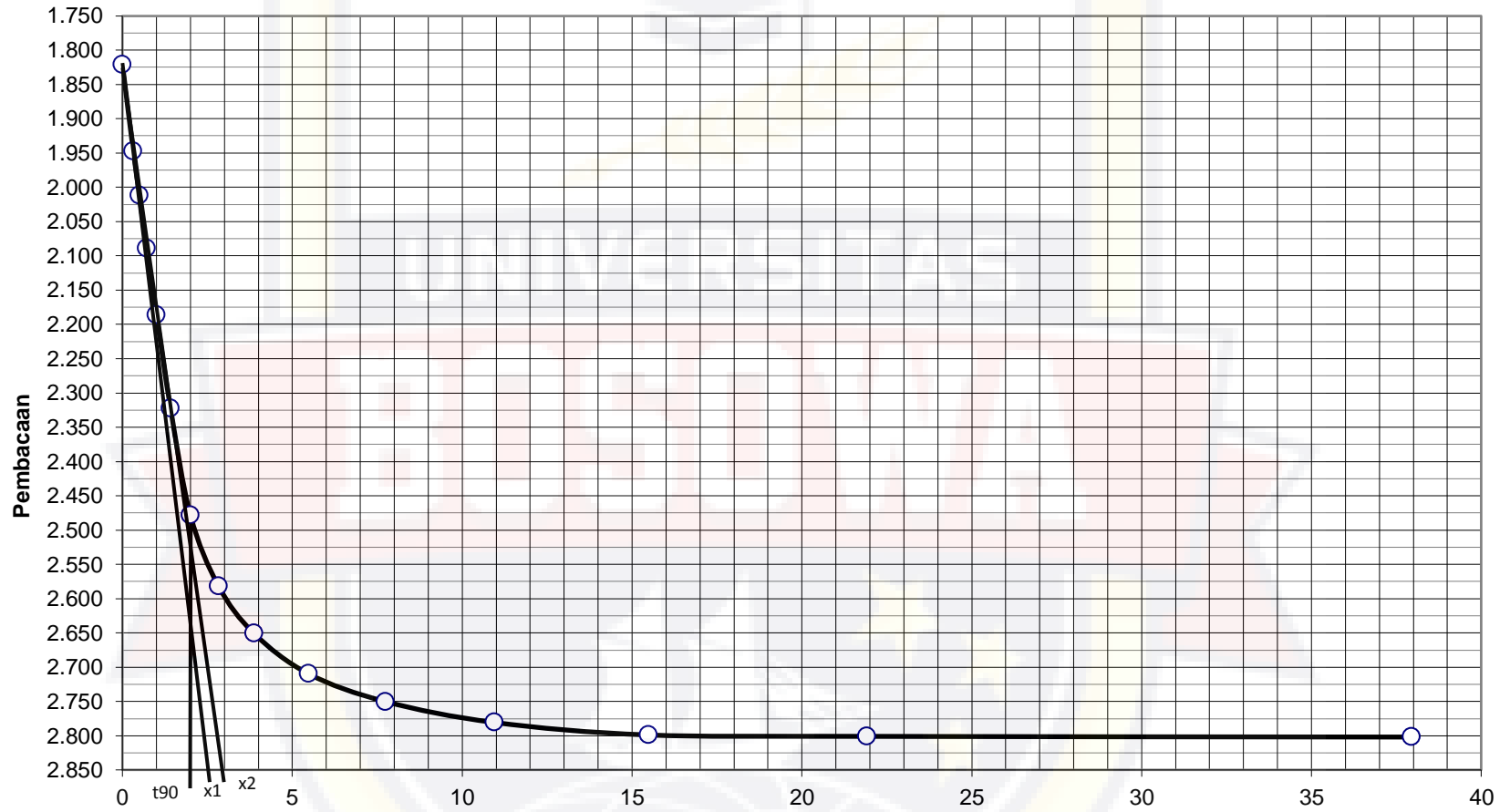
Akar Waktu (menit)

Taylor's Method
Tekanan 1 kg/cm²
T.A 80% + F.A 20%



$X1 = 2.8$
 $X2 = 1.15 \times X1 = 3.22$
 $\sqrt{t_{90}} = 2.4$
 $t_{90} = 2.4^2 = 5.76$

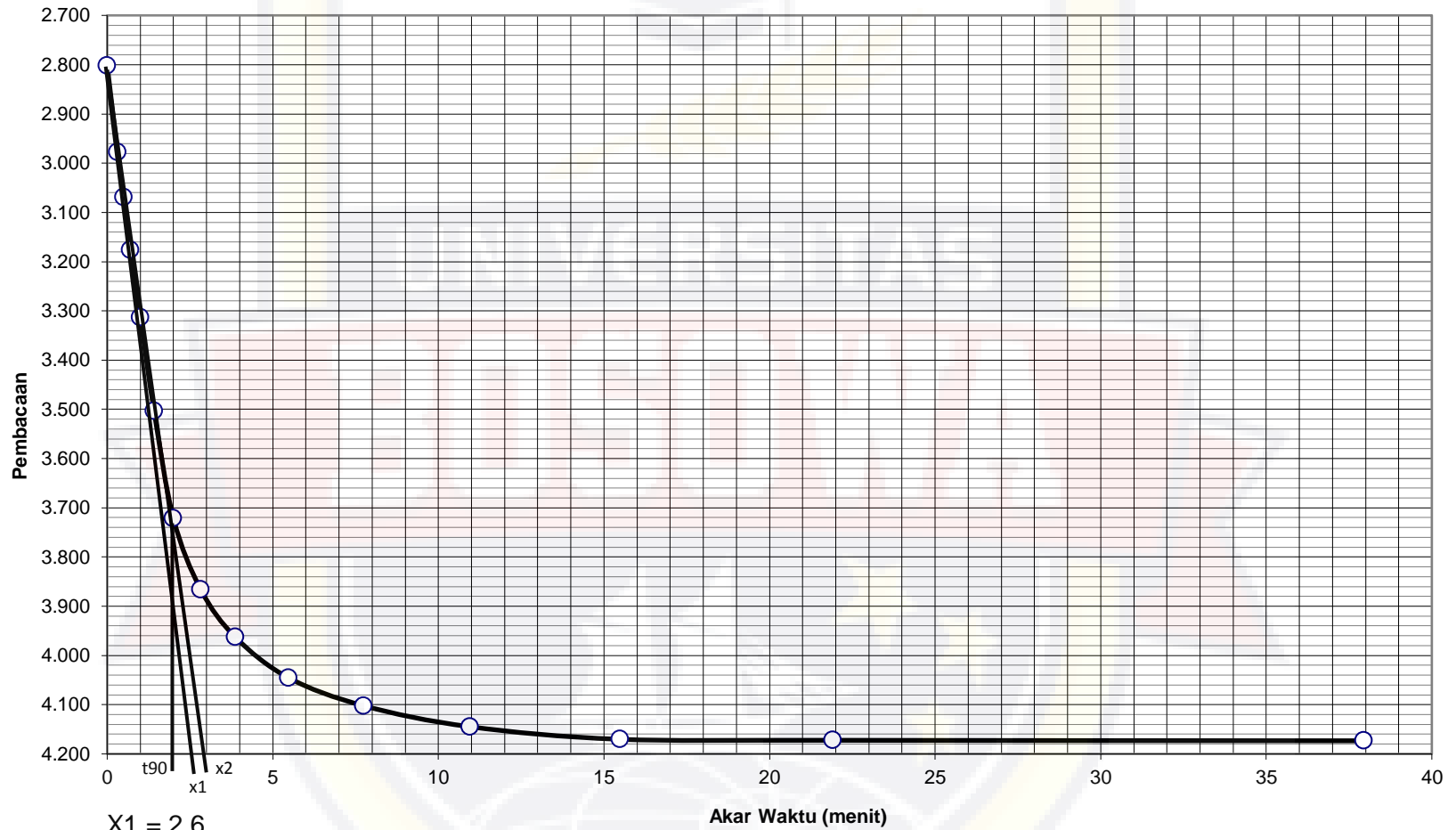
Taylor's Method
 Tekanan 2 kg/cm²
 T.A 80% + F.A 20%



$X1 = 2.6$
 $X2 = 1.15 \times X1 = 2.99$
 $\sqrt{t90} = 2$
 $t90 = 2^2 = 4$

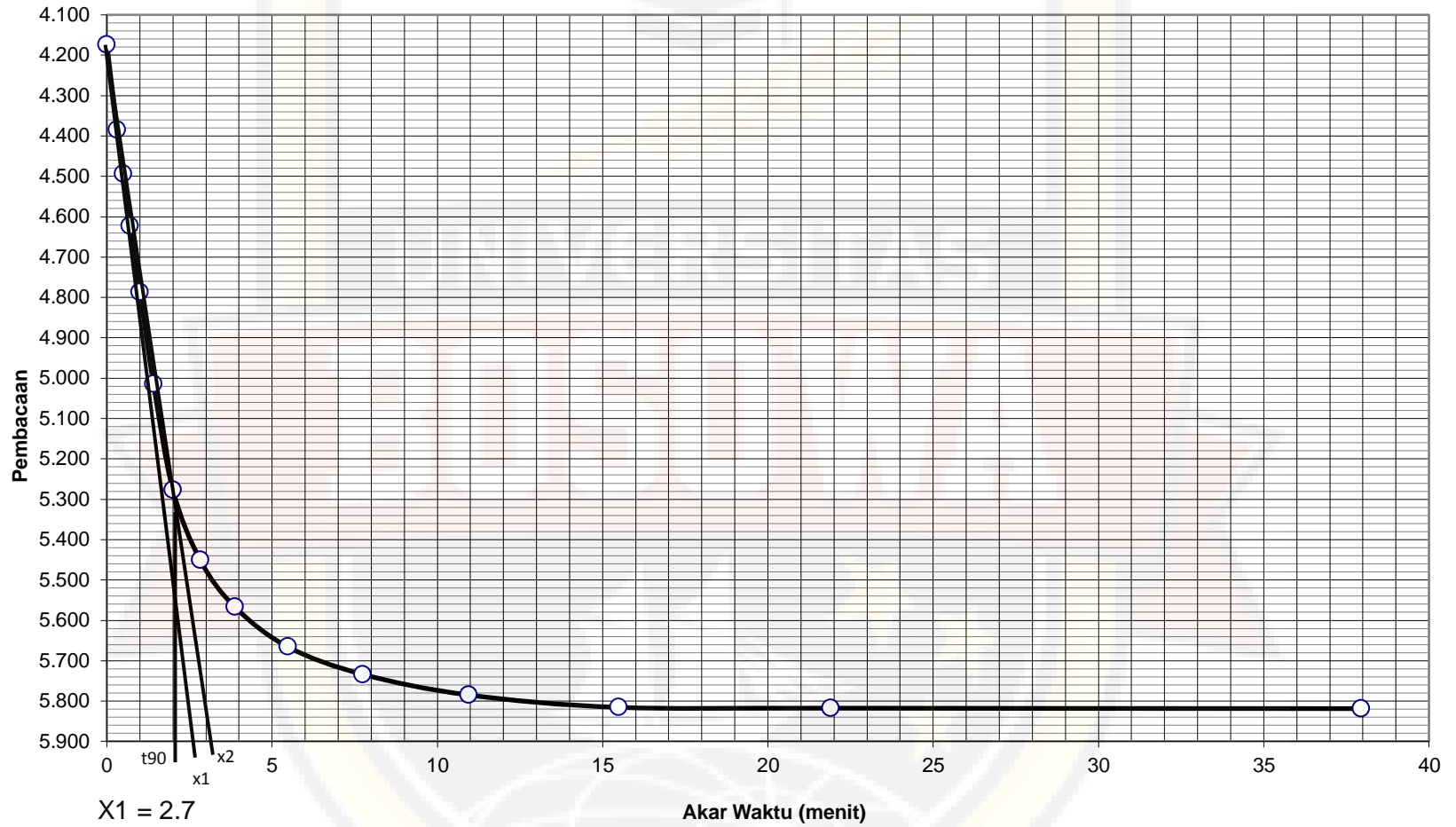
Akar Waktu (menit)

Taylor's Method
 Tekanan 4 kg/cm²
 T.A 80% + F.A 20%



$X1 = 2.6$
 $X2 = 1.15 \times X1 = 2.99$
 $\sqrt{t_{90}} = 2$
 $t_{90} = 2^2 = 4$

Taylor's Method
 Tekanan 8 kg/cm²
 T.A 80% + F.A 20%



$X_1 = 2.7$
 $X_2 = 1.15 \times X_1 = 3.10$
 $\sqrt{t_{90}} = 2.1$
 $t_{90} = 2.1^2 = 4.41$



Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir
Nama : Muhammad Aidul
Stambuk : 45 12 041 009
Judul : Analisa Nilai Konsolidasi Pada Tanah Lempung Lunak Yang Di Campur Dengan FLY ASH

**PENGUJIAN KONSOLIDASI
(SNI 2812:2011)
T.A 70% + F.A 30% (Rata-Rata)**

Berat Ring, W_1	:	63.1	gram
Berat Tanah Basah + Ring, W_2	:	173.45	gram
Berat Tanah Kering + Ring, W_3	:	162.4	gram
Volume Ring, V	:	66.33	cm ³
Kadar Air, $\omega = (W_2 - W_3) / (W_3 - W_1) \cdot 100\%$:	11.13	%
Berat Volume Tanah Basah, $\gamma_{wet} = (W_2 - W_1) / V$:	1.66	gram/cm ³
Berat Volume Tanah Kering, $\gamma_{dry} = \gamma_{wet} / (1 + \omega)$:	1.497	gram/cm ³

Beban (kg)	0.825	1.65	3.3	6.6	13.2	26.4	6.6	0.825
Tekanan (kg/cm ²)	0.25	0.5	1	2	4	8	2	0.25
0 detik	0.000	0.641	1.410	2.408	3.705	5.519	7.877	7.203
6 detik	0.052	0.703	1.491	2.513	3.852	5.711	7.822	7.047
15 detik	0.084	0.742	1.541	2.578	3.943	5.829	7.788	6.950
30 detik	0.102	0.763	1.569	2.615	3.994	5.896	7.769	6.896
1 menit	0.147	0.817	1.639	2.706	4.122	6.062	7.722	6.760
2 menit	0.219	0.904	1.751	2.852	4.327	6.327	7.646	6.543
4 menit	0.304	1.006	1.884	3.024	4.568	6.641	7.556	6.287
8 menit	0.393	1.113	2.023	3.205	4.821	6.970	7.463	6.019
15 menit	0.485	1.223	2.166	3.391	5.082	7.309	7.366	5.742
30 menit	0.552	1.303	2.271	3.527	5.272	7.557	7.295	5.540
1 jam	0.593	1.353	2.335	3.610	5.388	7.708	7.252	5.417
2 jam	0.623	1.389	2.381	3.671	5.474	7.819	7.220	5.326
4 jam	0.638	1.407	2.405	3.702	5.516	7.874	7.204	5.281
8 jam	0.640	1.409	2.407	3.704	5.518	7.876	7.204	5.279
24 jam	0.641	1.410	2.408	3.705	5.519	7.877	7.203	5.279

Diperiksa Oleh :

Hasrullah,ST
Asisten Lab

Makassar, 22 Februari 2019
Dibuat oleh :

Muhammad Aidul
Mahasiswa



Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir
Nama : Muhammad Aidul
Stambuk : 45 12 041 009
Judul : Analisa Nilai Konsolidasi Pada Tanah Lempung Lunak Yang Di Campur Dengan FLY ASH

**PENGUJIAN KONSOLIDASI
(SNI 2812:2011)
T.A 70% + F.A 30% (Rata-Rata)**

Diameter Contoh	:	6.5	cm
Luas Contoh	:	33.17	cm ²
Tinggi Spesimen (H)	:	2	cm
Berat Tanah Kering, Wd	:	99.30	gram
Berat Jenis	:	2.717	gram/cm ³
Tebal Bagian Padat, Hs = Wd/(Gs x A x γ_w)	:	0.680	
Angka Pori, e = (H/Hs)-1	:	1.940	

Tekanan (kg/cm ²)	Pembacaan Terakhir (mm)	Tinggi Spesimen, H(cm)	Perubahan Tinggi Spesimen, δH (cm)	Perubahan Angka Pori, $\delta e = \delta H/H$	Angka Pori, $e = e_0 - \delta e$	Perubahan Tinggi Tanah Rata-rata, δH_a (cm)	Tinggi Tanah Setelah Perubahan, d (cm)	Waktu Konsolidasi 50% t_{50} (menit)	Waktu Konsolidasi 90% t_{90} (menit)	Koefisien Konsolidasi $C_v = (0.197 \times (d/2)^2) / t_{50}$	Koefisien Konsolidasi $C_v = (0.848 \times (d/2)^2) / t_{90}$
0	0.000	2.000	0.000	0.000	1.940	-	-				
0.25	0.641	1.936	0.064	0.094	1.846	0.032	1.968	4.20	5.29	0.0454	0.1552
0.50	1.410	1.859	0.141	0.207	1.733	0.103	1.897	4.00	8.41	0.0443	0.0908
1.00	2.408	1.759	0.241	0.354	1.586	0.191	1.809	4.50	8.41	0.0358	0.0825
2.00	3.705	1.630	0.370	0.545	1.396	0.306	1.694	3.90	9.61	0.0363	0.0633
4.00	5.519	1.448	0.552	0.811	1.129	0.461	1.539	5.00	10.89	0.0233	0.0461
8.00	7.877	1.212	0.788	1.158	0.782	0.670	1.330	5.00	9.61	0.0174	0.0390
2.00	7.220	1.278	0.722	1.061	0.879	0.755	1.245				
0.25	5.326	1.467	0.533	0.783	1.157	0.627	1.373				

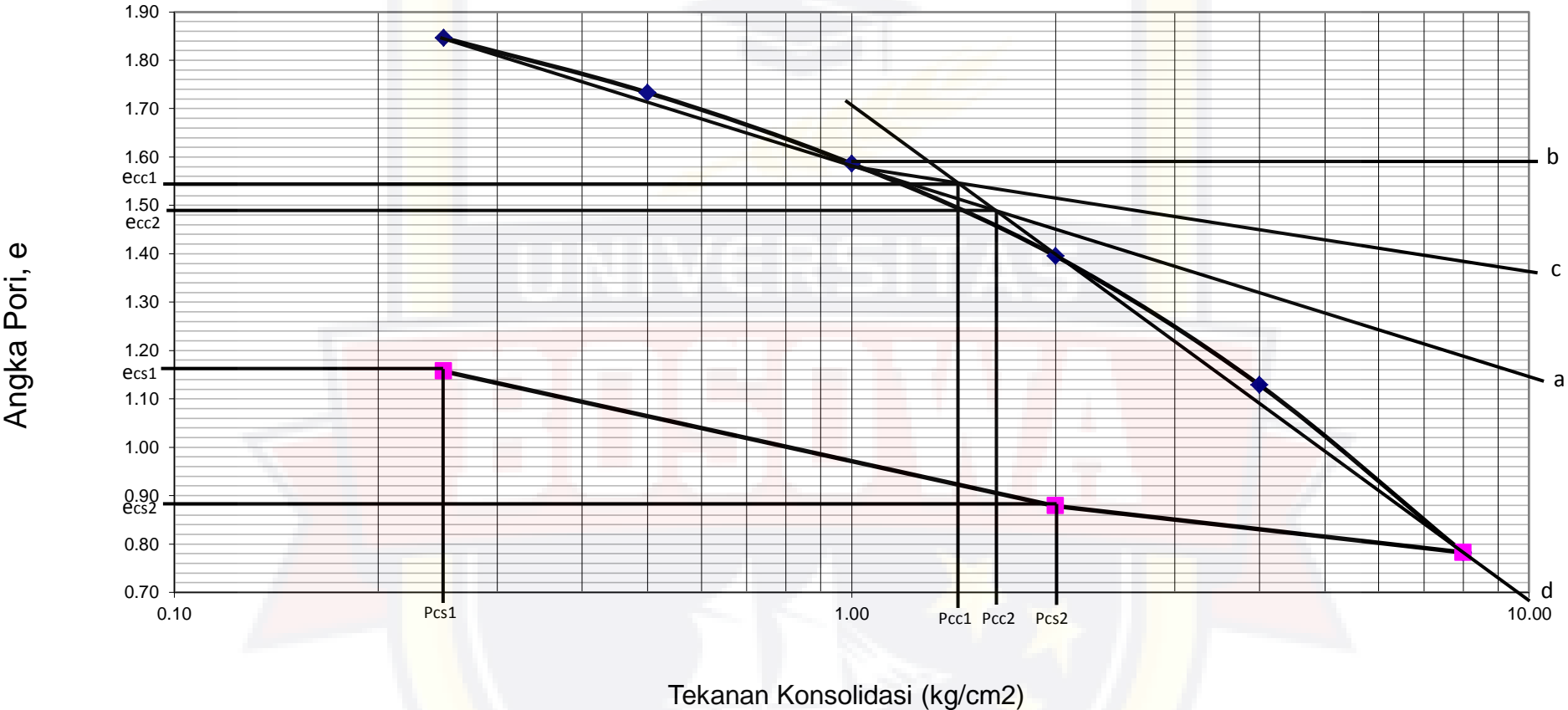
Diperiksa Oleh :

Hasrullah,ST
Asisten Lab

Makassar, 22 Februari 2019
Dibuat oleh :

Muhammad Aidul
Mahasiswa

Grafik Hubungan antara Angka pori dengan Tekanan Konsolidasi T.A 70% + F.A 30%

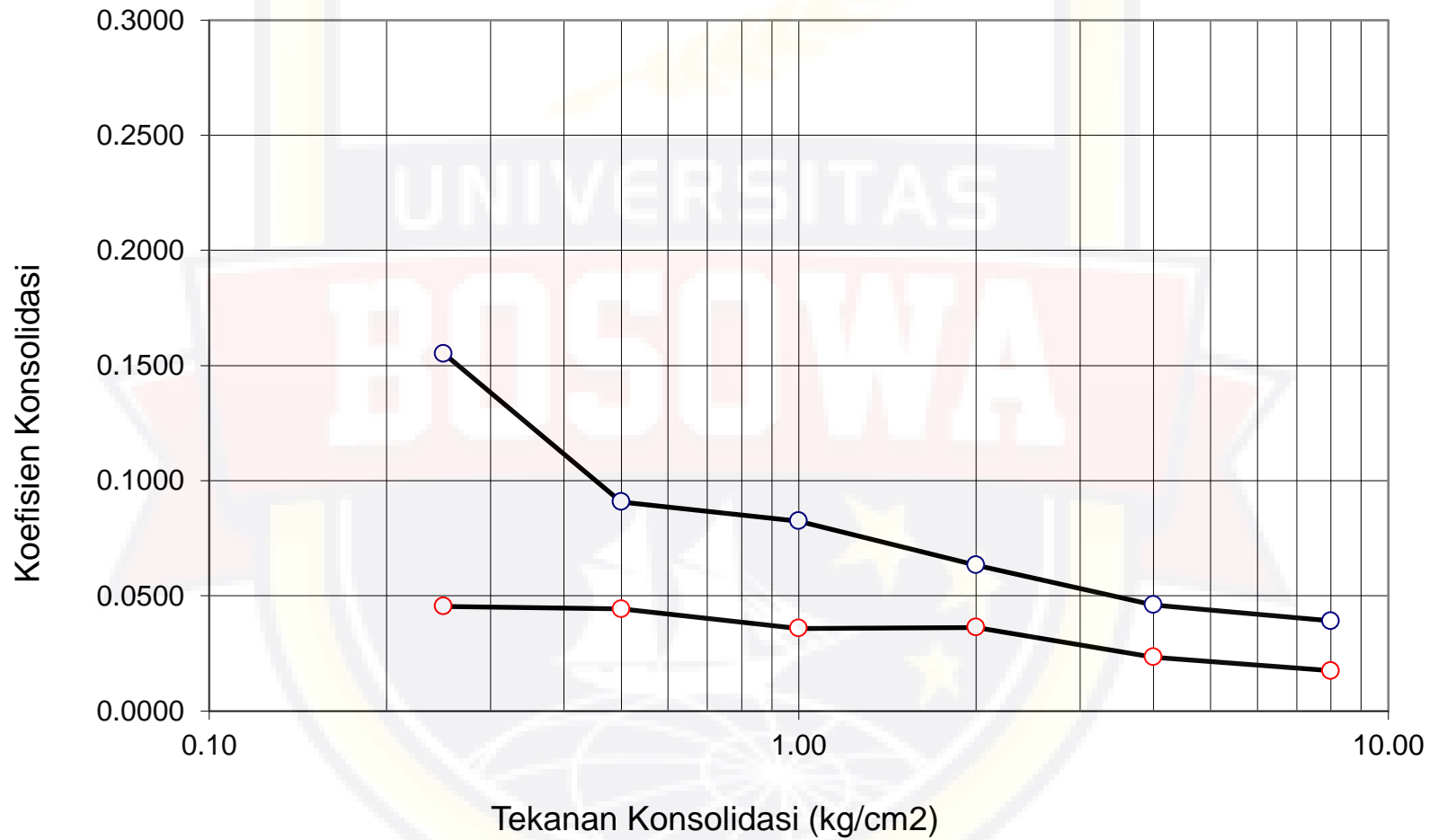


Pcc 1 = 1.5000
 Pcc 2 = 1.750
 Pcs 1 = 0.255
 Pcs 2 = 2.00

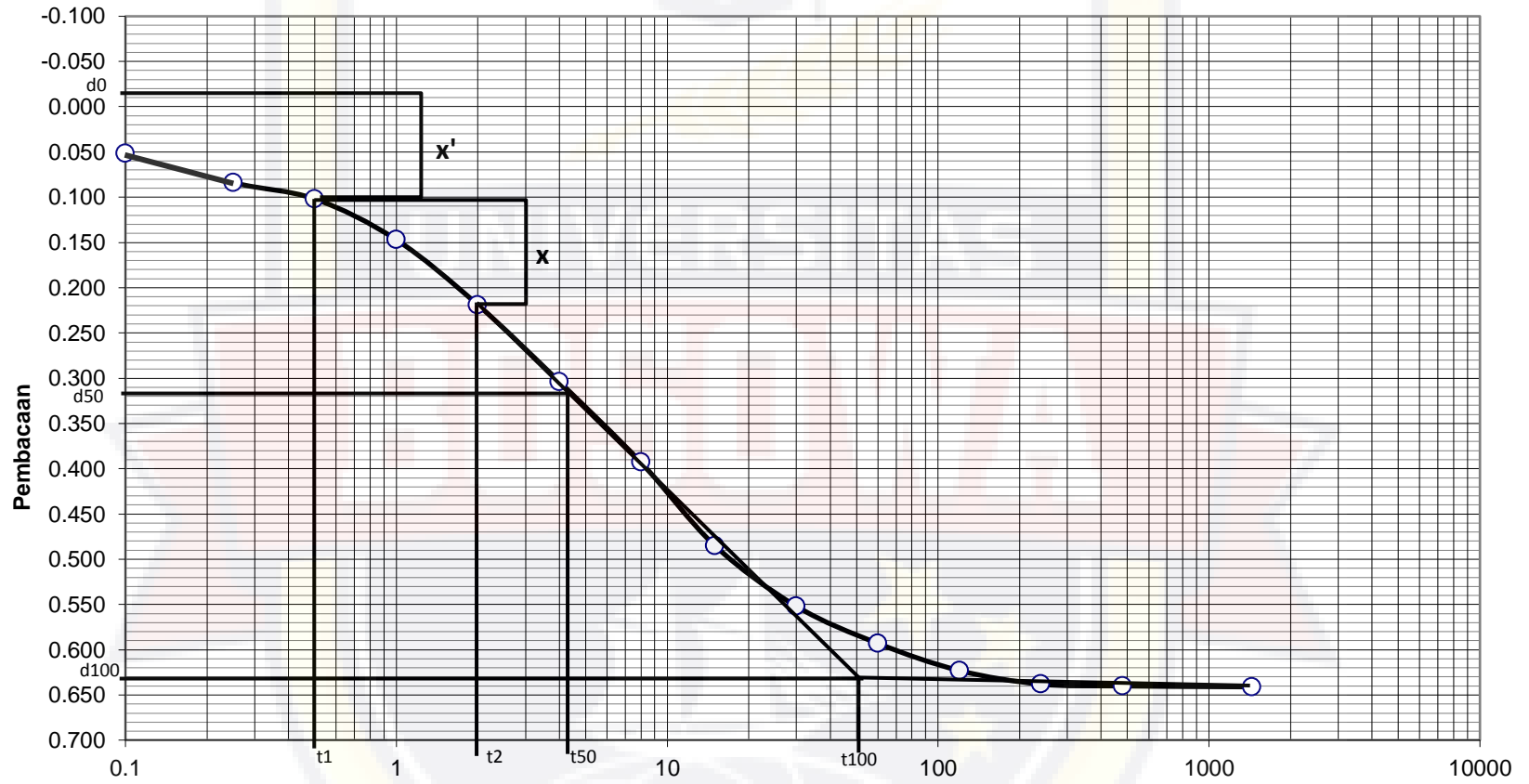
ecc 1 = 1.660
 ecc 2 = 1.480
 ecs 1 = 1.160
 ecs 2 = 0.880

$$\begin{aligned}
 cc &= (e_1 - e_2) / \log (P_2 / P_1) \\
 &= (1.660 - 1.480) / \log (1.750 / 1.500) \\
 &= 0.373 \\
 cs &= (e_1 - e_2) / \log (P_2 / P_1) \\
 &= (1.160 - 0.880) / \log (2.00 / 0.255) \\
 &= 0.313
 \end{aligned}$$

Grafik Hubungan antara Tekanan dan Koefisien Konsolidasi
T.A 70% + F.A 30%



Casagrande Method's
 Tekanan 0,25 kg/cm²
 T.A 70% + F.A 30%



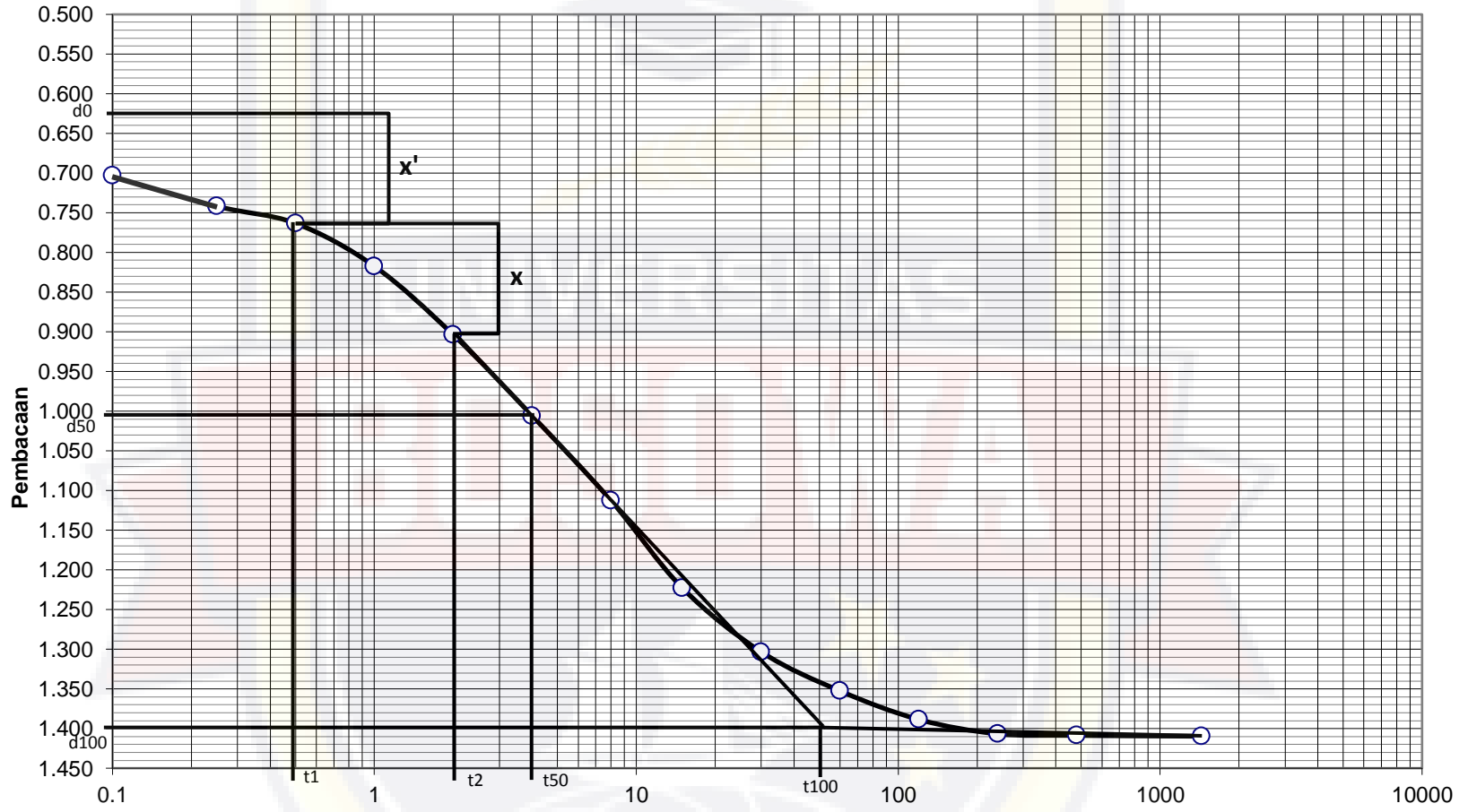
t1 = 0.5
 t2 = 2
 d0 = -0.030
 d100 = 0.680

$$d_{50} = \frac{-0.030 + 0.680}{2} = 0.325$$

$$t_{50} = 4.20$$

Logaritma Waktu (menit)

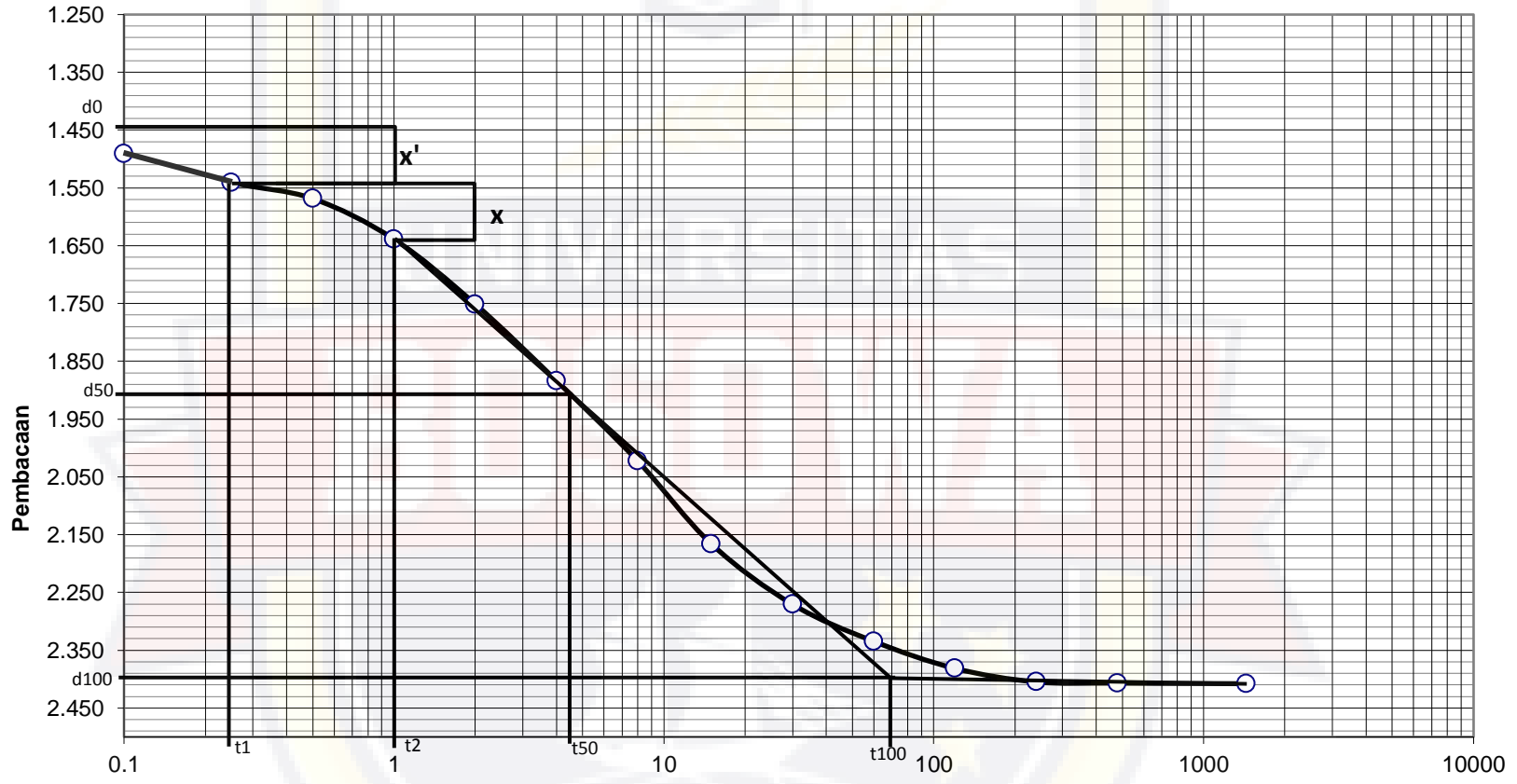
Casagrande Method's
 Tekanan 0,5 kg/cm²
 T.A 70% + F.A 30%



$t_1 = 0.5$
 $t_2 = 2$
 $d_0 = 0.625$
 $d_{100} = 1.400$
 $d_{50} = \frac{0.625 + 1.400}{2} = 1.01$
 $t_{50} = 4$

Logaritma Waktu (menit)

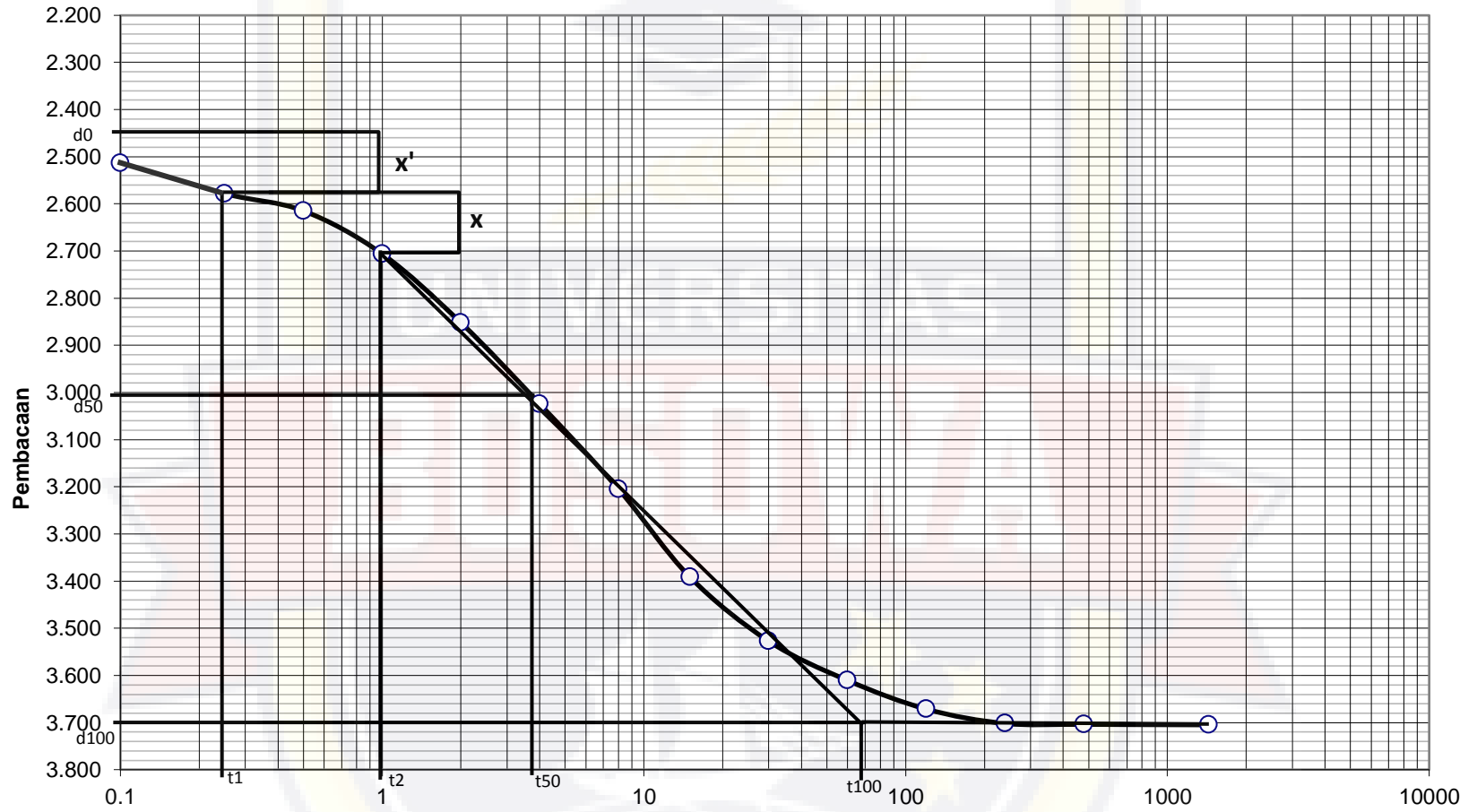
Casagrande Method's
 Tekanan 1 kg/cm²
 T.A 70% + F.A 30%



$t_1 = 0.25$
 $t_2 = 1$
 $d_0 = 1.445$
 $d_{100} = 2.390$
 $d_{50} = \frac{1.445 + 2.390}{2} = 1.91$
 $t_{50} = 4.50$

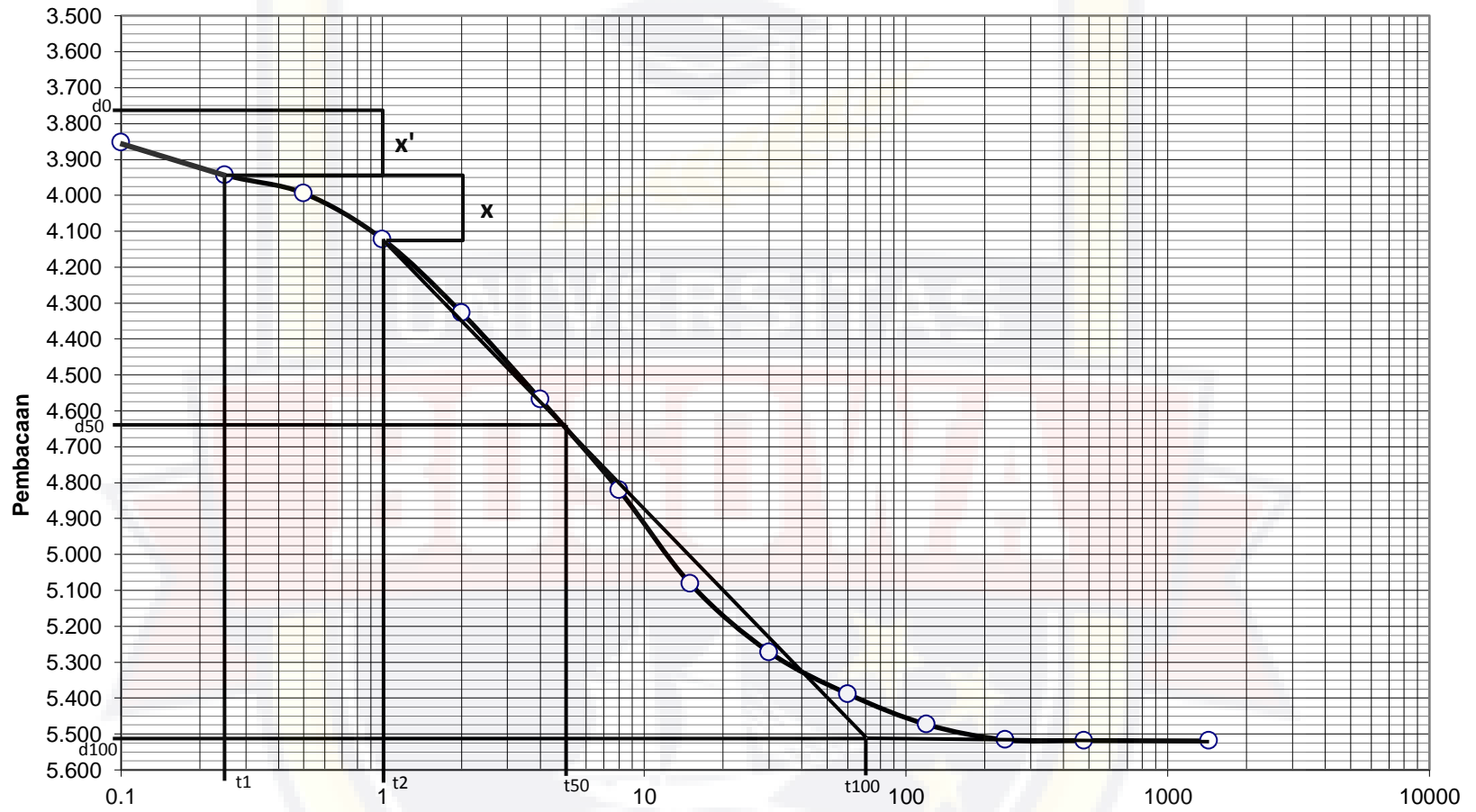
Logaritma Waktu (menit)

Casagrande Method's
 Tekanan 2 kg/cm²
 T.A 70% + F.A 30%



$t_1 = 0.25$ $d_{50} = \frac{2.350 + 3.700}{2} = 3.02$
 $t_2 = 1$ $t_{50} = 3.9$
 $d_0 = 2.350$
 $d_{100} = 3.700$

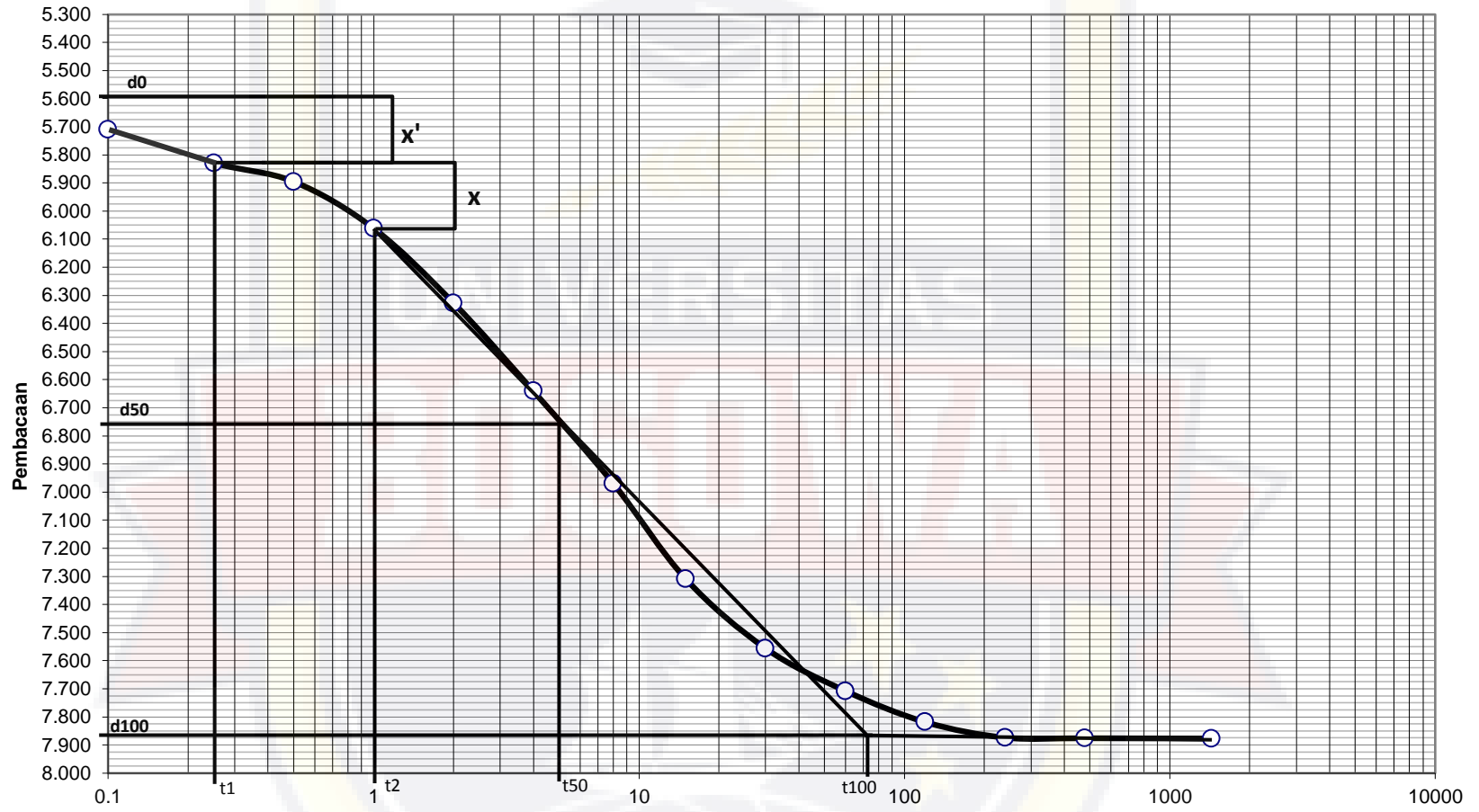
Casagrande Method's
 Tekanan 4 kg/cm²
 T.A 70% + F.A 30%



$t1 = 0.25$ $d50 = \frac{3.770 + 5.510}{2} = 4.64$
 $t2 = 1$ $t50 = 5$
 $d0 = 3.770$
 $d100 = 5.510$

Logaritma Waktu (menit)

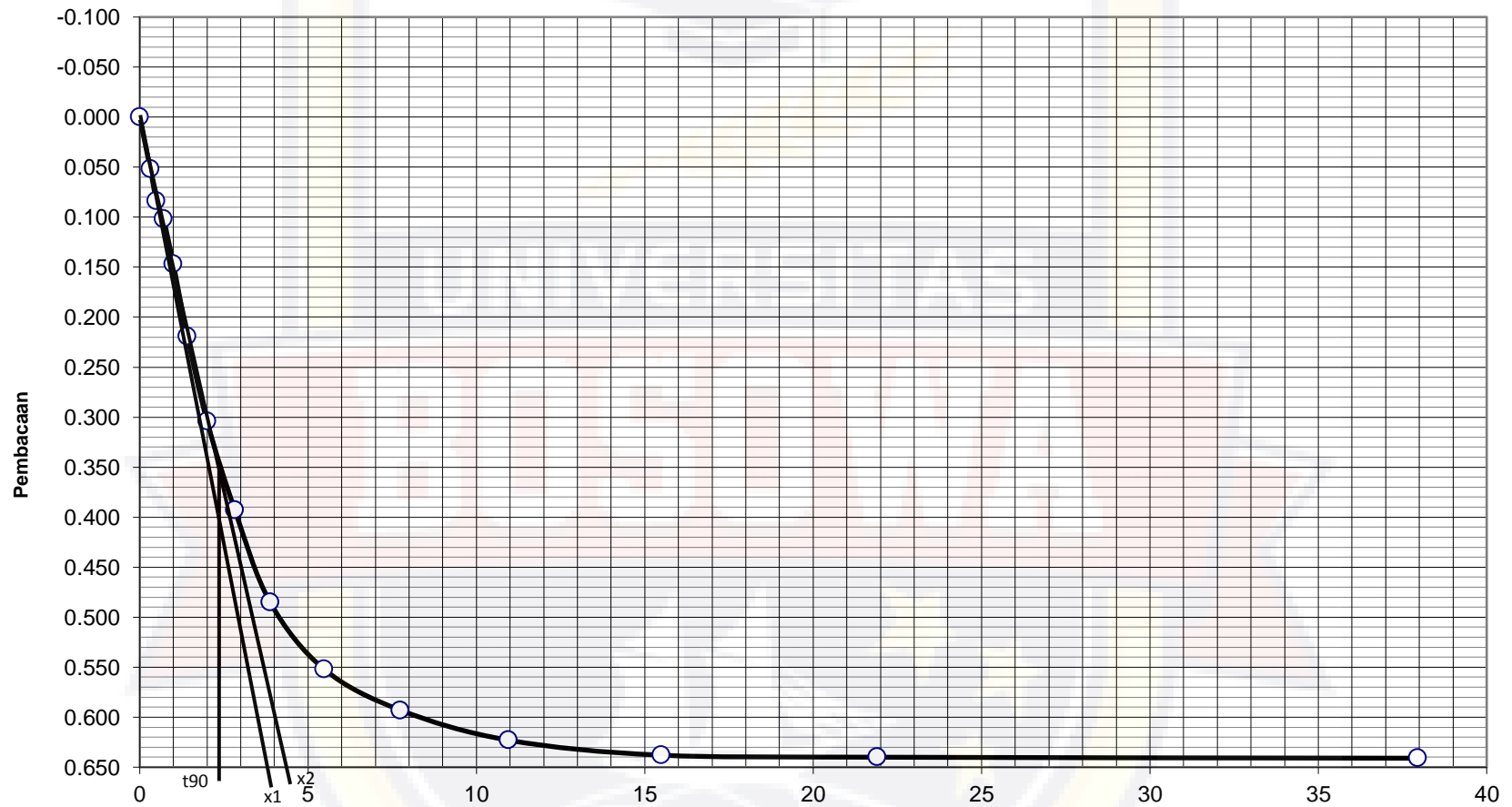
Casagrande Method's
 Tekanan 8 kg/cm²
 T.A 70% + F.A 30%



$t_1 = 0.5$ $d_{50} = \frac{5.600 + 7.865}{2} = 6.73$
 $t_2 = 2$ $t_{50} = 5$
 $d_0 = 5.600$
 $d_{100} = 7.865$

Logaritma Waktu (menit)

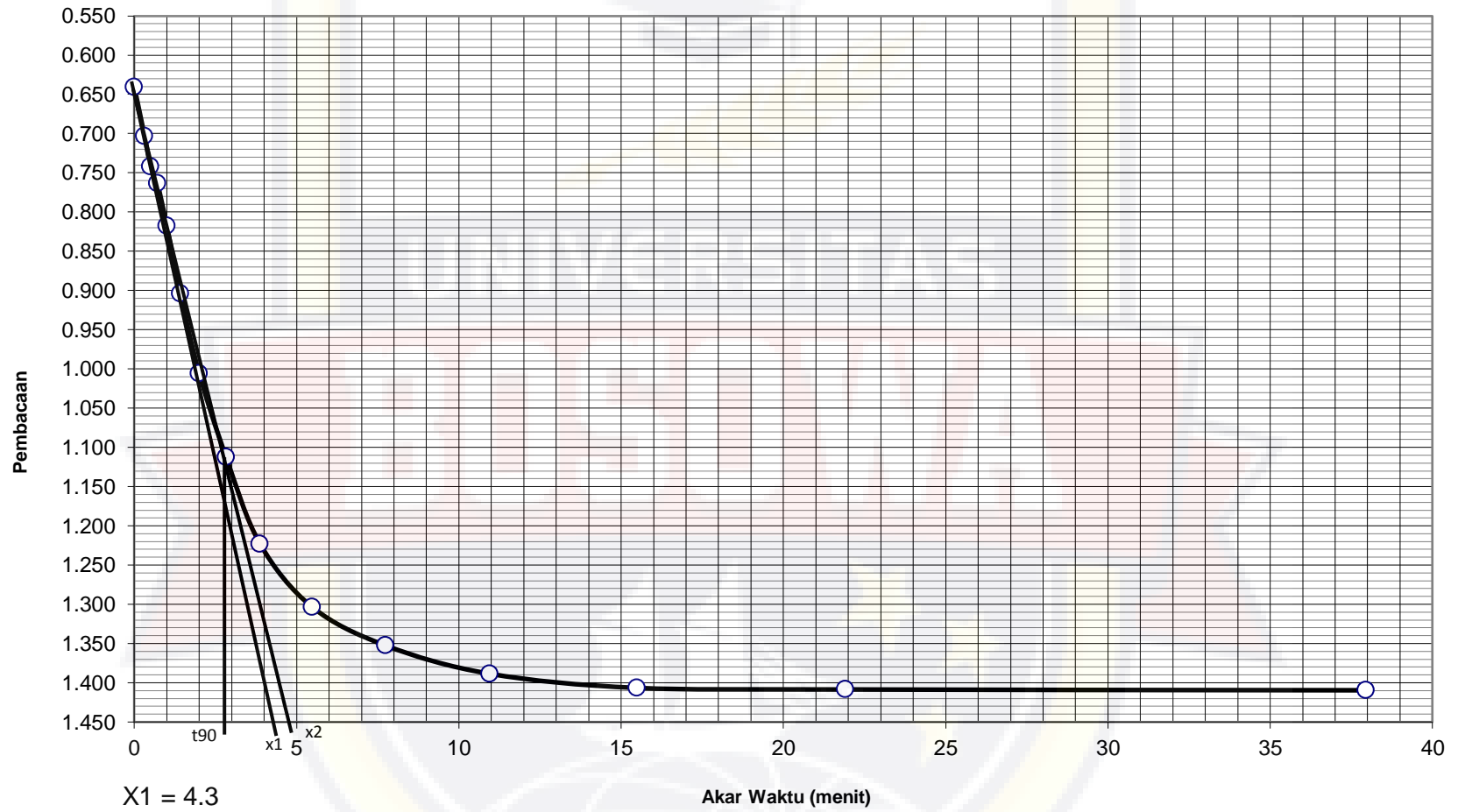
Taylor's Method
 Tekanan 0,25 kg/cm²
 T.A 70% + F.A 30%



$X1 = 3.9$
 $X2 = 1.15 \times X1 = 4.48$
 $\sqrt{t_{90}} = 2.3$
 $t_{90} = 2.3^2 = 5.29$

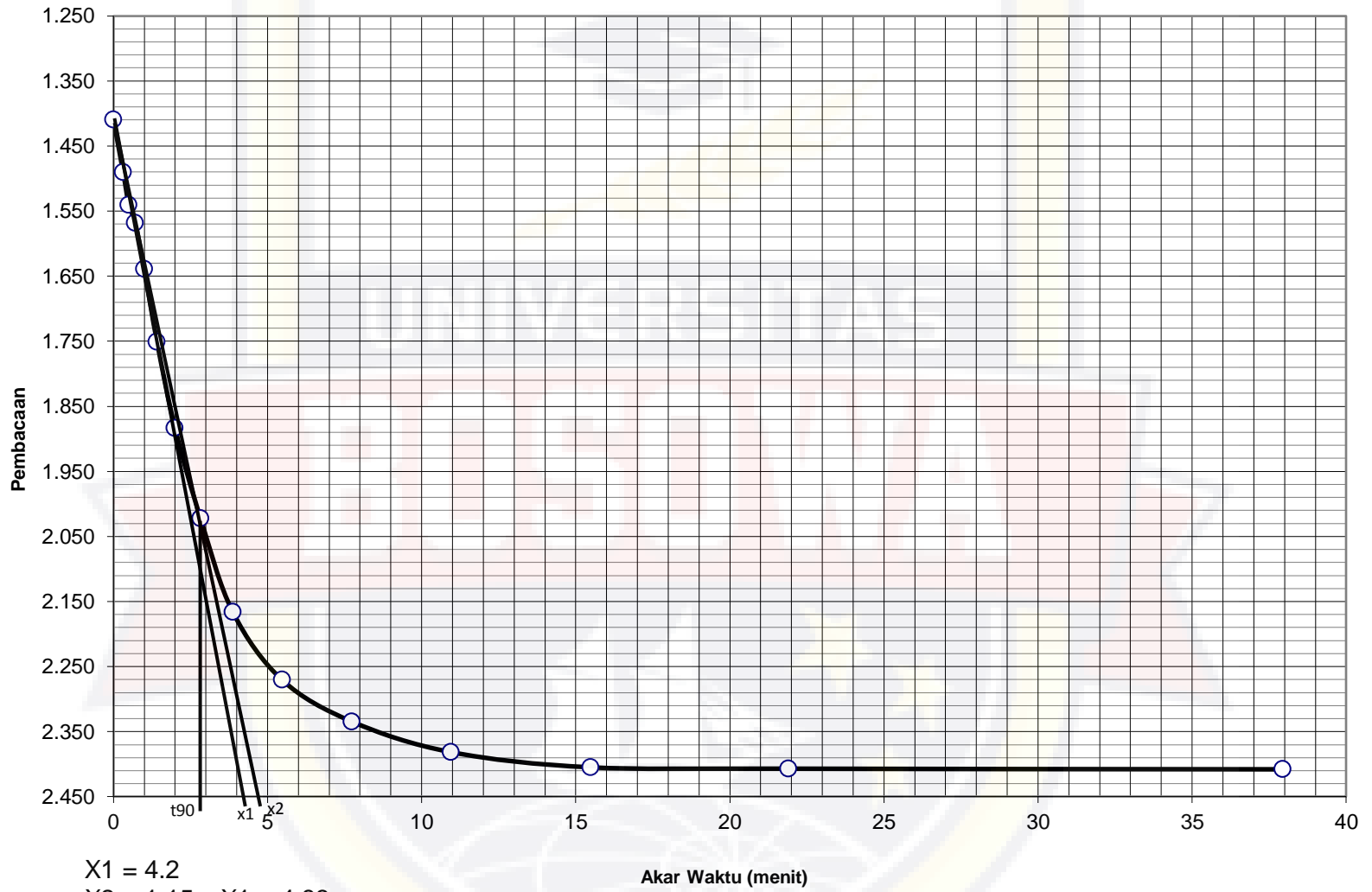
Akar Waktu (menit)

Taylor's Method
 Tekanan 0,5 kg/cm²
 T.A 70% + F.A 30%



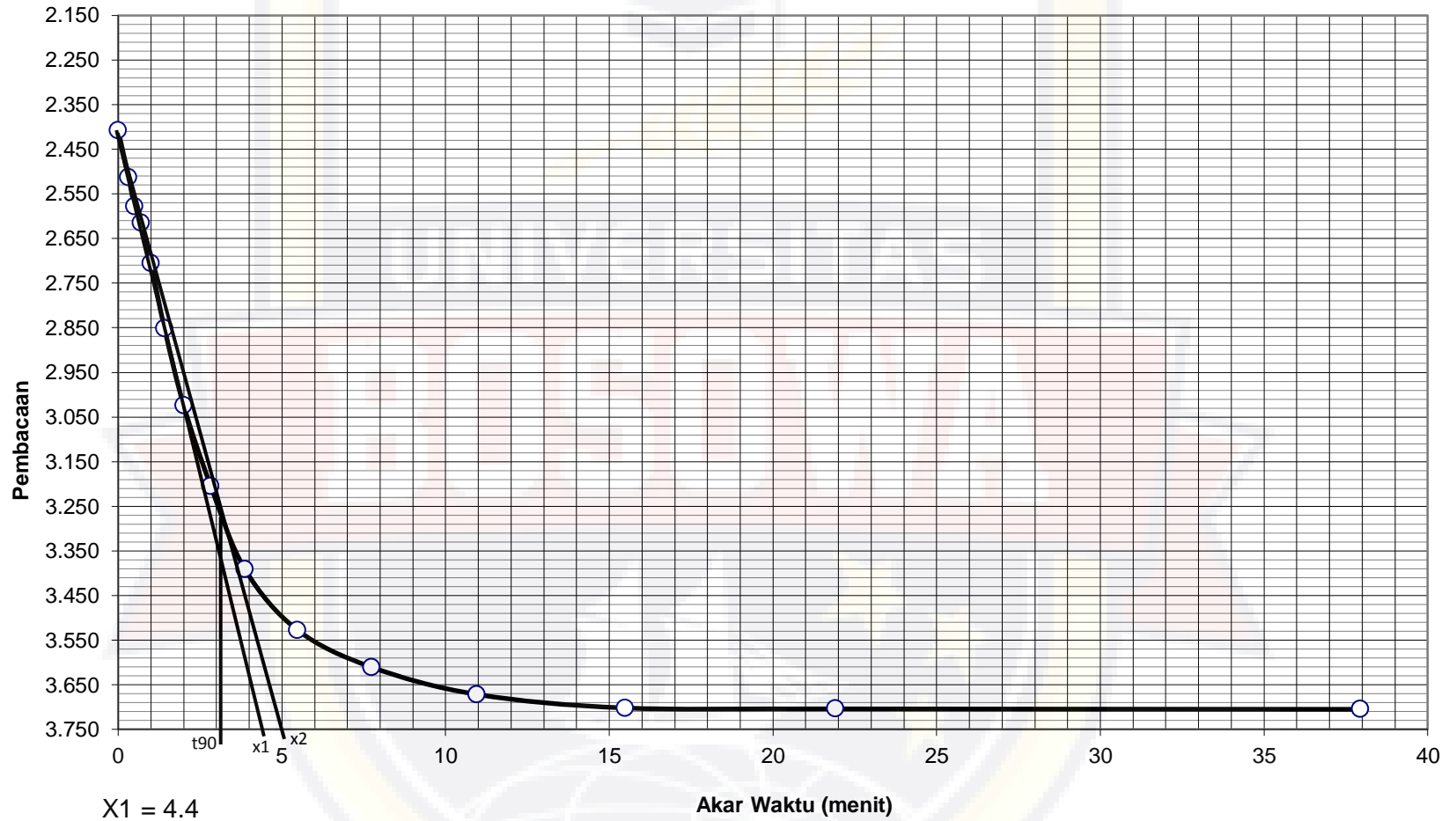
$X1 = 4.3$
 $X2 = 1.15 \times X1 = 4.9$
 $\sqrt{t_{90}} = 2.9$
 $t_{90} = 2.9^2 = 8.41$

Taylor's Method
 Tekanan 1 kg/cm²
 T.A 70% + F.A 30%



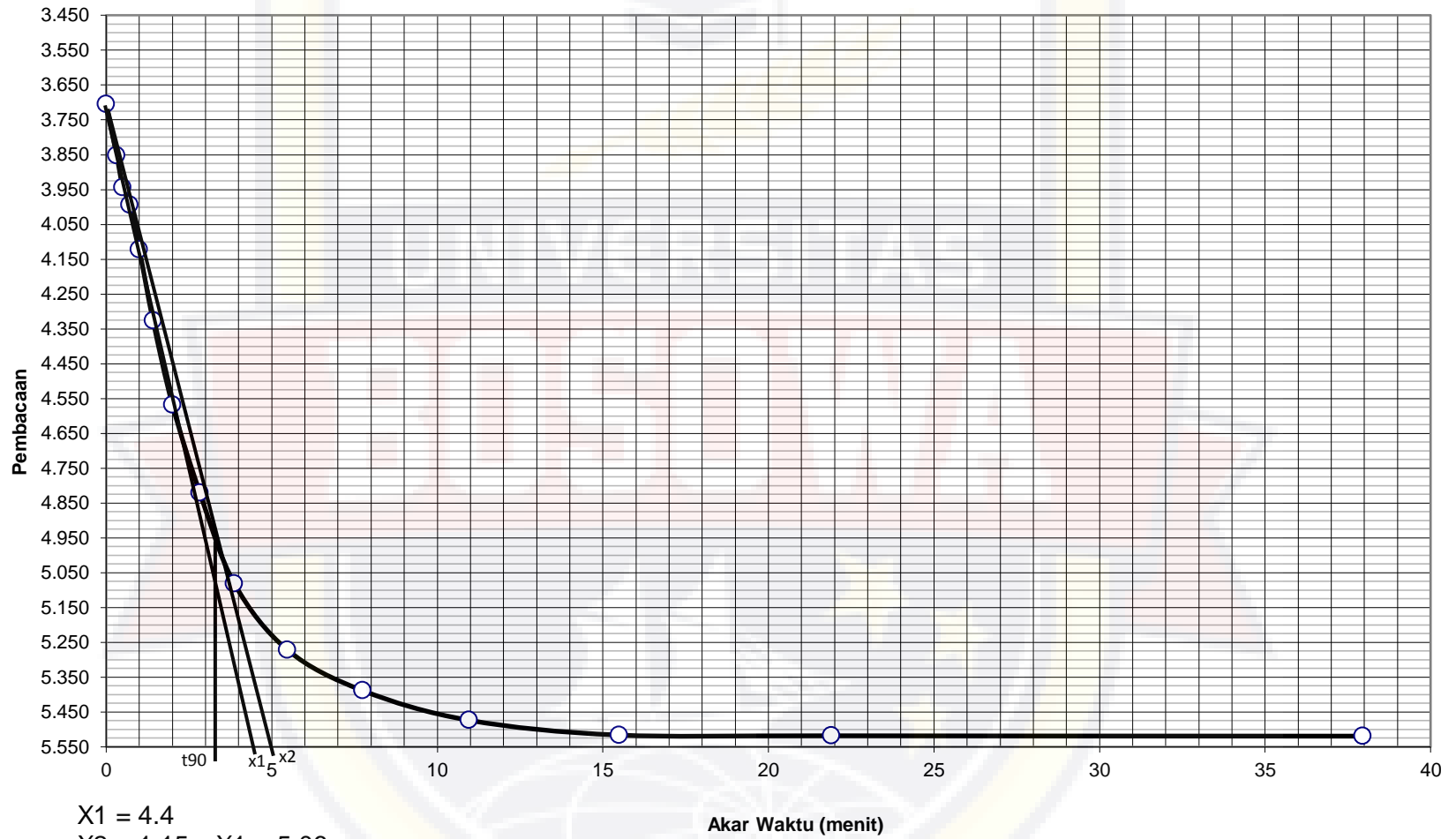
$X1 = 4.2$
 $X2 = 1.15 \times X1 = 4.83$
 $\sqrt{t90} = 2.9$
 $t90 = 2.9^2 = 8.41$

Taylor's Method
 Tekanan 2 kg/cm²
 T.A 70% + F.A 30%



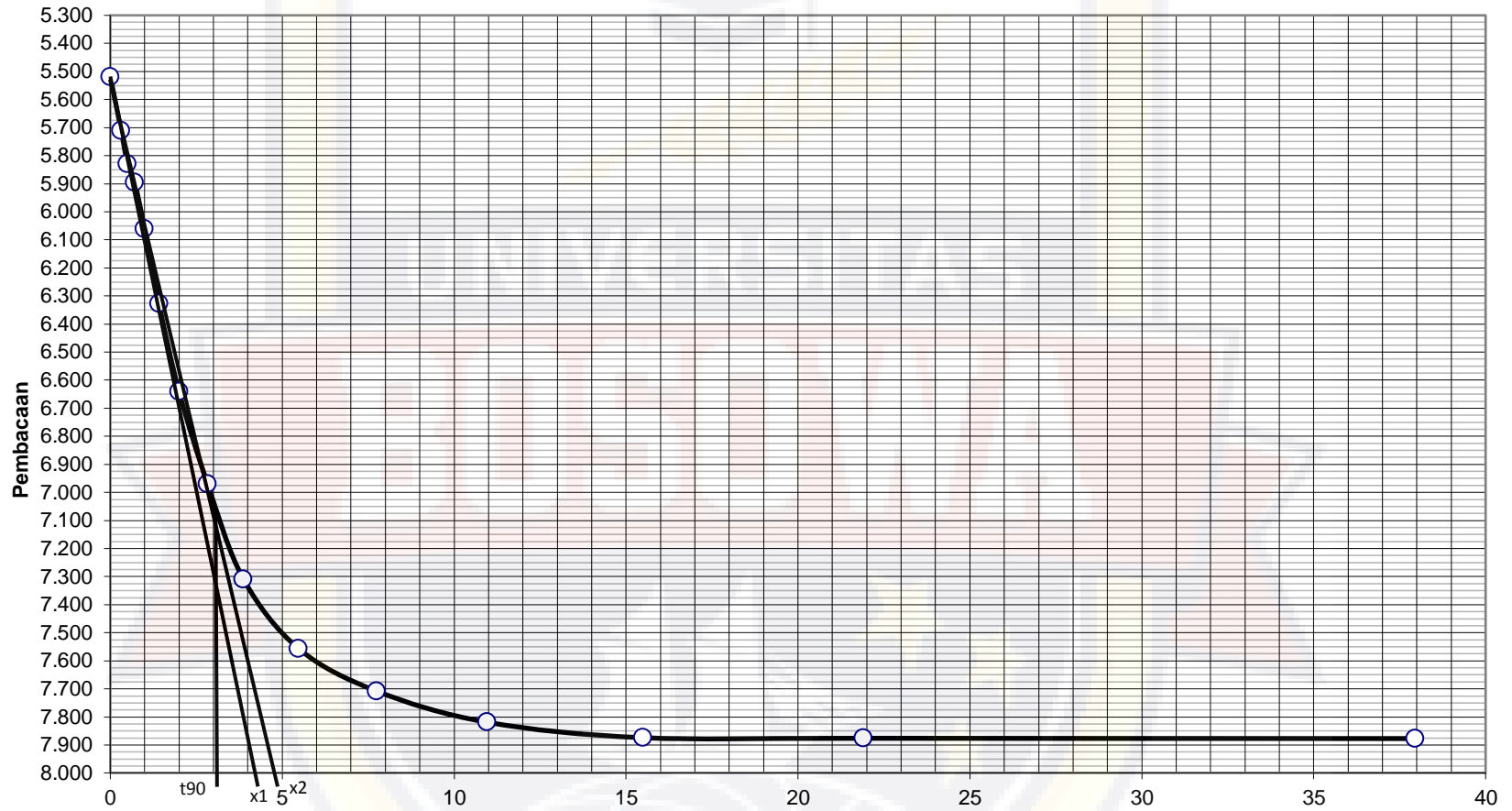
$X1 = 4.4$
 $X2 = 1.15 \times X1 = 5.06$
 $\sqrt{t_{90}} = 3.1$
 $t_{90} = 3.1^2 = 9.61$

Taylor's Method
 Tekanan 4 kg/cm²
 T.A 70% + F.A 30%



$X1 = 4.4$
 $X2 = 1.15 \times X1 = 5.06$
 $\sqrt{t_{90}} = 3.3$
 $t_{90} = 3.3^2 = 10.89$

Taylor's Method
 Tekanan 8 kg/cm²
 T.A 70% + F.A 30%



$X1 = 4.2$
 $X2 = 1.15 \times X1 = 4.8$
 $\sqrt{t90} = 3.1$
 $t90 = 3.1^2 = 9.61$

Akar Waktu (menit)



Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir
Nama : Muhammad Aidul
Stambuk : 45 12 041 009
Judul : Analisa Nilai Konsolidasi Pada Tanah Lempung Lunak Yang Di Campur Dengan FLY ASH

**PENGUJIAN KONSOLIDASI
(SNI 2812:2011)
T.A 100% + F.A 0% (Sample 1)**

Berat Ring, W_1	:	63.1	gram
Berat Tanah Basah + Ring, W_2	:	167.2	gram
Berat Tanah Kering + Ring, W_3	:	142.1	gram
Volume Ring, V	:	66.33	cm ³
Kadar Air, $\omega=(W_2-W_3)/(W_3-W_1) \cdot 100\%$:	31.77	%
Berat Volume Tanah Basah, $\gamma_{wet}=(W_2-W_1)/V$:	1.57	gram/cm ³
Berat Volume Tanah Kering, $\gamma_{dry}=\gamma_{wet}/(1+\omega)$:	1.191	gram/cm ³

Beban (kg)	0.825	1.65	3.3	6.6	13.2	26.4	6.6	0.825
Tekanan (kg/cm ²)	0.25	0.5	1	2	4	8	2	0.25
0 detik	0.000	0.323	0.710	1.250	2.060	2.869	4.226	3.839
6 detik	0.020	0.349	0.752	1.319	2.128	2.992	4.176	3.716
15 detik	0.030	0.361	0.769	1.344	2.154	3.035	4.164	3.681
30 detik	0.046	0.381	0.795	1.385	2.194	3.102	4.144	3.626
1 menit	0.071	0.411	0.837	1.448	2.257	3.208	4.114	3.540
2 menit	0.121	0.471	0.921	1.574	2.383	3.420	4.054	3.367
4 menit	0.189	0.552	1.036	1.745	2.554	3.708	3.971	3.132
8 menit	0.229	0.600	1.103	1.846	2.655	3.877	3.923	2.994
15 menit	0.261	0.639	1.157	1.926	2.736	4.013	3.884	2.883
30 menit	0.281	0.663	1.190	1.977	2.786	4.097	3.860	2.814
1 jam	0.291	0.675	1.207	2.002	2.811	4.140	3.848	2.779
2 jam	0.300	0.685	1.222	2.025	2.834	4.178	3.837	2.748
4 jam	0.308	0.695	1.236	2.045	2.854	4.212	3.827	2.721
8 jam	0.310	0.697	1.238	2.047	2.856	4.214	3.827	2.719
24 jam	0.311	0.698	1.238	2.048	2.857	4.214	3.827	2.718

Diperiksa Oleh :

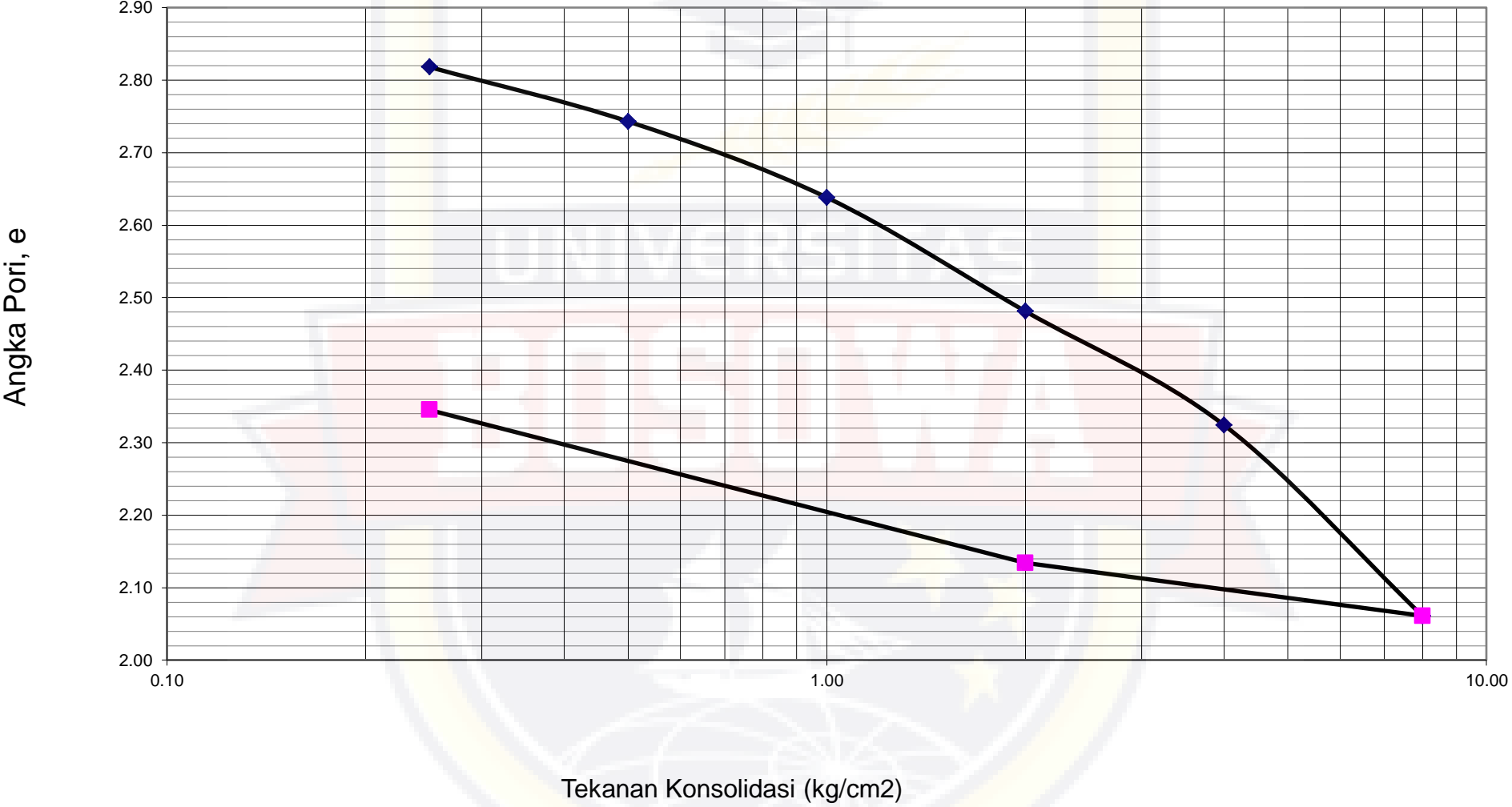
Makassar, 22 Februari 2019
Dibuat oleh :

Hasrullah,ST
Asisten Lab

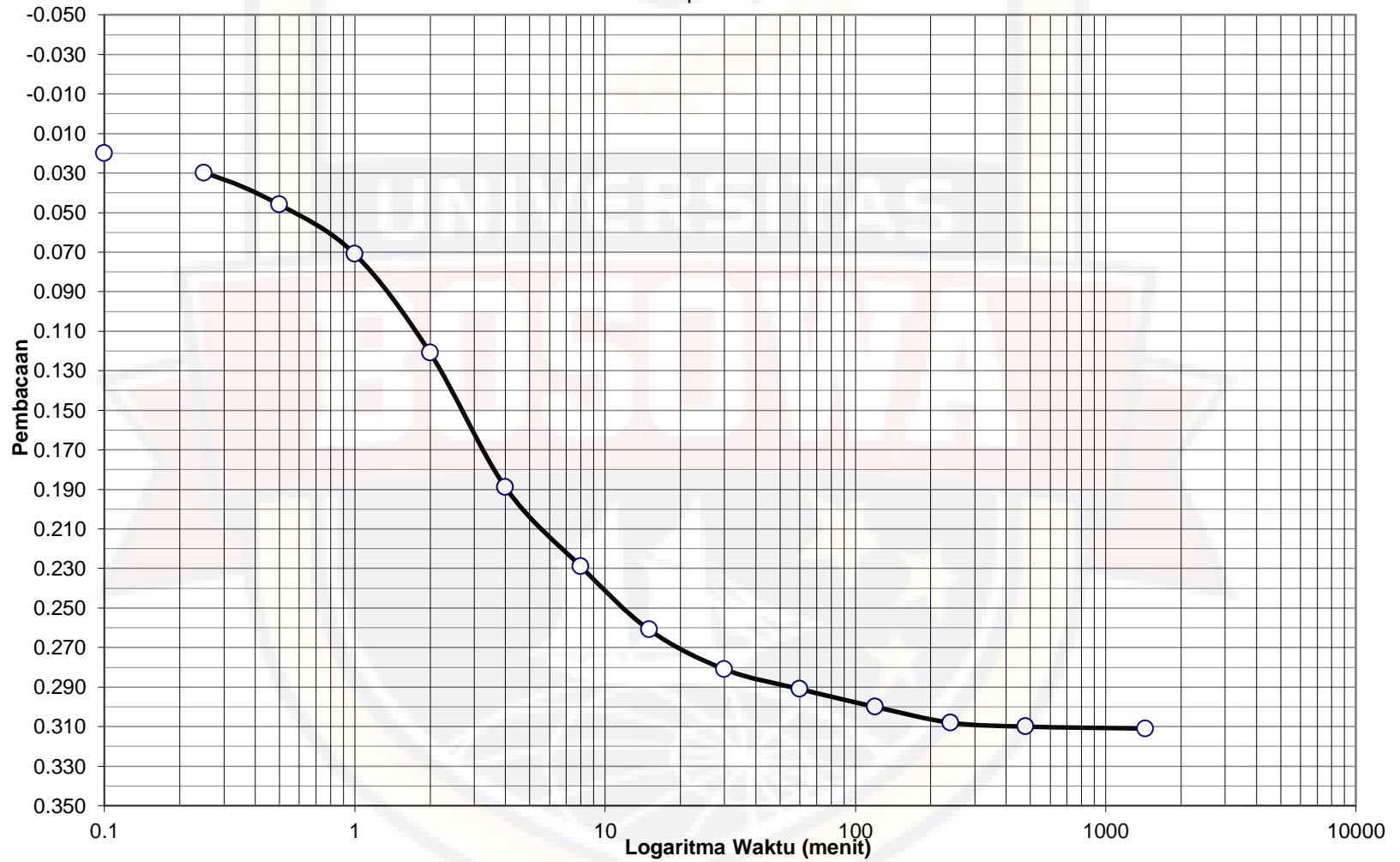
Muhammad Aidul
Mahasiswa

Grafik Hubungan antara Angka pori dengan Tekanan Konsolidasi

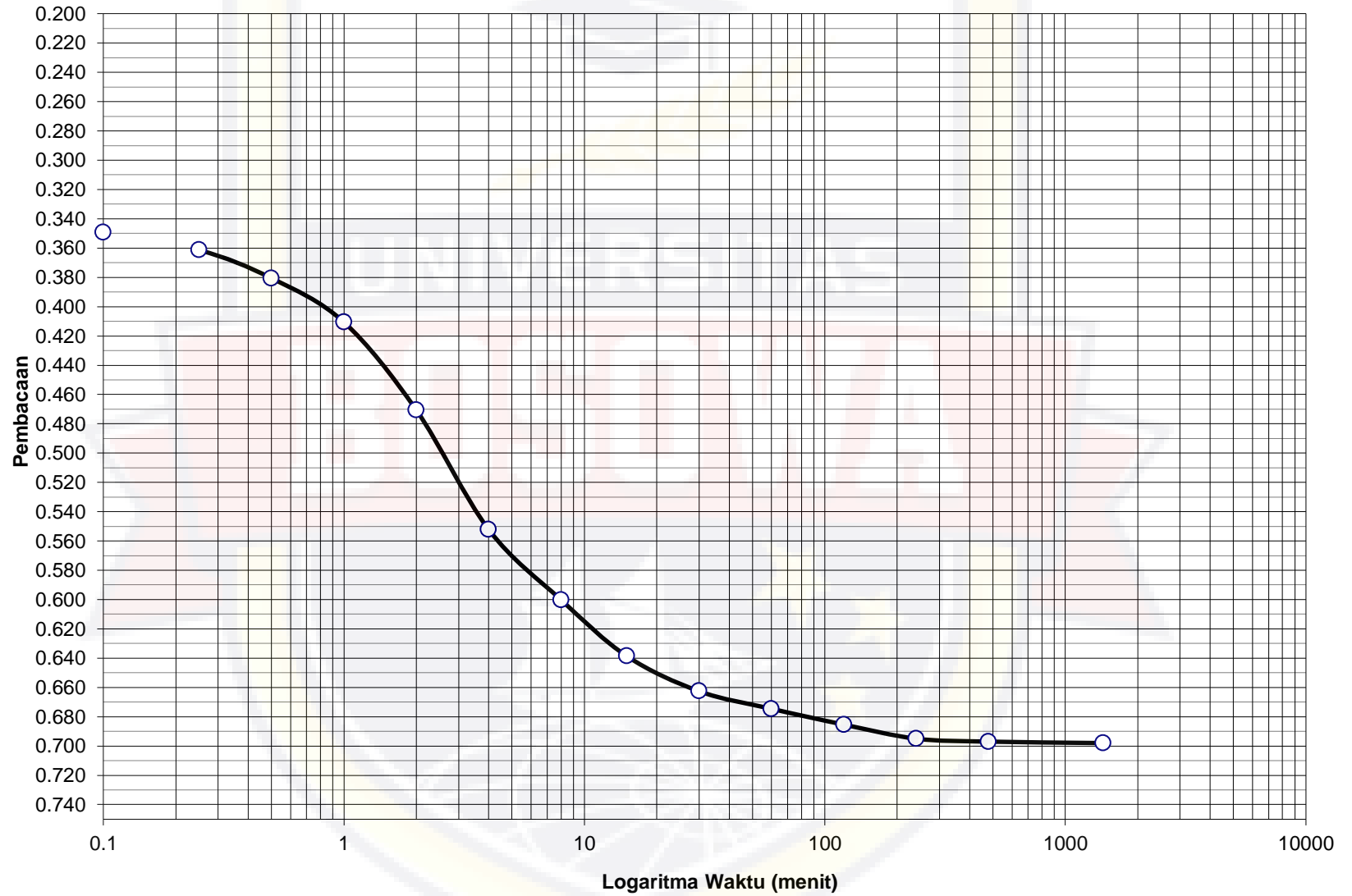
T.A 100% + F.A 0% Sampel 1



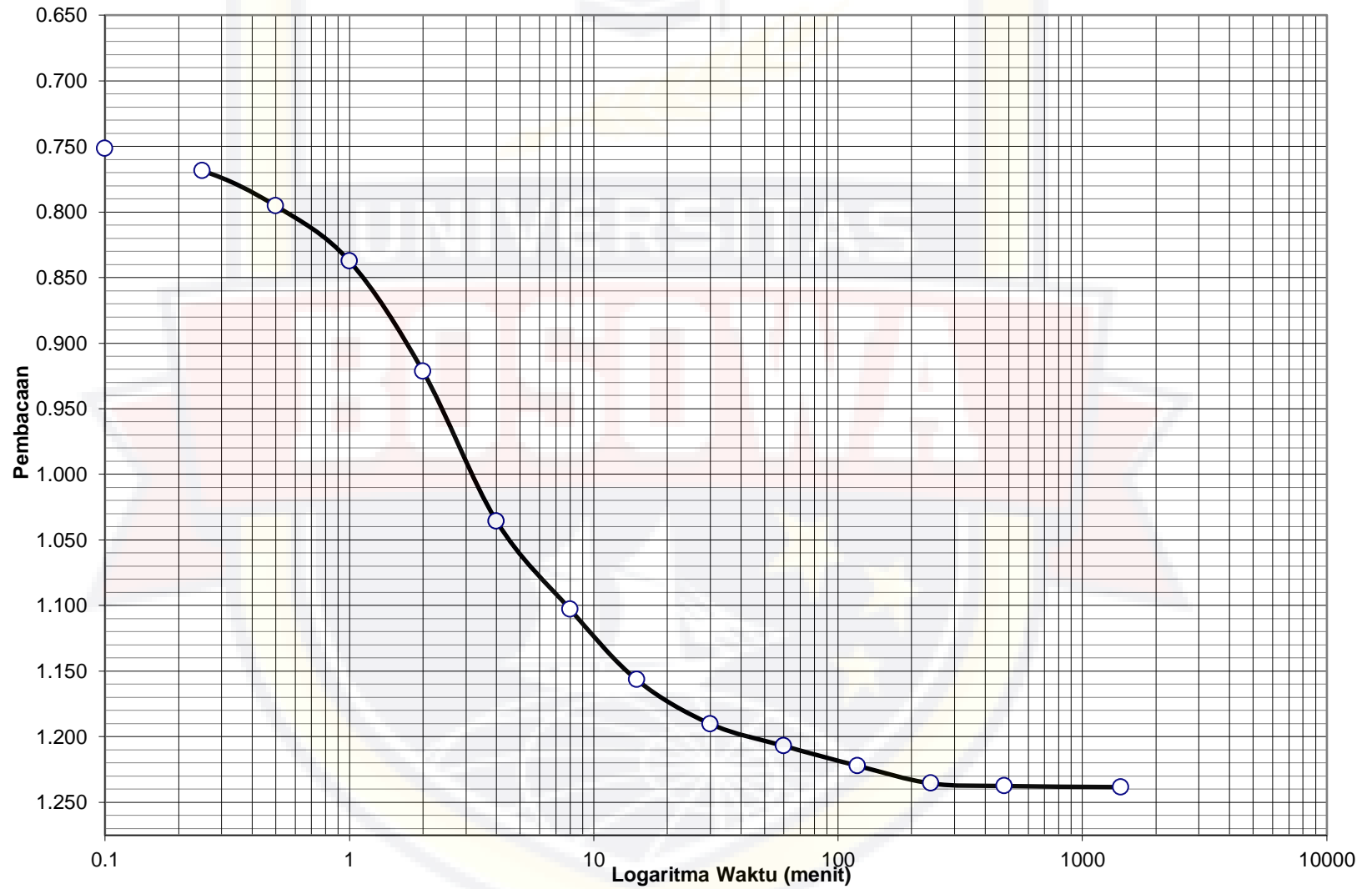
Casagrande Method's
Tekanan 0,25 kg/cm²
T.A 100% + F.A 0%
Sampel 1



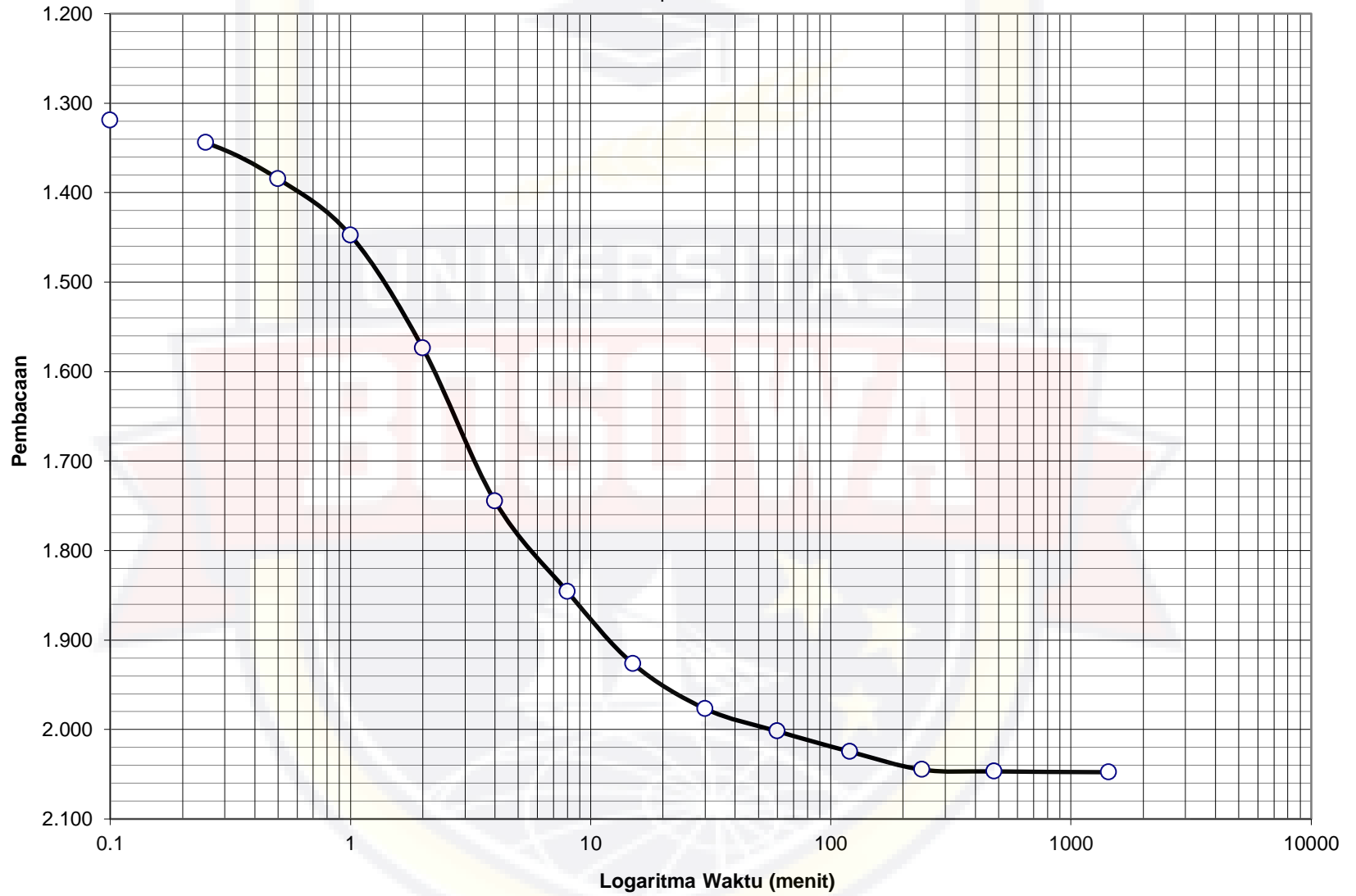
Casagrande Method's
Tekanan 0,5 kg/cm²
T.A 100% + F.A 0%
Sampel 1



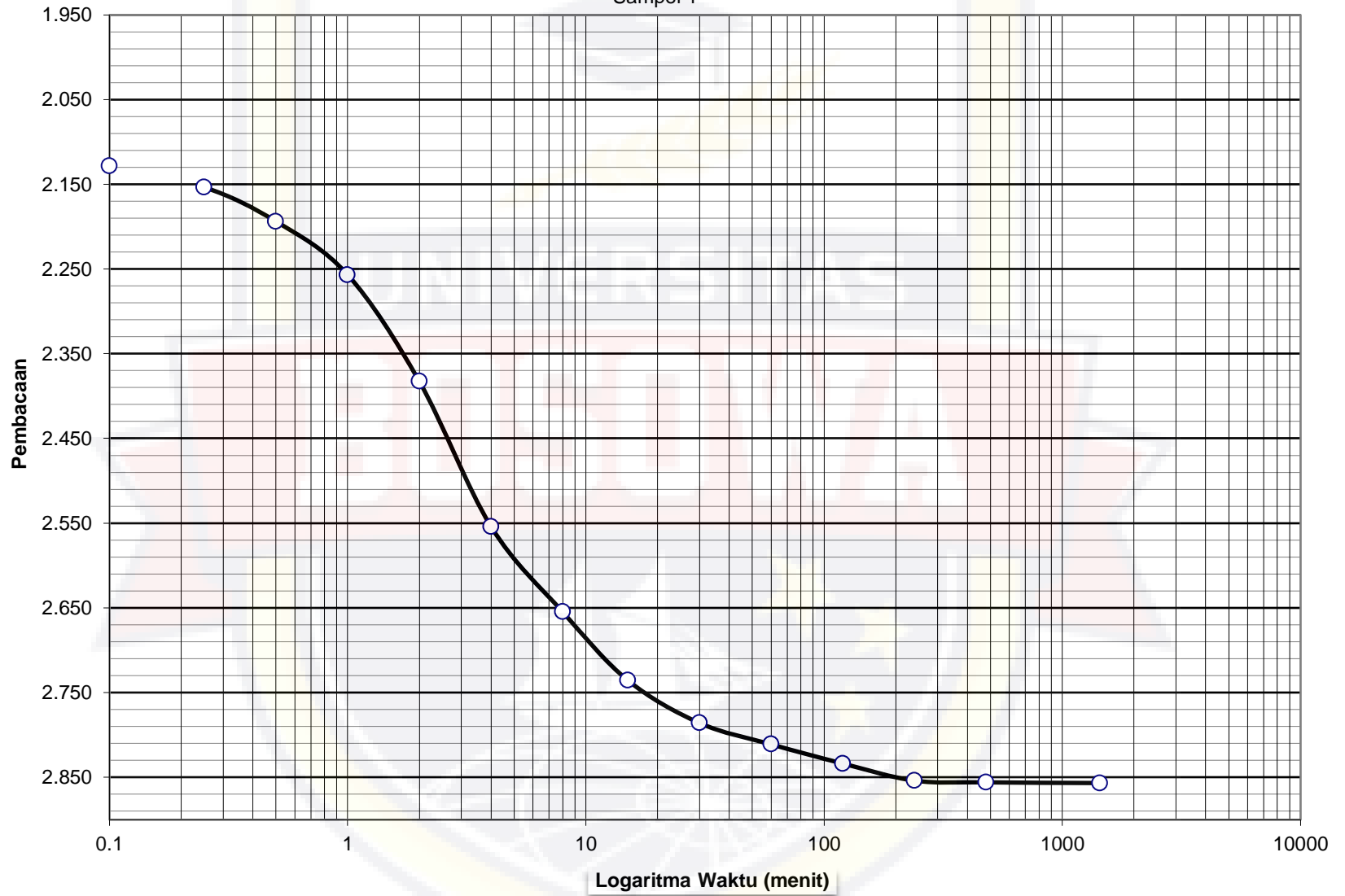
Casagrande Method's
Tekanan 1 kg/cm²
T.A 100% + F.A 0%
Sampel 1



Casagrande Method's
Tekanan 2 kg/cm²
T.A 100% + F.A 0%
Sampel 1



Casagrande Method's
Tekanan 4 kg/cm²
T.A 100% + F.A 0%
Sampel 1

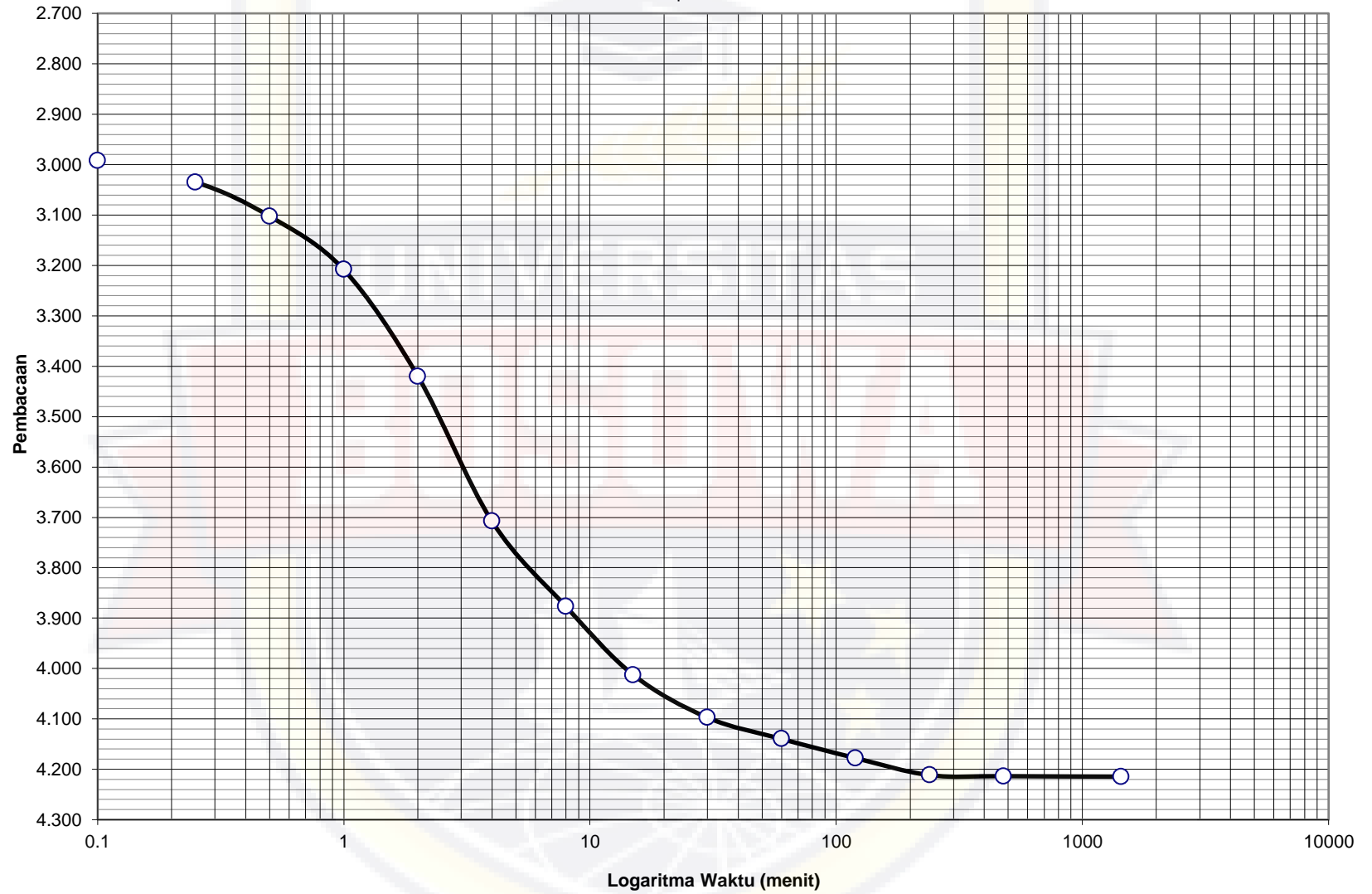


Casagrande Method's

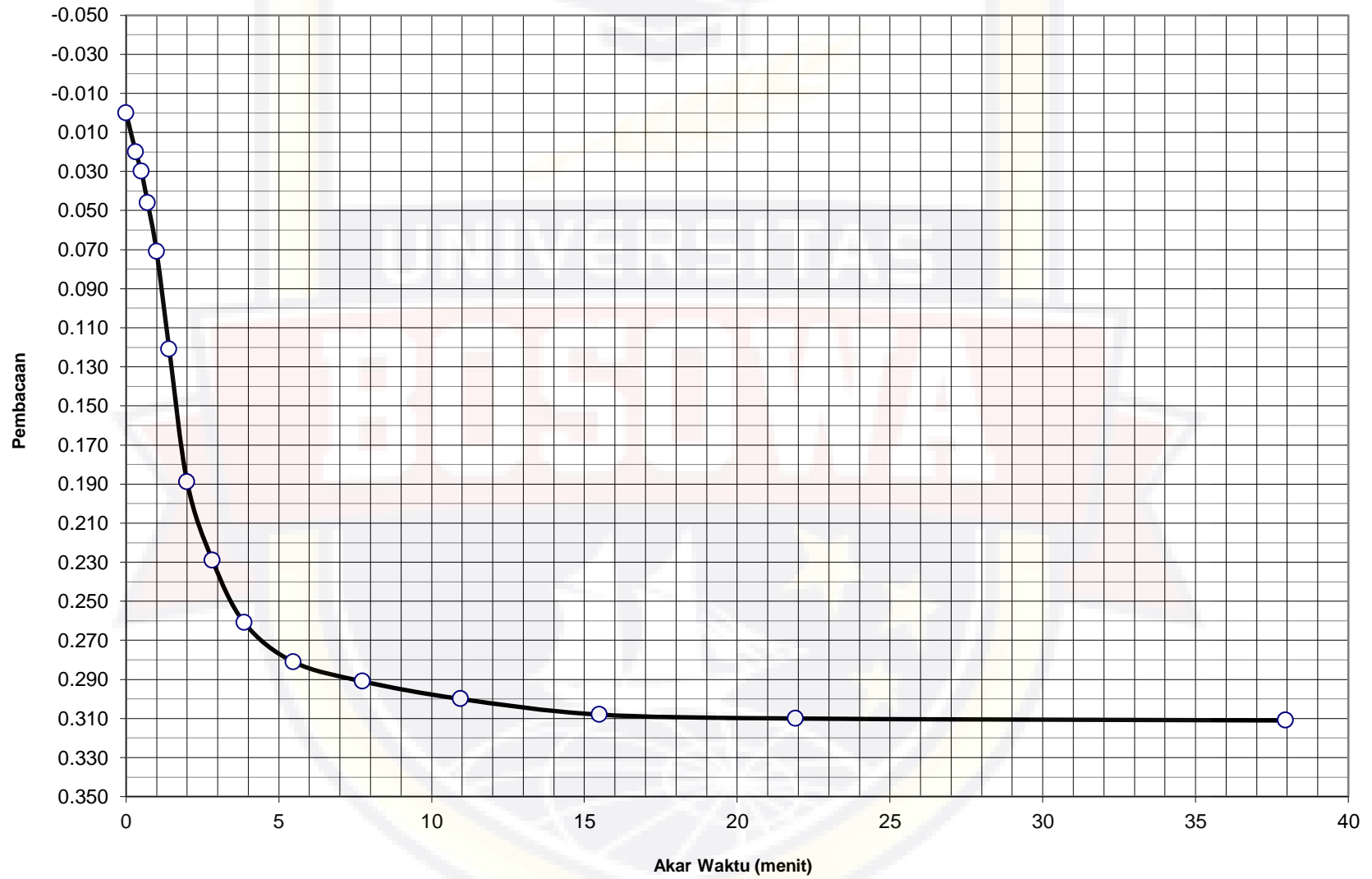
Tekanan 8 kg/cm²

T.A 100% + F.A 0%

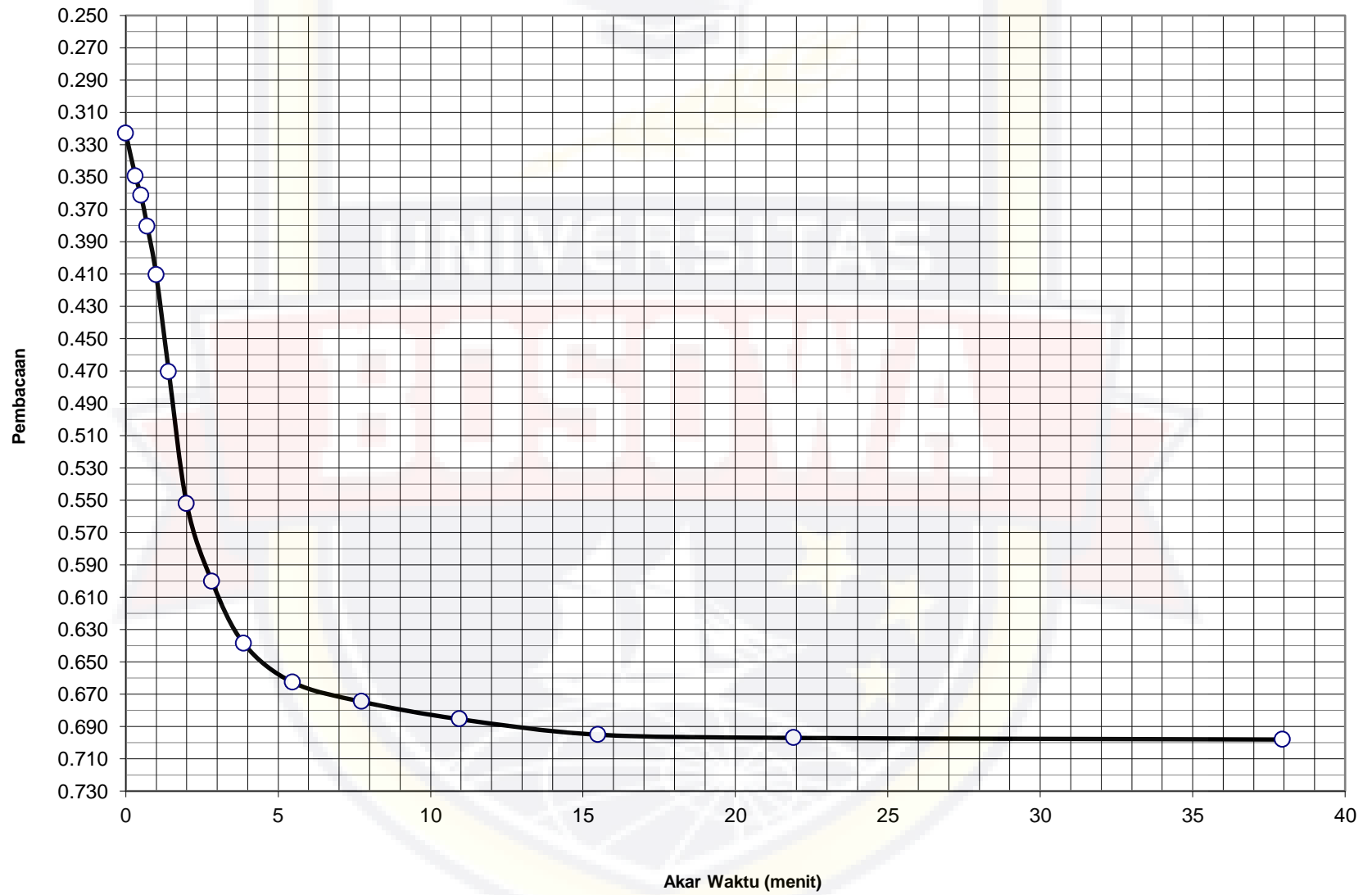
Sampel 1



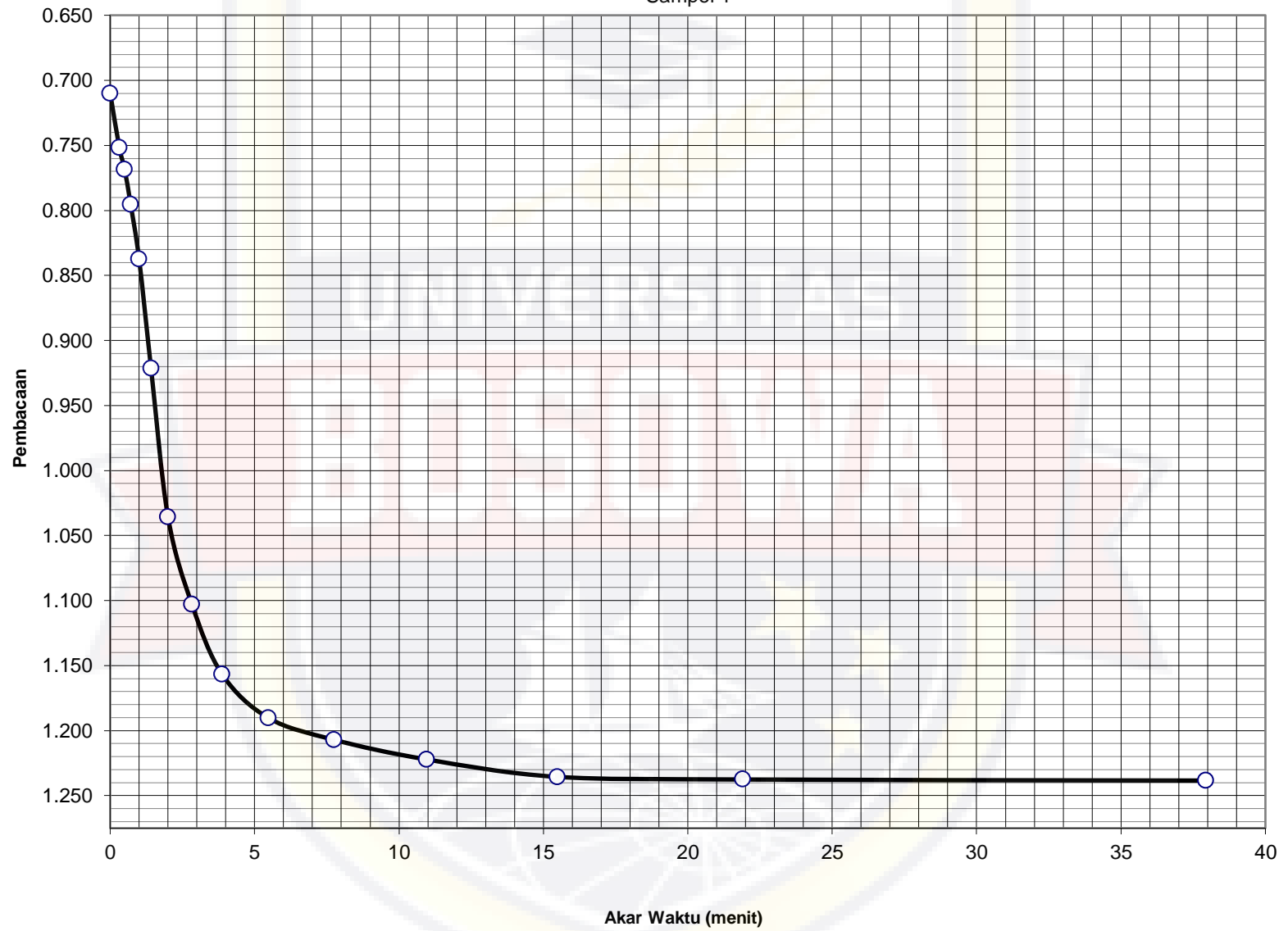
Taylor's Method
Tekanan 0,25 kg/cm²
T.A 100% + F.A 0%
Sampel 1



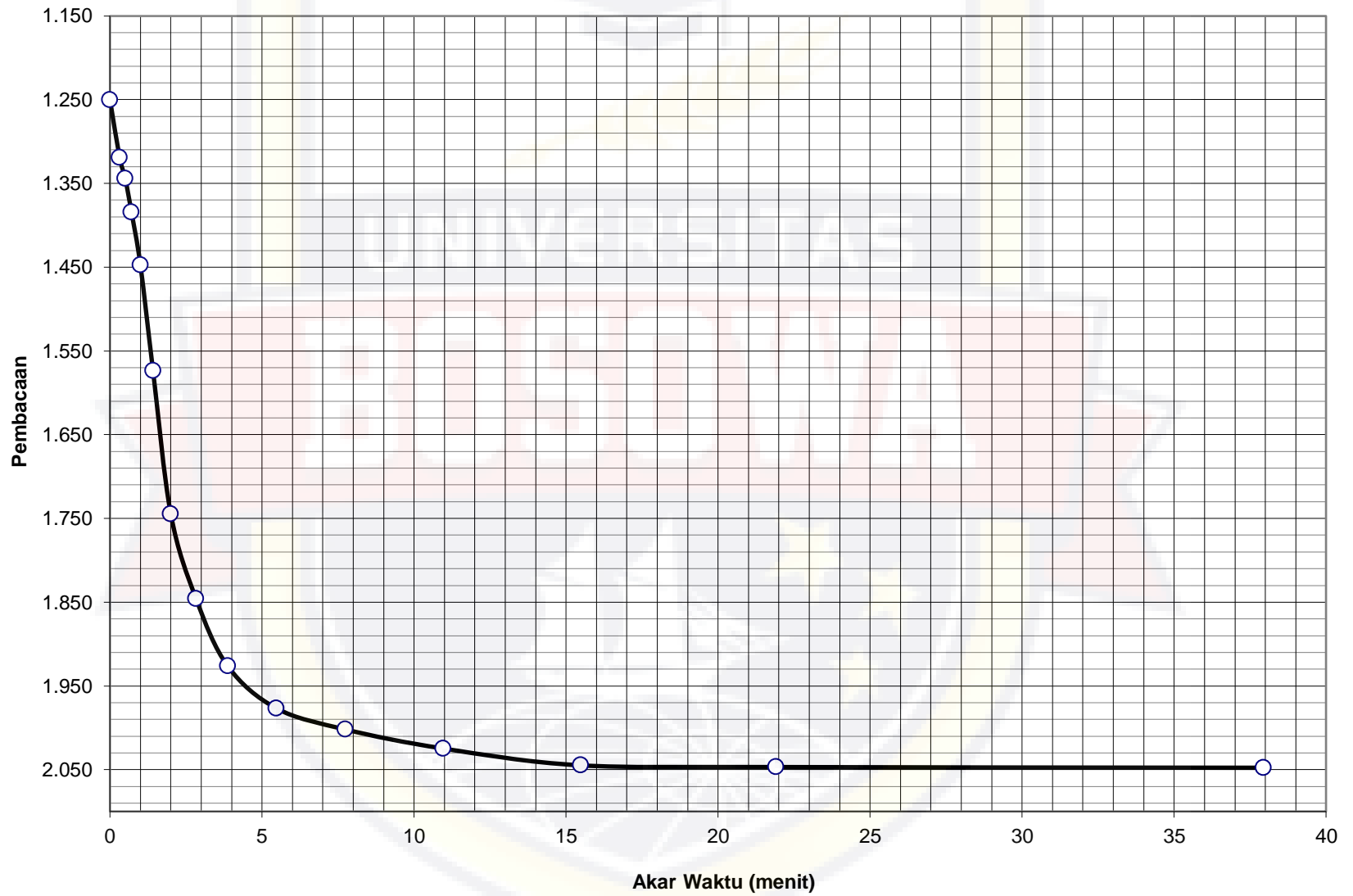
Taylor's Method
Tekanan 0,5 kg/cm²
T.A 100% + F.A 0%
Sampel 1



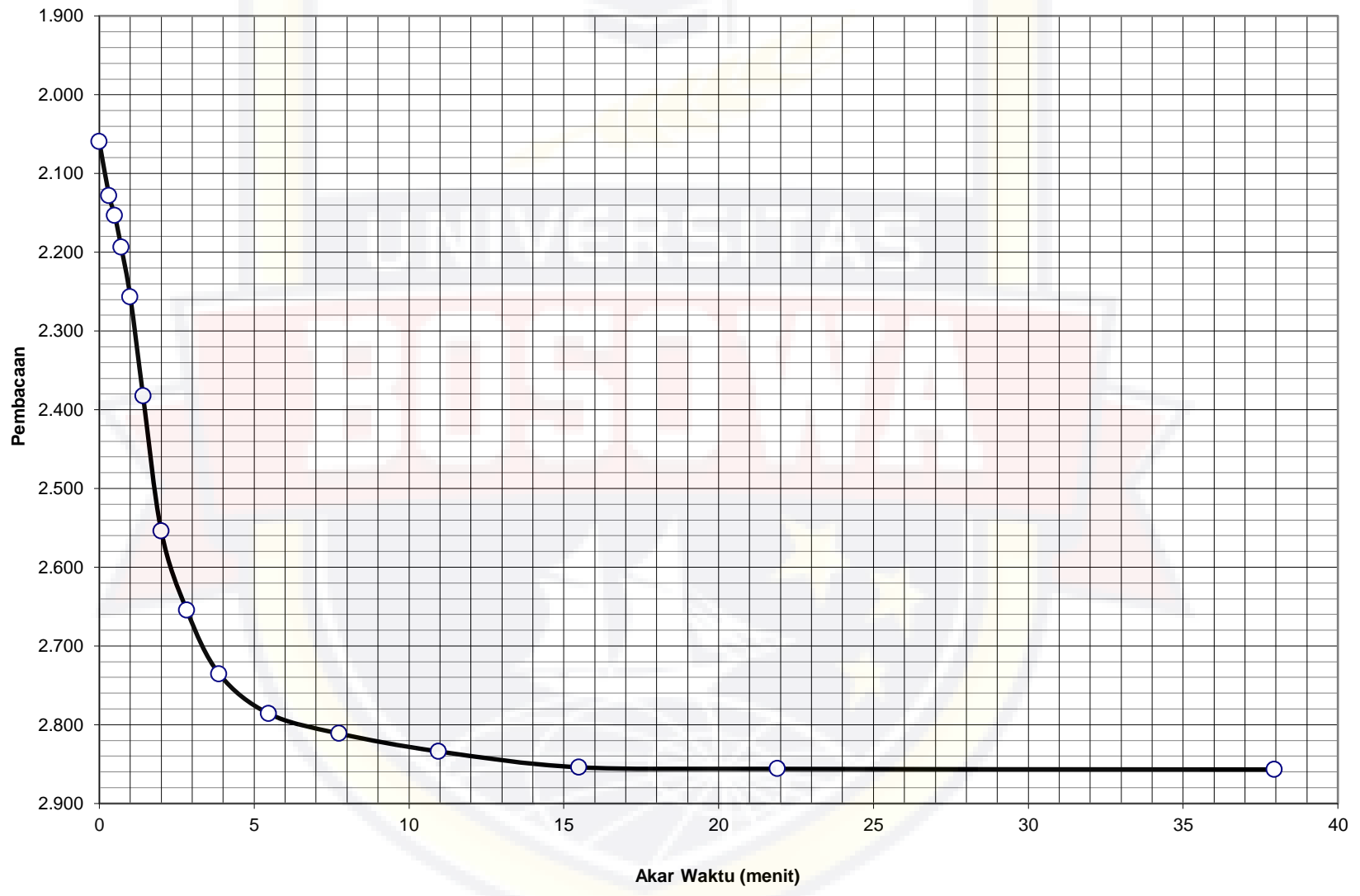
Taylor's Method
Tekanan 1 kg/cm²
T.A 100% + F.A 0%
Sampel 1



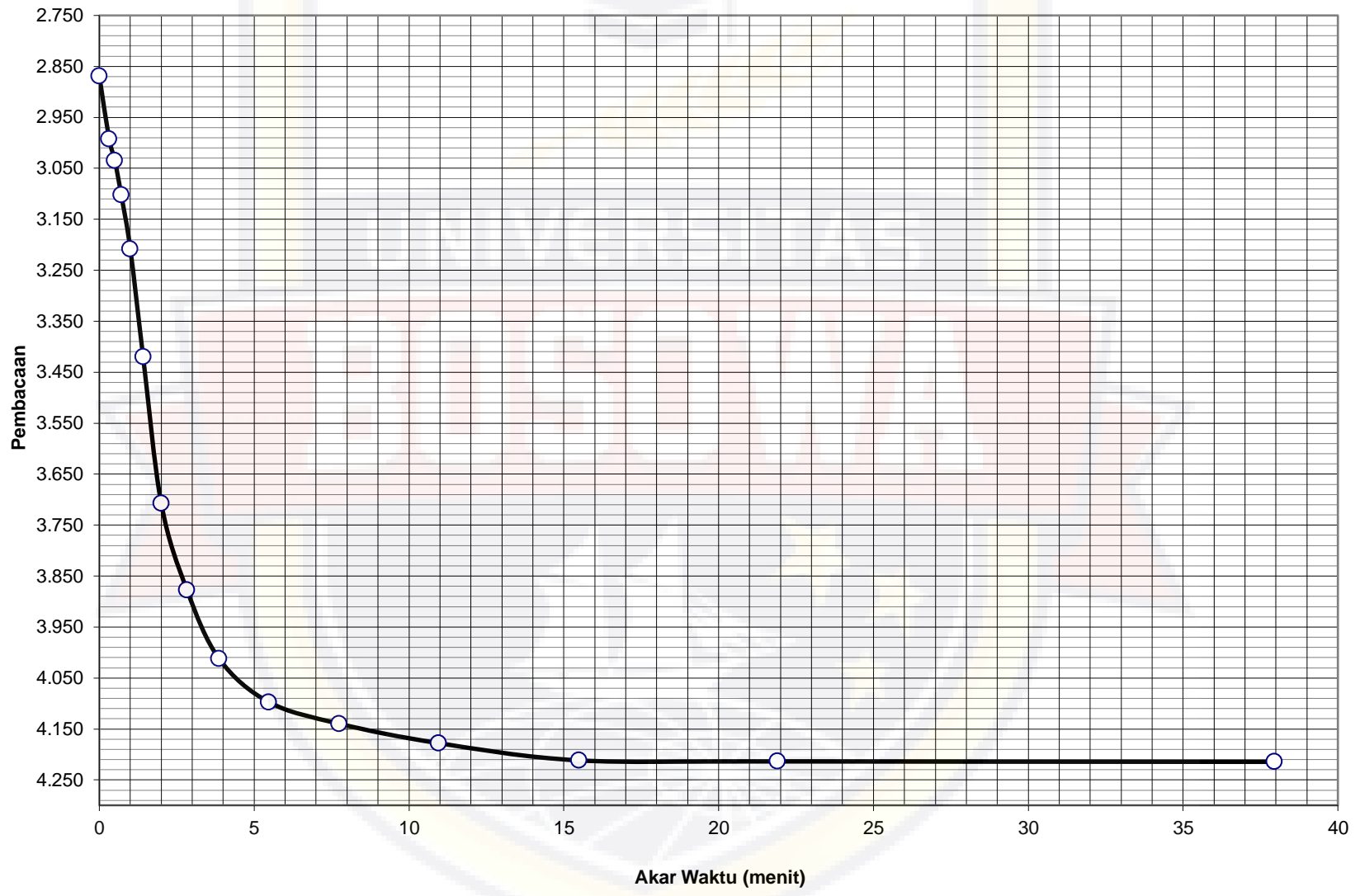
Taylor's Method
Tekanan 2 kg/cm²
T.A 100% + F.A 0%
Sampel 1



Taylor's Method
Tekanan 4 kg/cm²
T.A 100% + F.A 0%
Sampel 1



Taylor's Method
Tekanan 8 kg/cm²
T.A 100% + F.A 0%
Sampel 1





Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir
Nama : Muhammad Aidul
Stambuk : 45 12 041 009
Judul : Analisa Nilai Konsolidasi Pada Tanah Lempung Lunak Yang Di Campur Dengan FLY ASH

**PENGUJIAN KONSOLIDASI
(SNI 2812:2011)
T.A 100% + F.A 0% (Sample 2)**

Berat Ring, W_1	:	63.1	gram
Berat Tanah Basah + Ring, W_2	:	167.2	gram
Berat Tanah Kering + Ring, W_3	:	142.1	gram
Volume Ring, V	:	66.33	cm ³
Kadar Air, $\omega = (W_2 - W_3) / (W_3 - W_1) \cdot 100\%$:	31.77	%
Berat Volume Tanah Basah, $\gamma_{wet} = (W_2 - W_1) / V$:	1.57	gram/cm ³
Berat Volume Tanah Kering, $\gamma_{dry} = \gamma_{wet} / (1 + \omega)$:	1.191	gram/cm ³

Beban (kg)	0.825	1.65	3.3	6.6	13.2	26.4	6.6	0.825
Tekanan (kg/cm ²)	0.25	0.5	1	2	4	8	2	0.25
0 detik	0.000	0.323	0.710	1.250	2.060	2.869	4.226	3.839
6 detik	0.044	0.373	0.776	1.343	2.152	3.016	4.200	3.740
15 detik	0.054	0.385	0.793	1.368	2.178	3.059	4.188	3.705
30 detik	0.070	0.405	0.819	1.409	2.218	3.126	4.168	3.650
1 menit	0.095	0.435	0.861	1.472	2.281	3.232	4.138	3.564
2 menit	0.145	0.495	0.945	1.598	2.407	3.444	4.078	3.391
4 menit	0.213	0.576	1.060	1.769	2.578	3.732	3.995	3.156
8 menit	0.253	0.624	1.127	1.870	2.679	3.901	3.947	3.018
15 menit	0.285	0.663	1.181	1.950	2.760	4.037	3.908	2.907
30 menit	0.305	0.687	1.214	2.001	2.810	4.121	3.884	2.838
1 jam	0.315	0.699	1.231	2.026	2.835	4.164	3.872	2.803
2 jam	0.324	0.709	1.246	2.049	2.858	4.202	3.861	2.772
4 jam	0.332	0.719	1.260	2.069	2.878	4.236	3.851	2.745
8 jam	0.334	0.721	1.262	2.071	2.880	4.238	3.851	2.743
24 jam	0.335	0.722	1.262	2.072	2.881	4.238	3.851	2.742

Diperiksa Oleh :

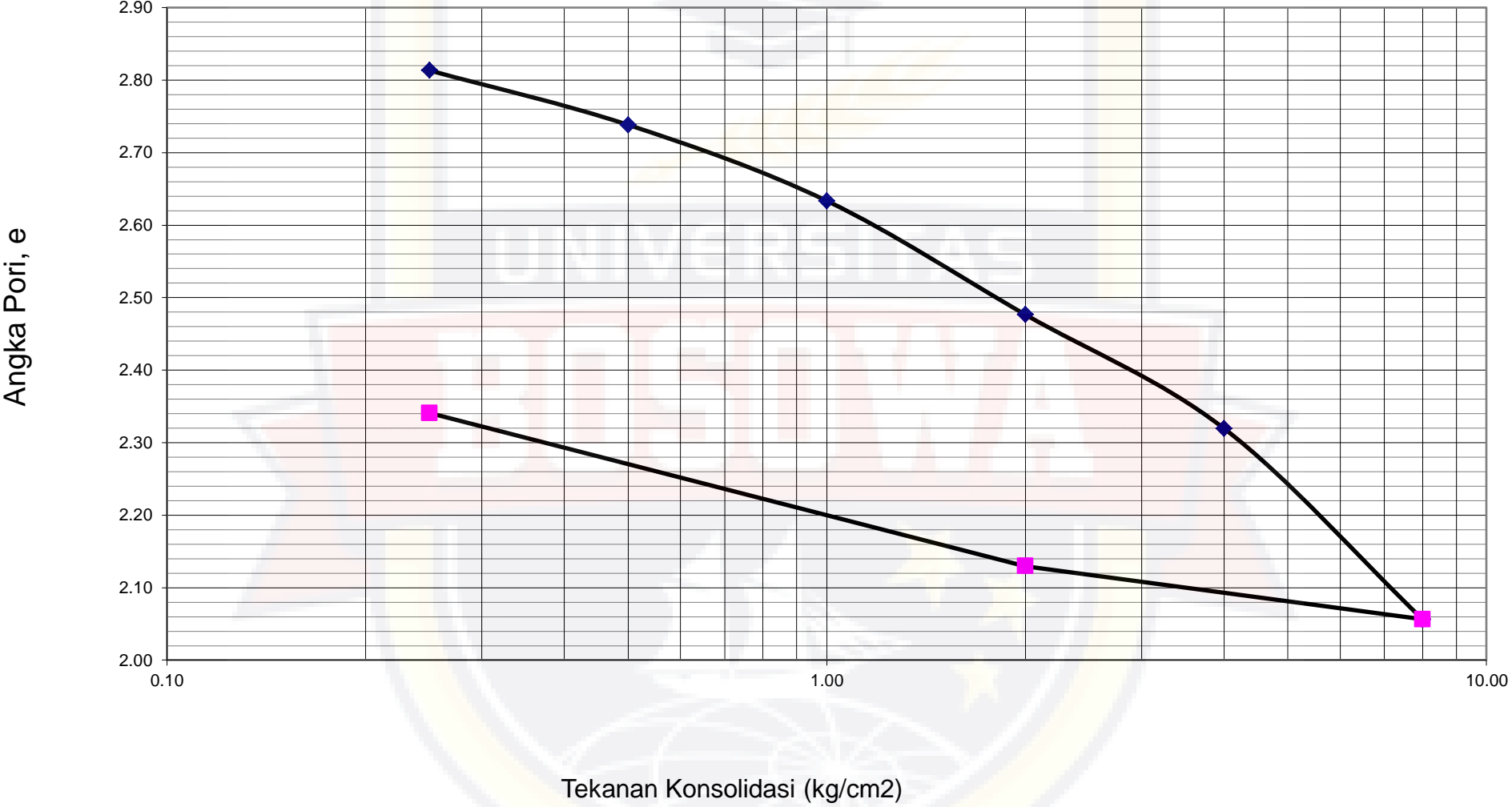
Makassar, 22 Februari 2019
Dibuat oleh :

Hasrullah,ST
Asisten Lab

Muhammad Aidul
Mahasiswa

Grafik Hubungan antara Angka pori dengan Tekanan Konsolidasi

T.A 100% + F.A 0% sample 2

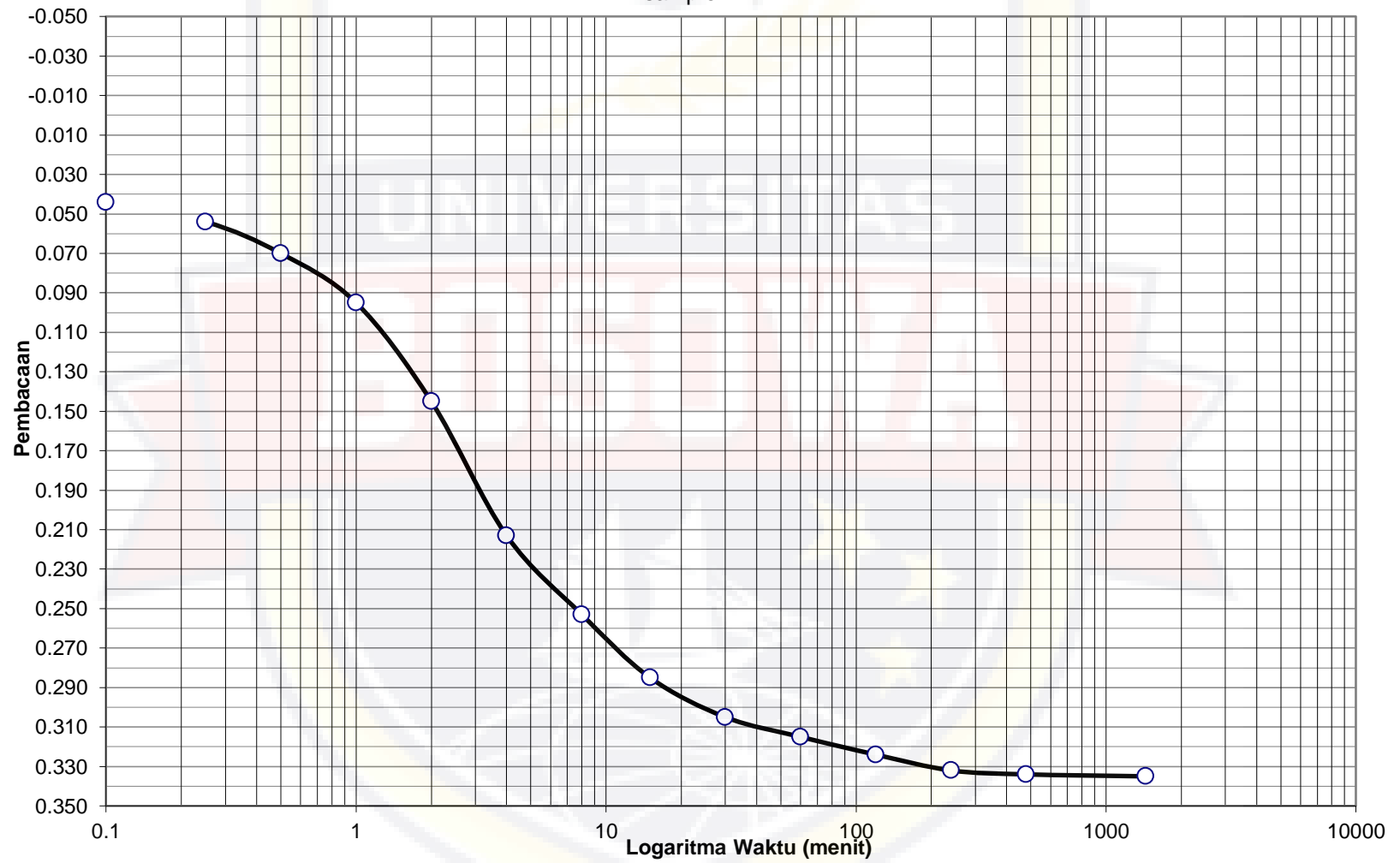


Casagrande Method's

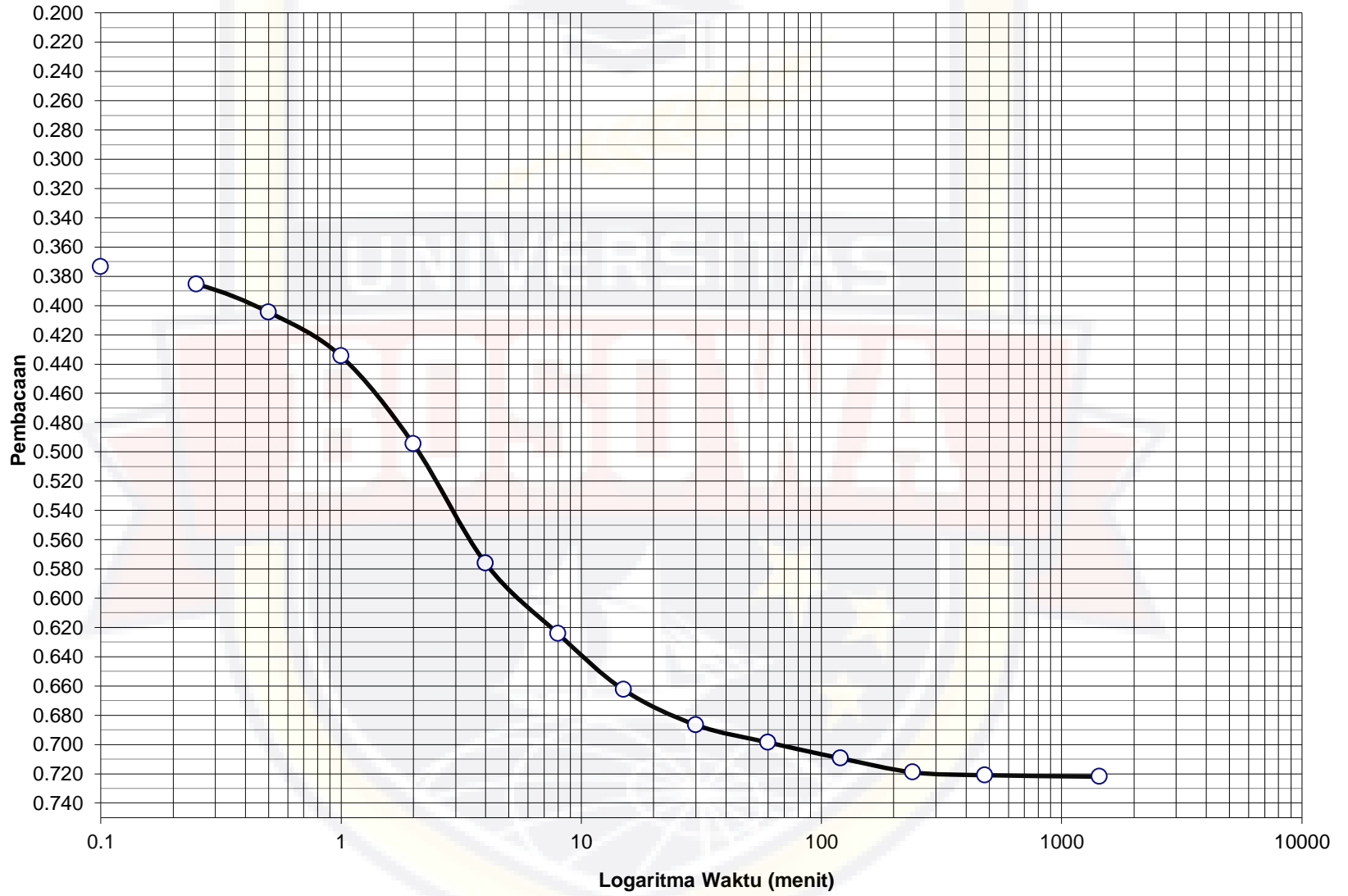
Tekanan 0,25 kg/cm²

T.A 100% + F.A 0%

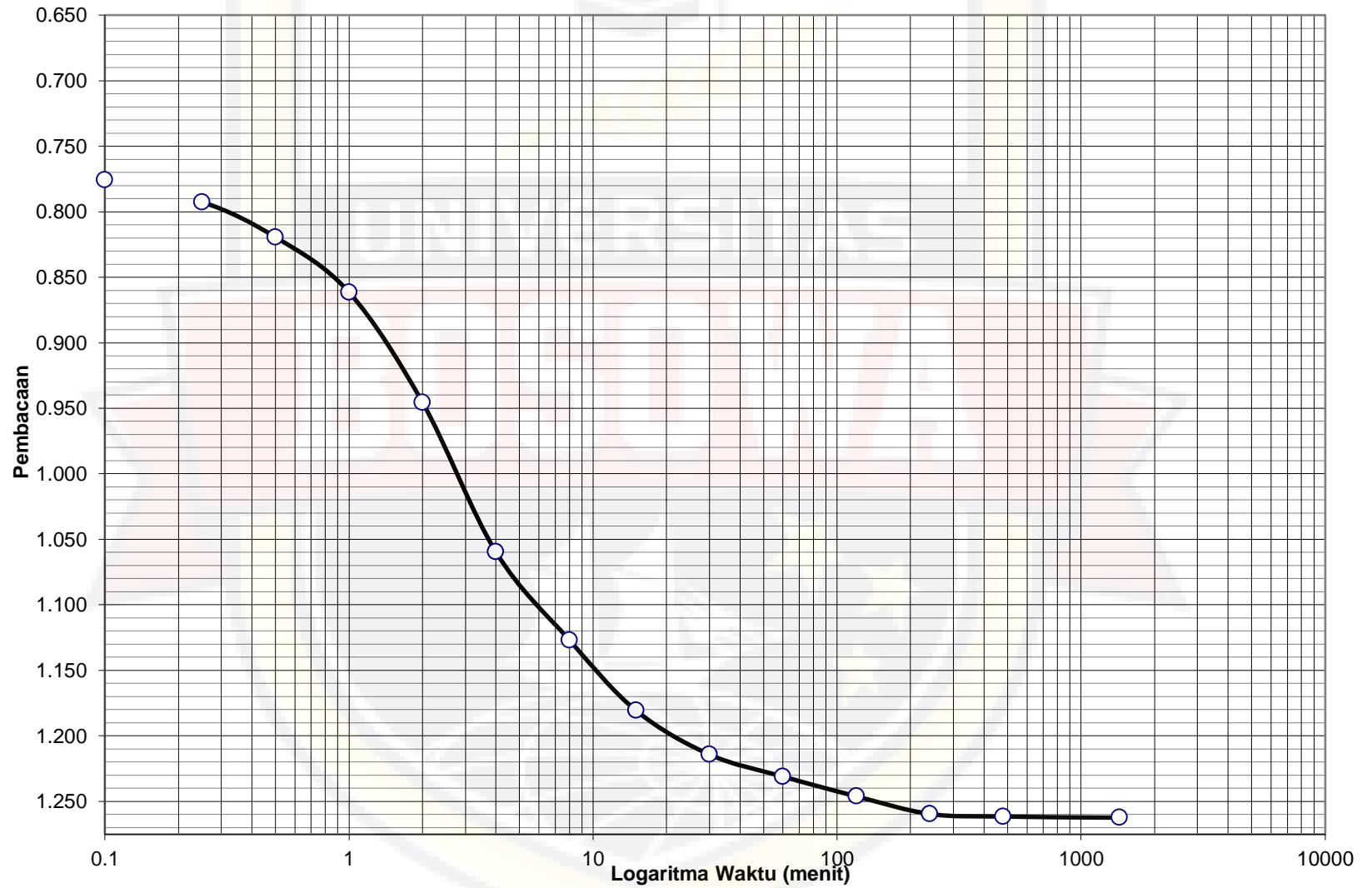
sample 2



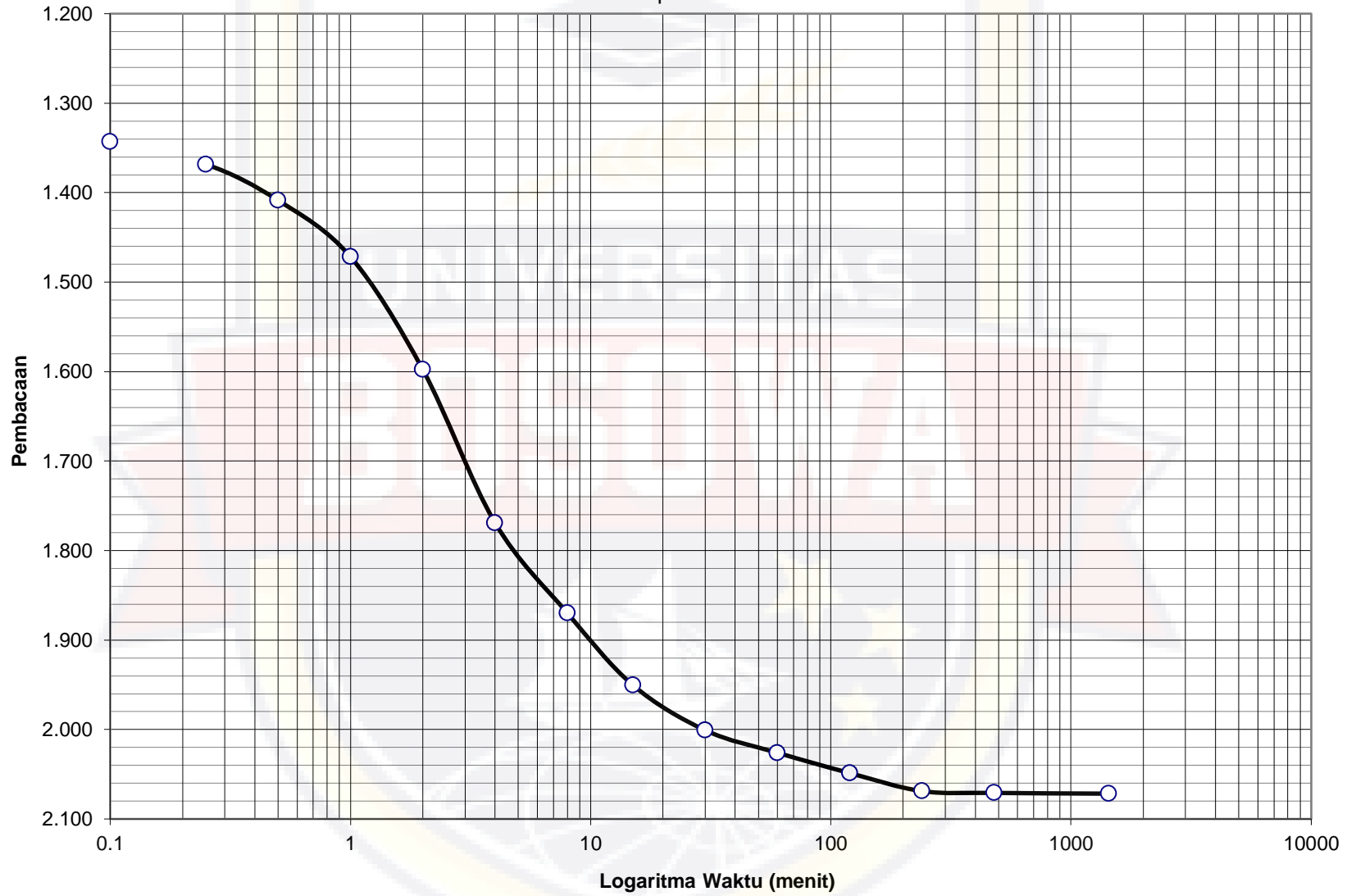
Casagrande Method's
Tekanan 0,5 kg/cm²
T.A 100% + F.A 0%
sample 2



Casagrande Method's
Tekanan 1 kg/cm²
T.A 100% + F.A 0%
sample 2



Casagrande Method's
Tekanan 2 kg/cm²
T.A 100% + F.A 0%
sample 2

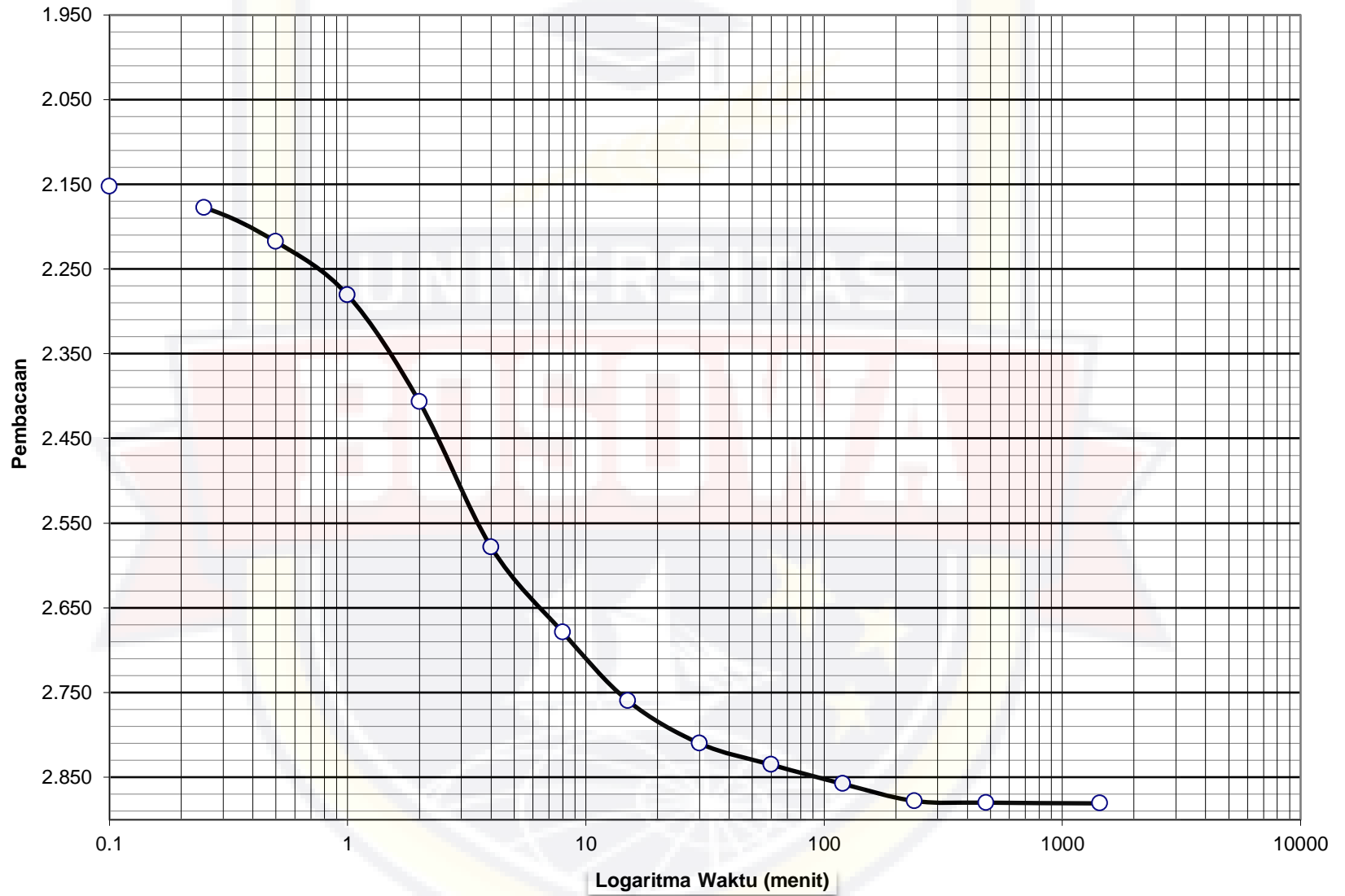


Casagrande Method's

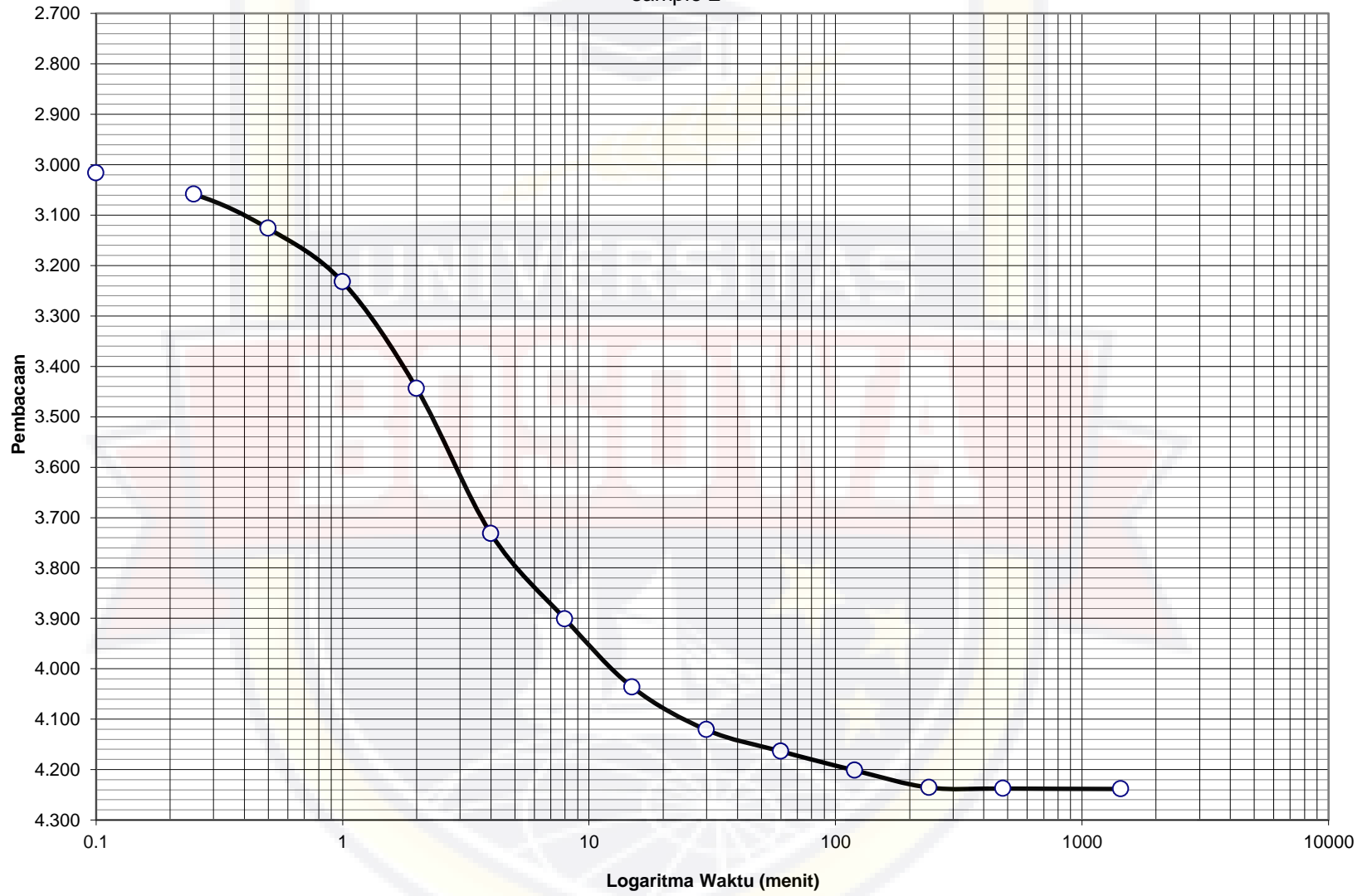
Tekanan 4 kg/cm²

T.A 100% + F.A 0%

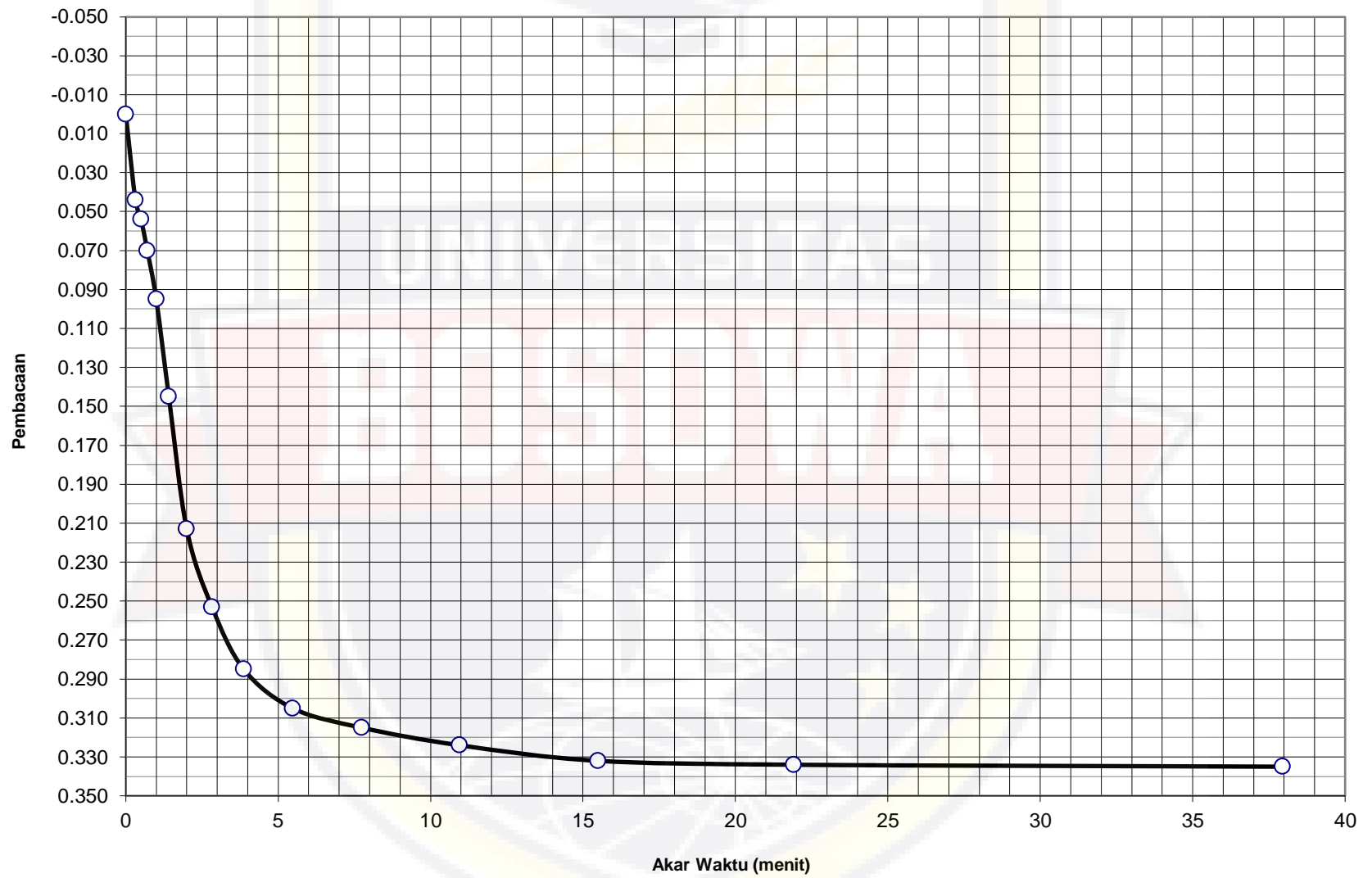
sample 2



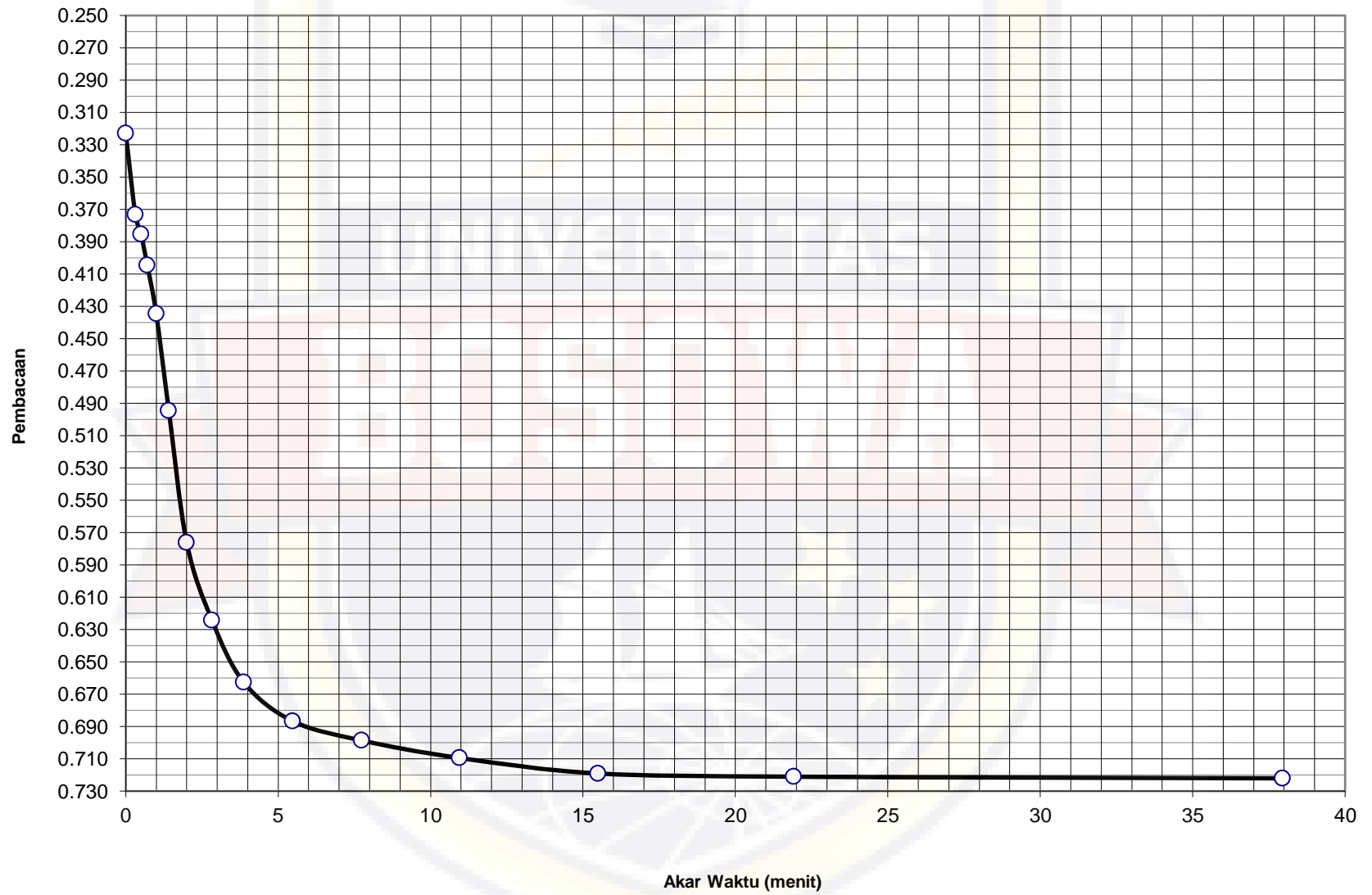
Casagrande Method's
Tekanan 8 kg/cm²
T.A 100% + F.A 0%
sample 2



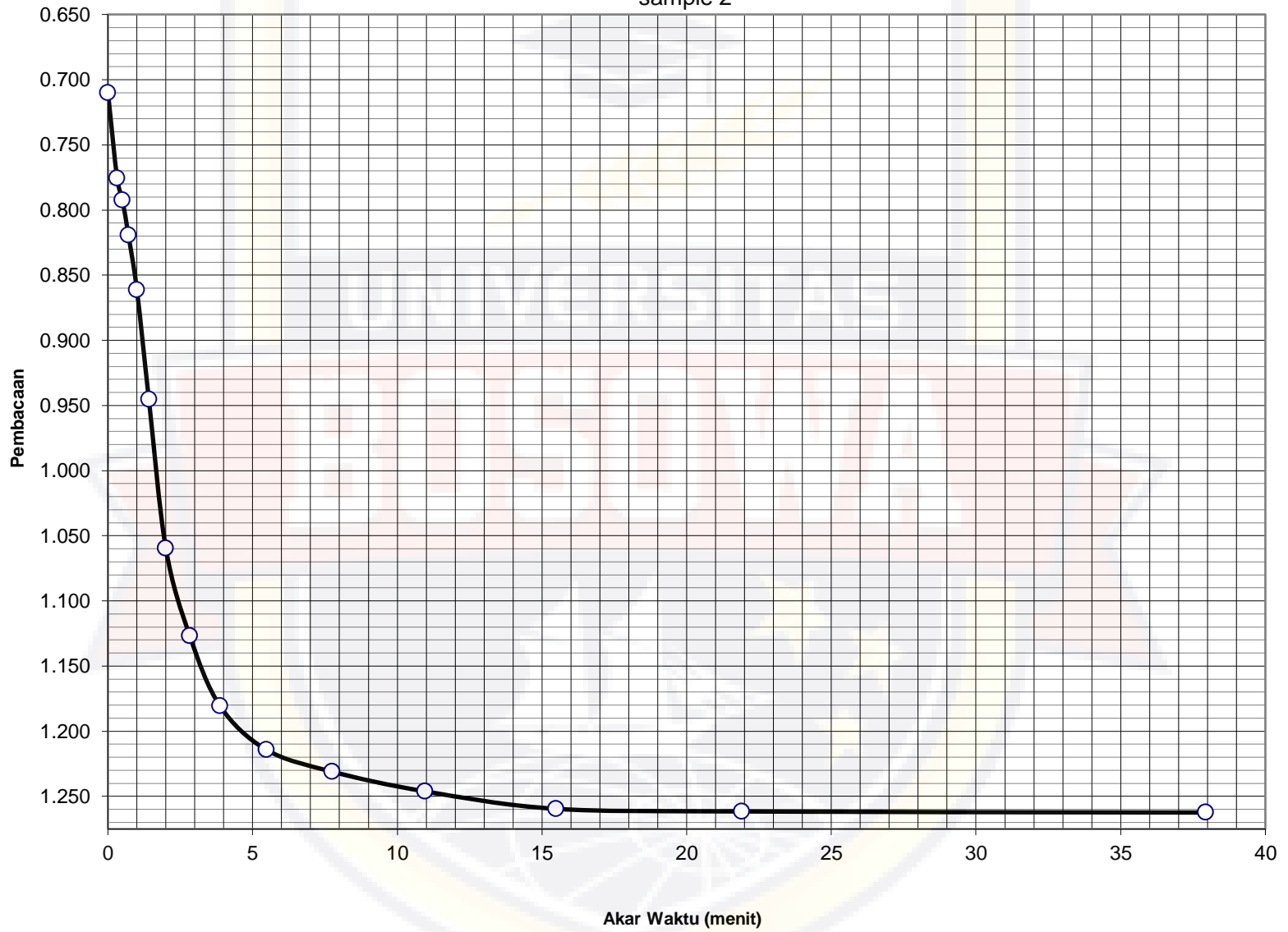
Taylor's Method
Tekanan 0,25 kg/cm²
T.A 100% + F.A 0%
sample 2



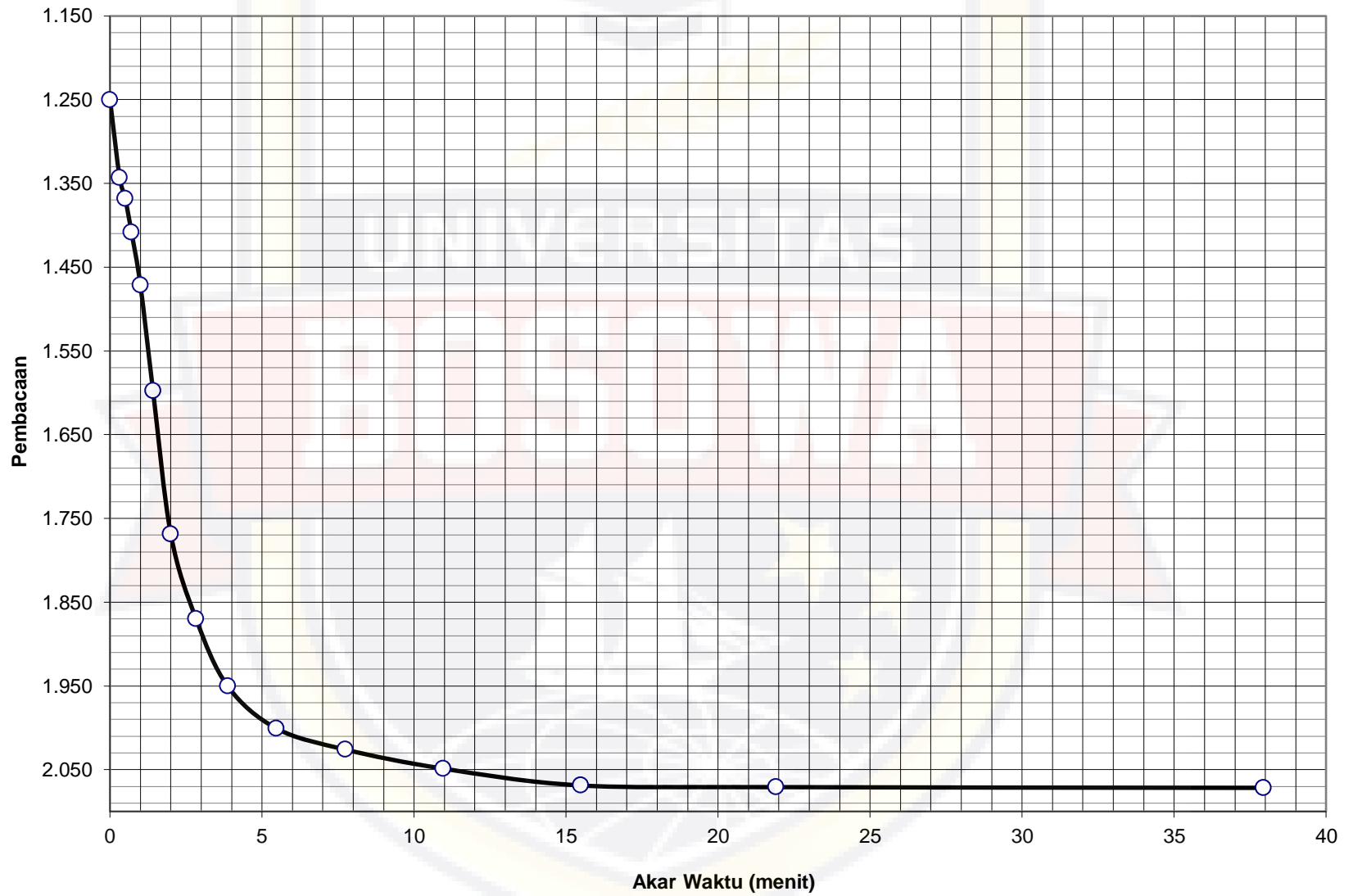
Taylor's Method
Tekanan 0,5 kg/cm²
T.A 100% + F.A 0%
sample 2



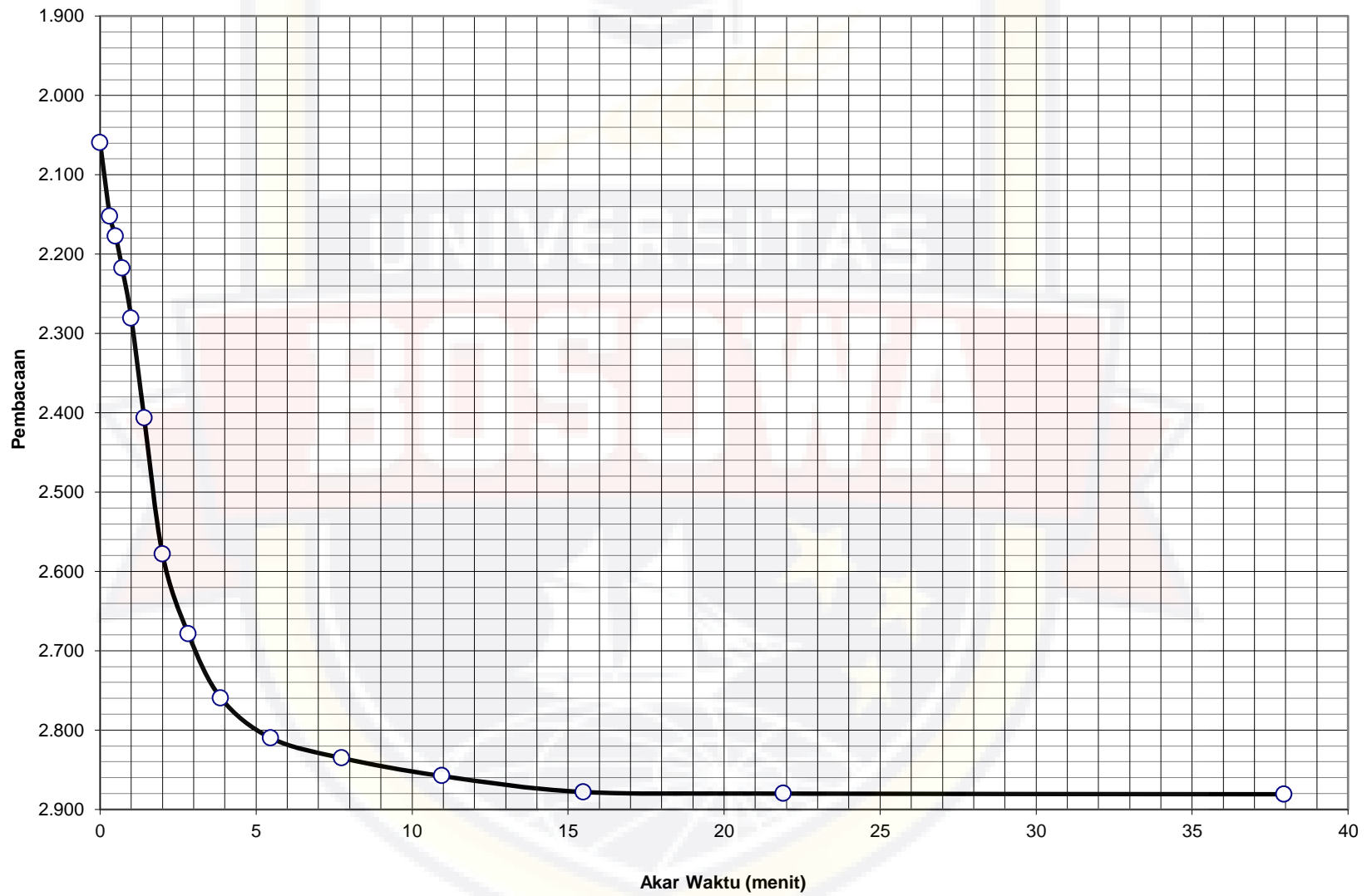
Taylor's Method
Tekanan 1 kg/cm²
T.A 100% + F.A 0%
sample 2



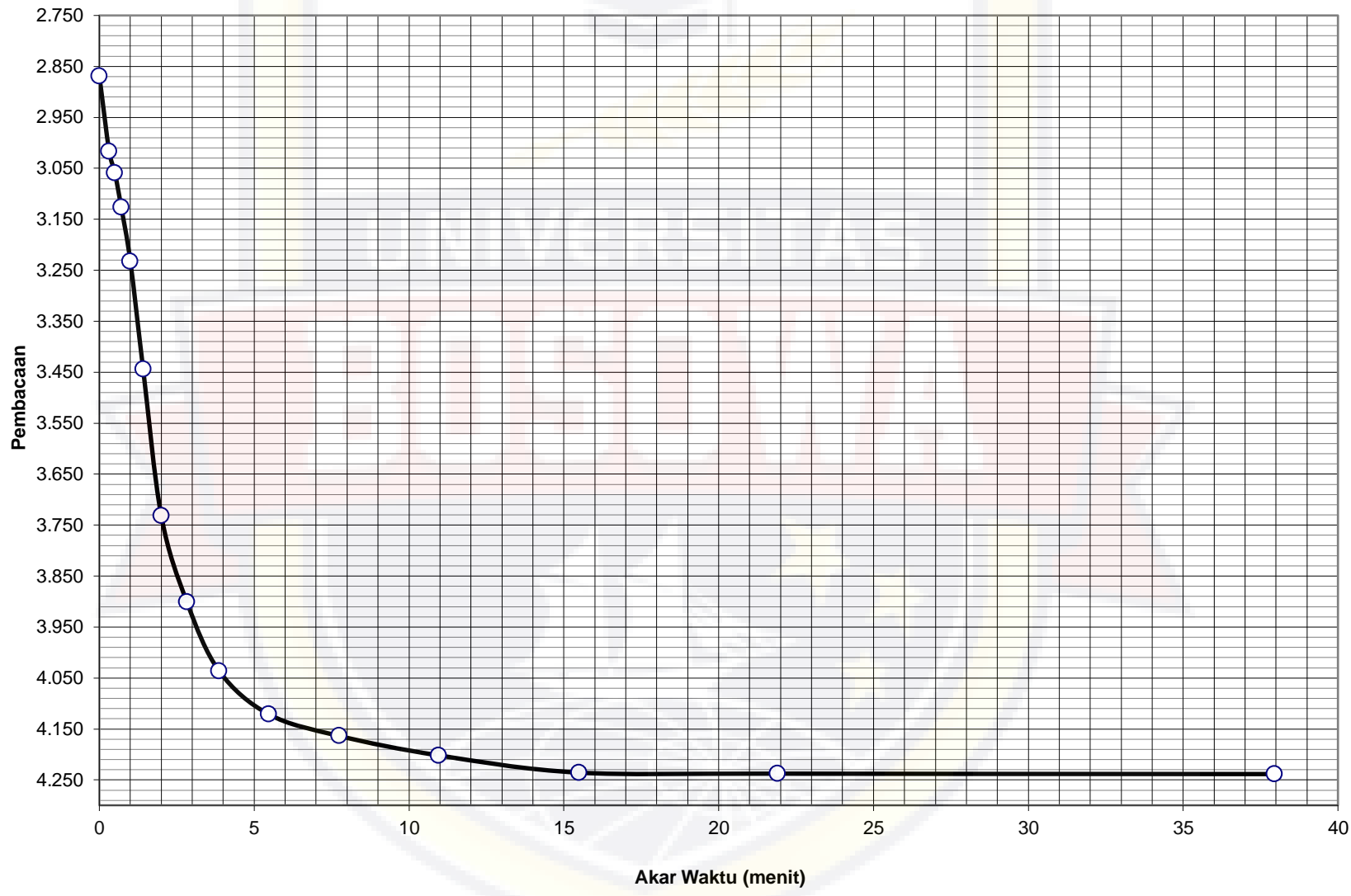
Taylor's Method
Tekanan 2 kg/cm²
T.A 100% + F.A 0%
sample 2



Taylor's Method
Tekanan 4 kg/cm²
T.A 100% + F.A 0%
sample 2



Taylor's Method
Tekanan 8 kg/cm²
T.A 100% + F.A 0%
sample 2





Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir
Nama : Muhammad Aidul
Stambuk : 45 12 041 009
Judul : Analisa Nilai Konsolidasi Pada Tanah Lempung Lunak Yang Di Campur Dengan FLY ASH

**PENGUJIAN KONSOLIDASI
(SNI 2812:2011)
T.A 90% + F.A 10% (Sample 1)**

Berat Ring, W_1	:	63.1	gram
Berat Tanah Basah + Ring, W_2	:	166.6	gram
Berat Tanah Kering + Ring, W_3	:	143.6	gram
Volume Ring, V	:	66.33	cm ³
Kadar Air, $\omega = (W_2 - W_3) / (W_3 - W_1) \cdot 100\%$:	28.57	%
Berat Volume Tanah Basah, $\gamma_{wet} = (W_2 - W_1) / V$:	1.56	gram/cm ³
Berat Volume Tanah Kering, $\gamma_{dry} = \gamma_{wet} / (1 + \omega)$:	1.214	gram/cm ³

Beban (kg)	0.825	1.65	3.3	6.6	13.2	26.4	6.6	0.825
Tekanan (kg/cm ²)	0.25	0.5	1	2	4	8	2	0.25
0 detik	0.000	0.418	0.919	1.569	2.414	3.595	5.012	4.540
6 detik	0.040	0.468	0.988	1.663	2.550	3.760	4.941	4.380
15 detik	0.060	0.492	1.019	1.703	2.606	3.829	4.918	4.323
30 detik	0.084	0.521	1.057	1.752	2.675	3.910	4.891	4.255
1 menit	0.113	0.556	1.102	1.811	2.757	4.009	4.858	4.173
2 menit	0.168	0.622	1.188	1.922	2.913	4.197	4.796	4.017
4 menit	0.238	0.706	1.297	2.064	3.112	4.435	4.716	3.818
8 menit	0.291	0.770	1.380	2.172	3.262	4.616	4.656	3.668
15 menit	0.338	0.826	1.453	2.267	3.396	4.776	4.603	3.534
30 menit	0.371	0.866	1.504	2.334	3.489	4.888	4.565	3.440
1 jam	0.386	0.884	1.528	2.365	3.532	4.939	4.548	3.398
2 jam	0.396	0.896	1.543	2.385	3.560	4.973	4.537	3.370
4 jam	0.403	0.904	1.554	2.399	3.580	4.997	4.529	3.350
8 jam	0.405	0.906	1.556	2.401	3.582	4.999	4.528	3.348
24 jam	0.406	0.907	1.557	2.402	3.583	5.000	4.528	3.347

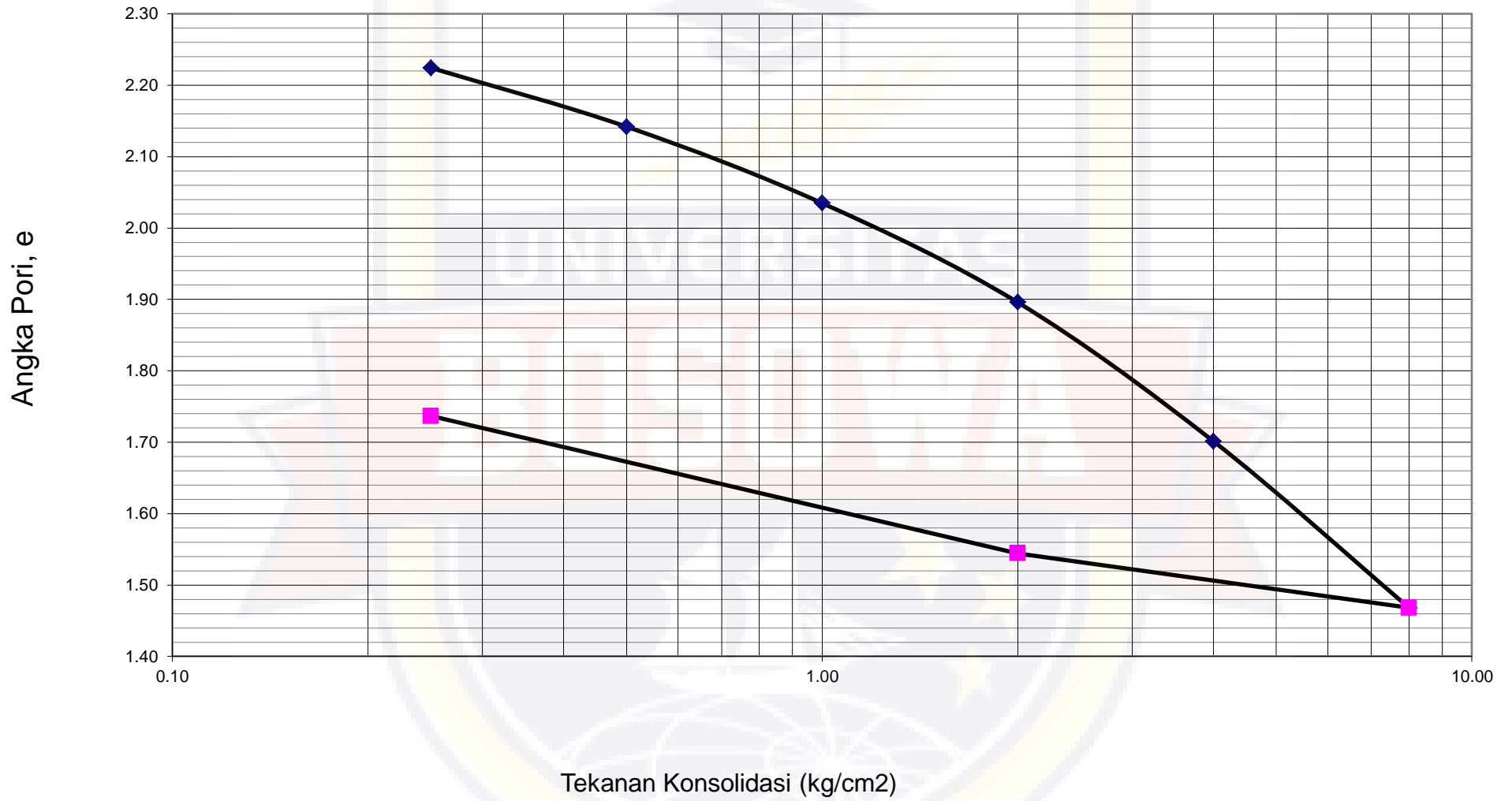
Diperiksa Oleh :

Hasrullah,ST
Asisten Lab

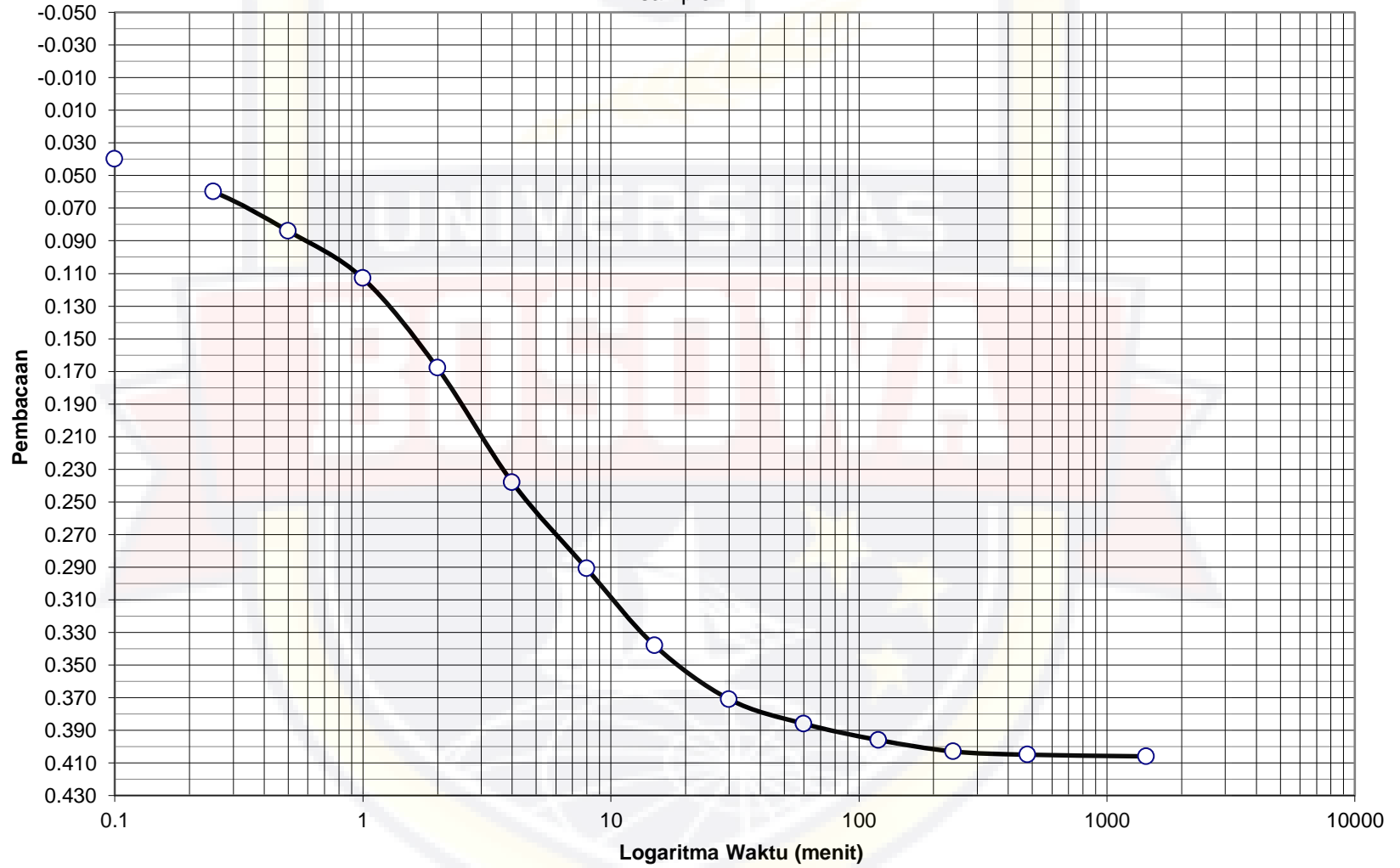
Makassar, 22 Februari 2019
Dibuat oleh :

Muhammad Aidul
Mahasiswa

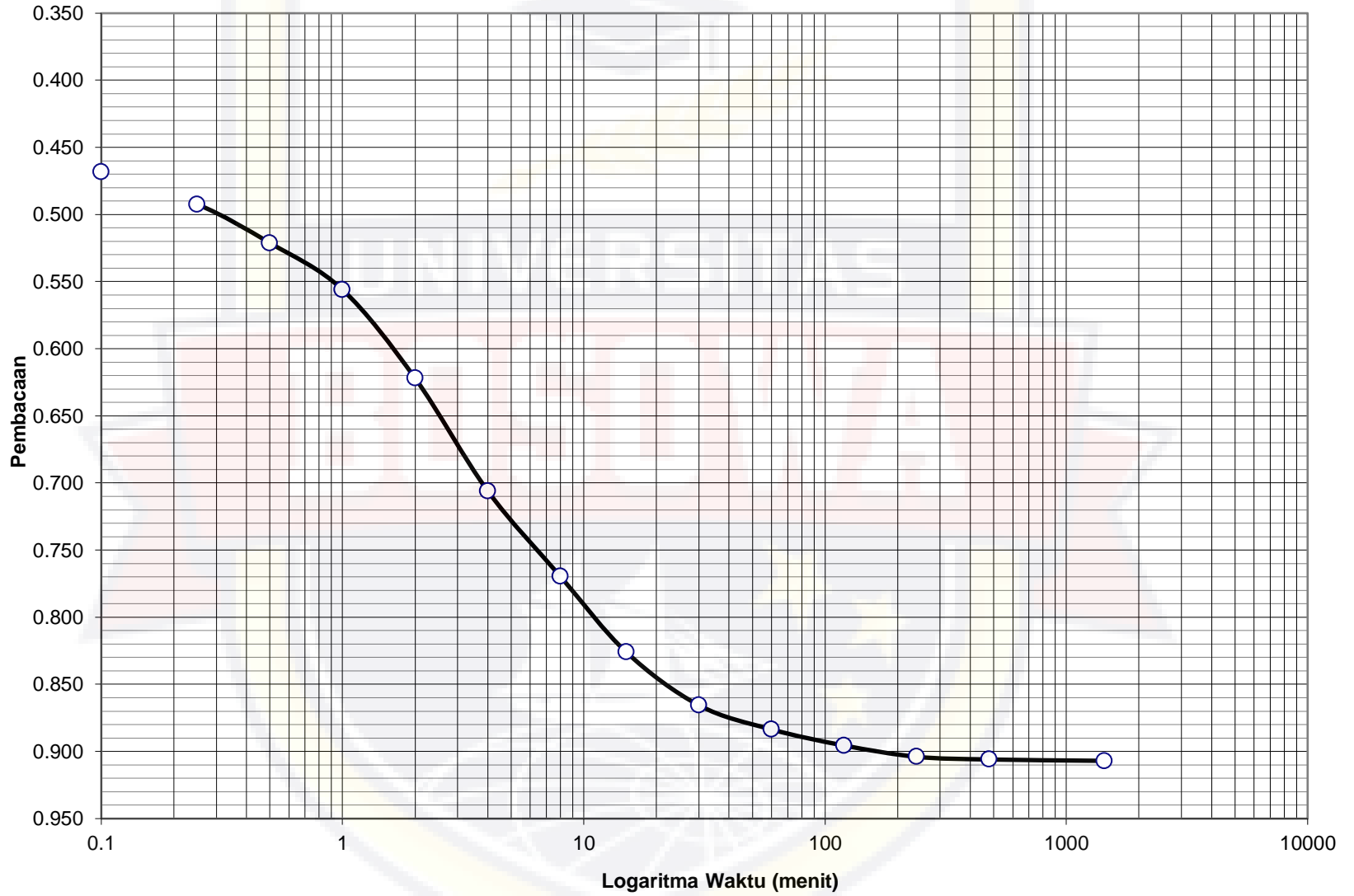
Grafik Hubungan antara Angka pori dengan Tekanan Konsolidasi
T.A 90% + F.A 10% sample 1



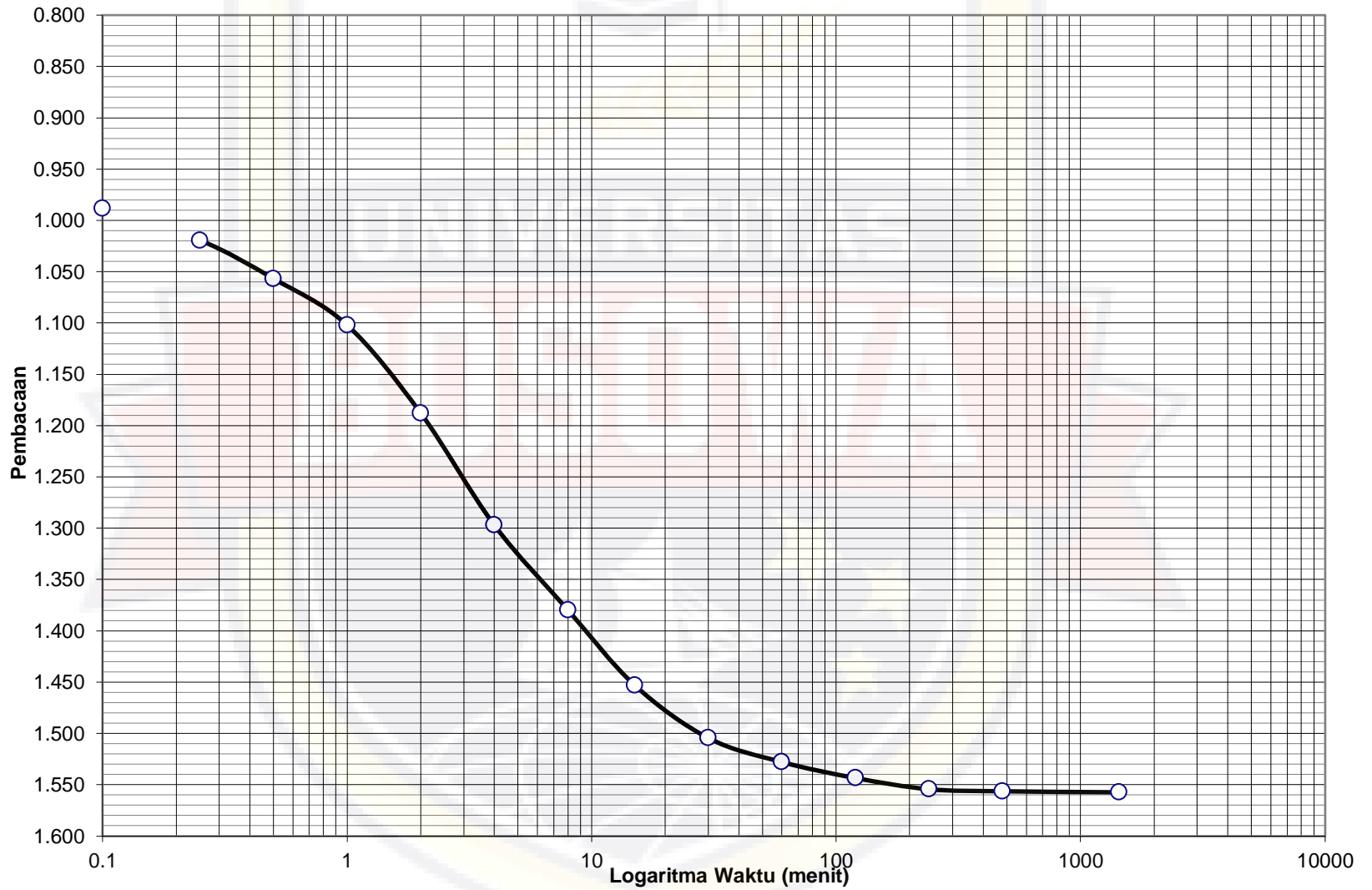
Casagrande Method's
Tekanan 0,25 kg/cm²
T.A 90% + F.A 10%
sample 1



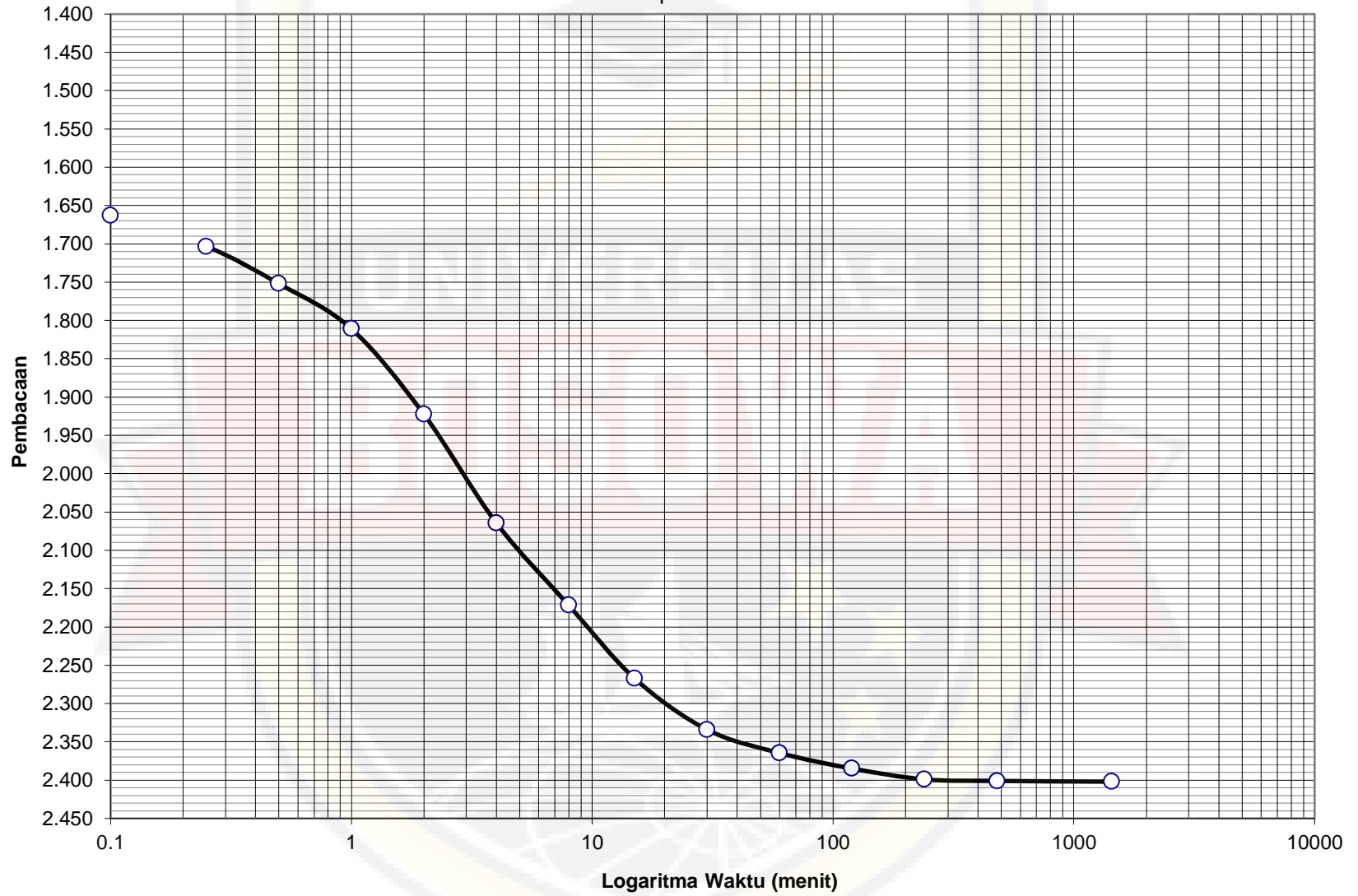
Casagrande Method's
Tekanan 0,5 kg/cm²
T.A 90% + F.A 10%
sample 1



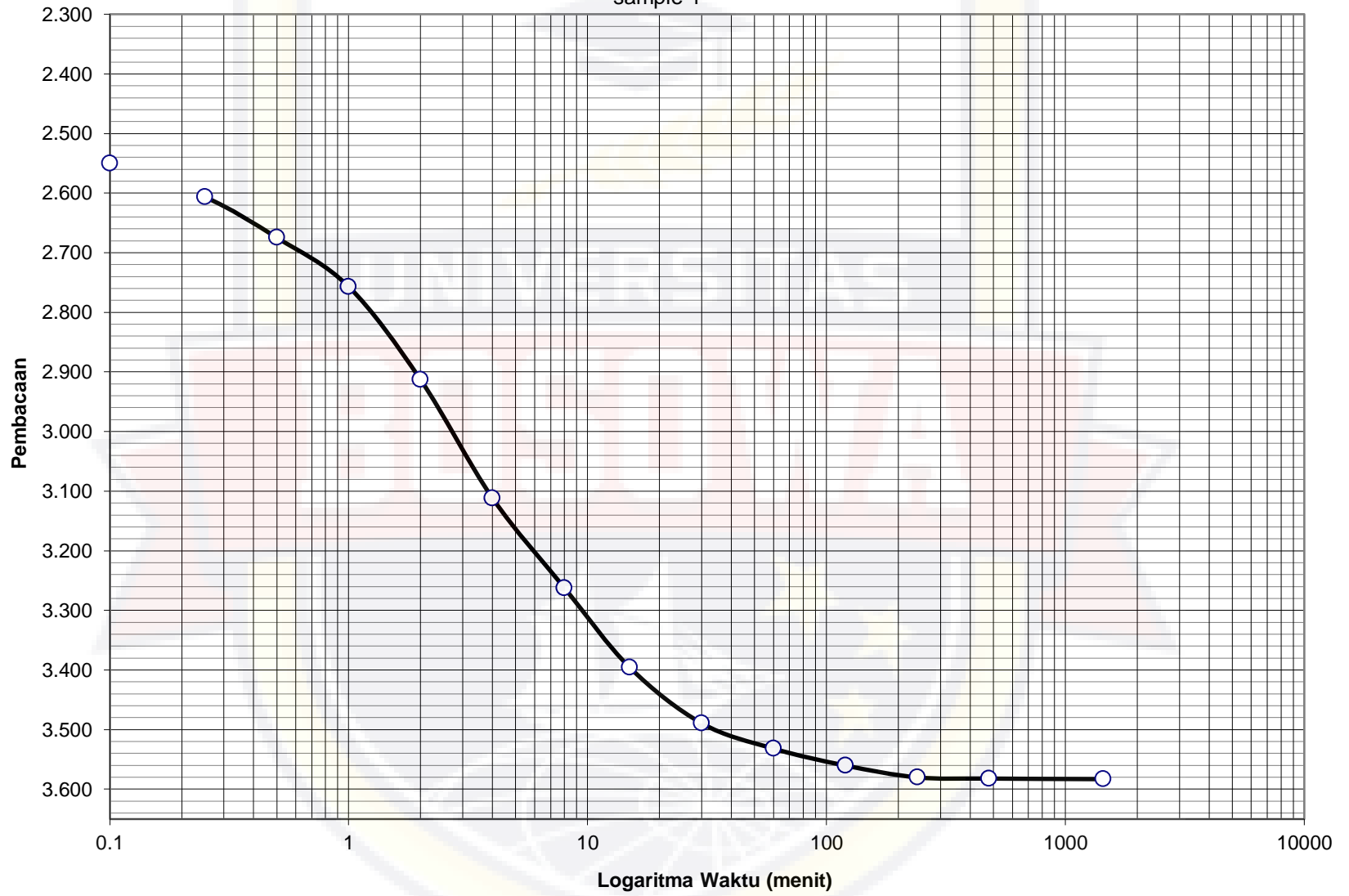
Casagrande Method's
Tekanan 1 kg/cm²
T.A 90% + F.A 10%
sample 1



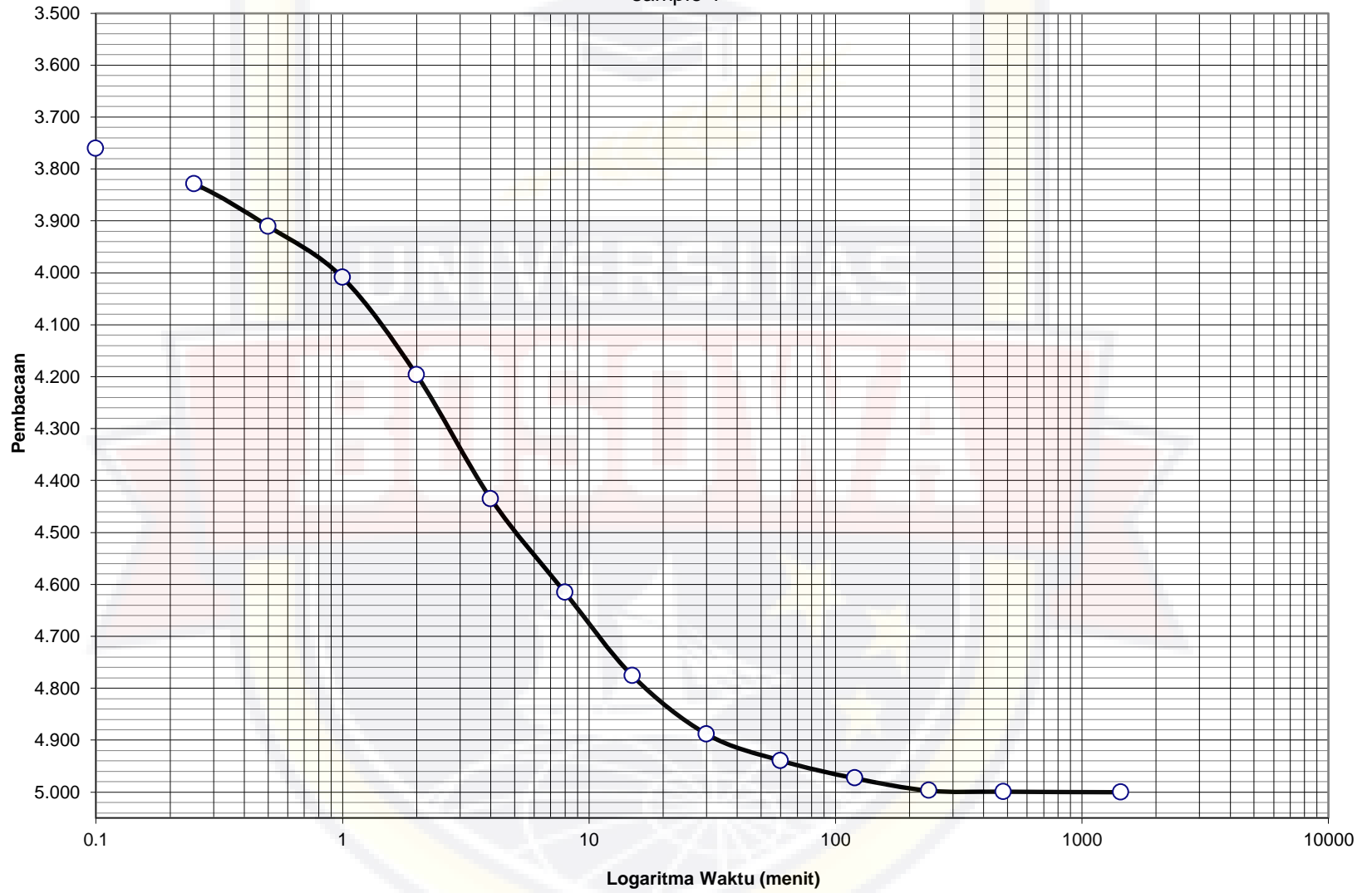
Casagrande Method's
Tekanan 2 kg/cm²
T.A 90% + F.A 10%
sample 1



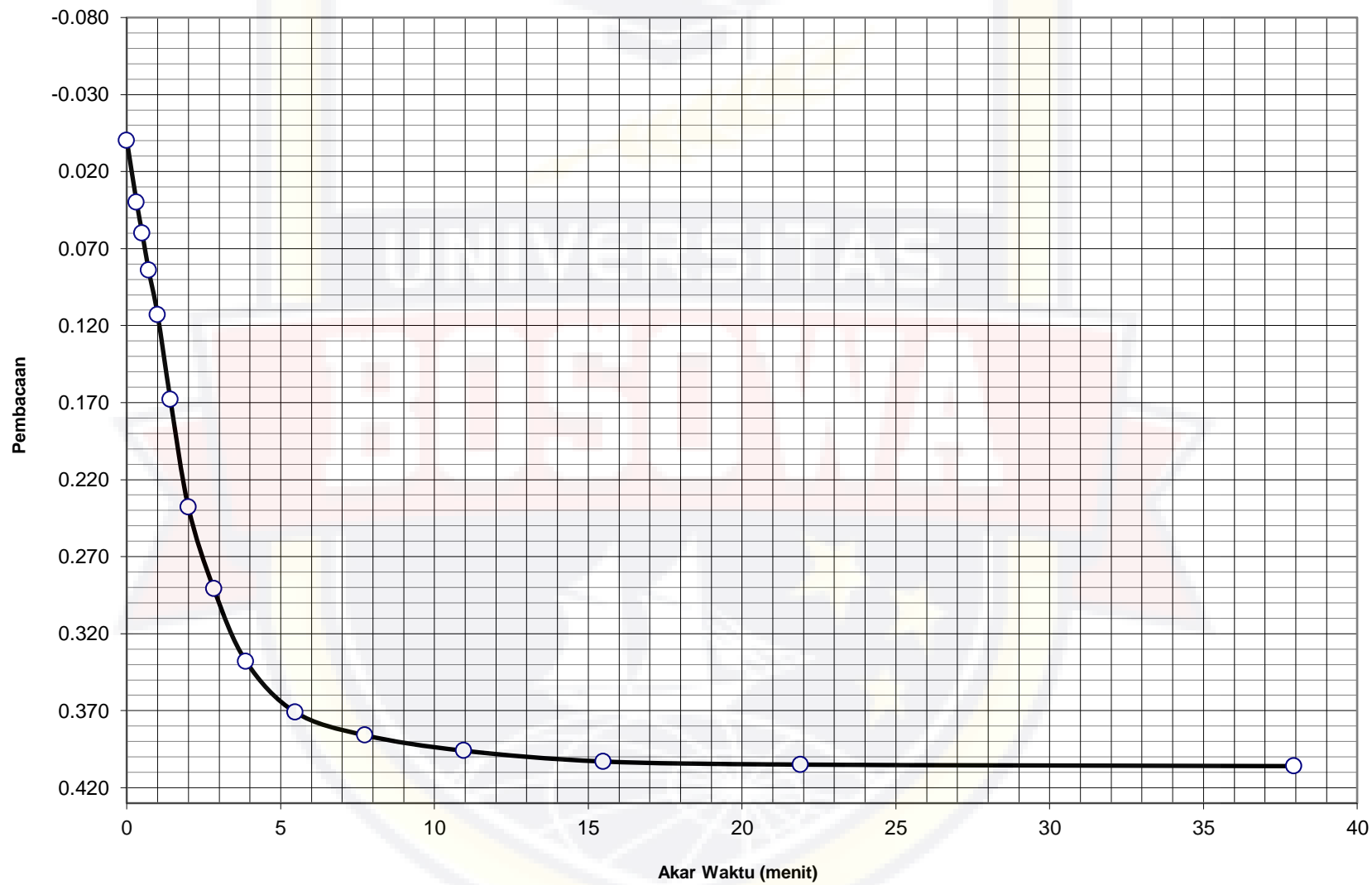
Casagrande Method's
Tekanan 4 kg/cm²
T.A 90% + F.A 10%
sample 1



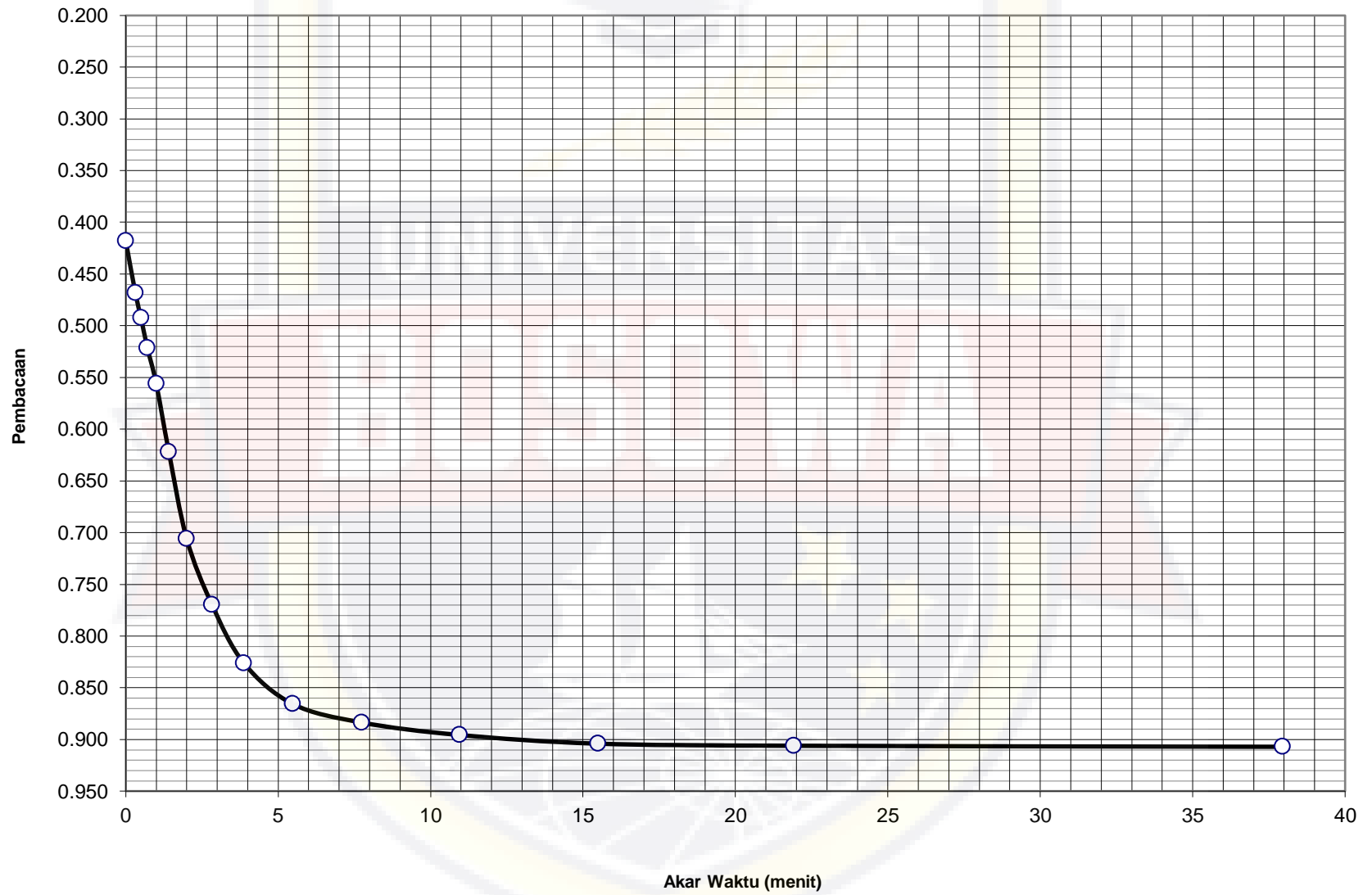
Casagrande Method's
Tekanan 8 kg/cm²
T.A 90% + F.A 10%
sample 1



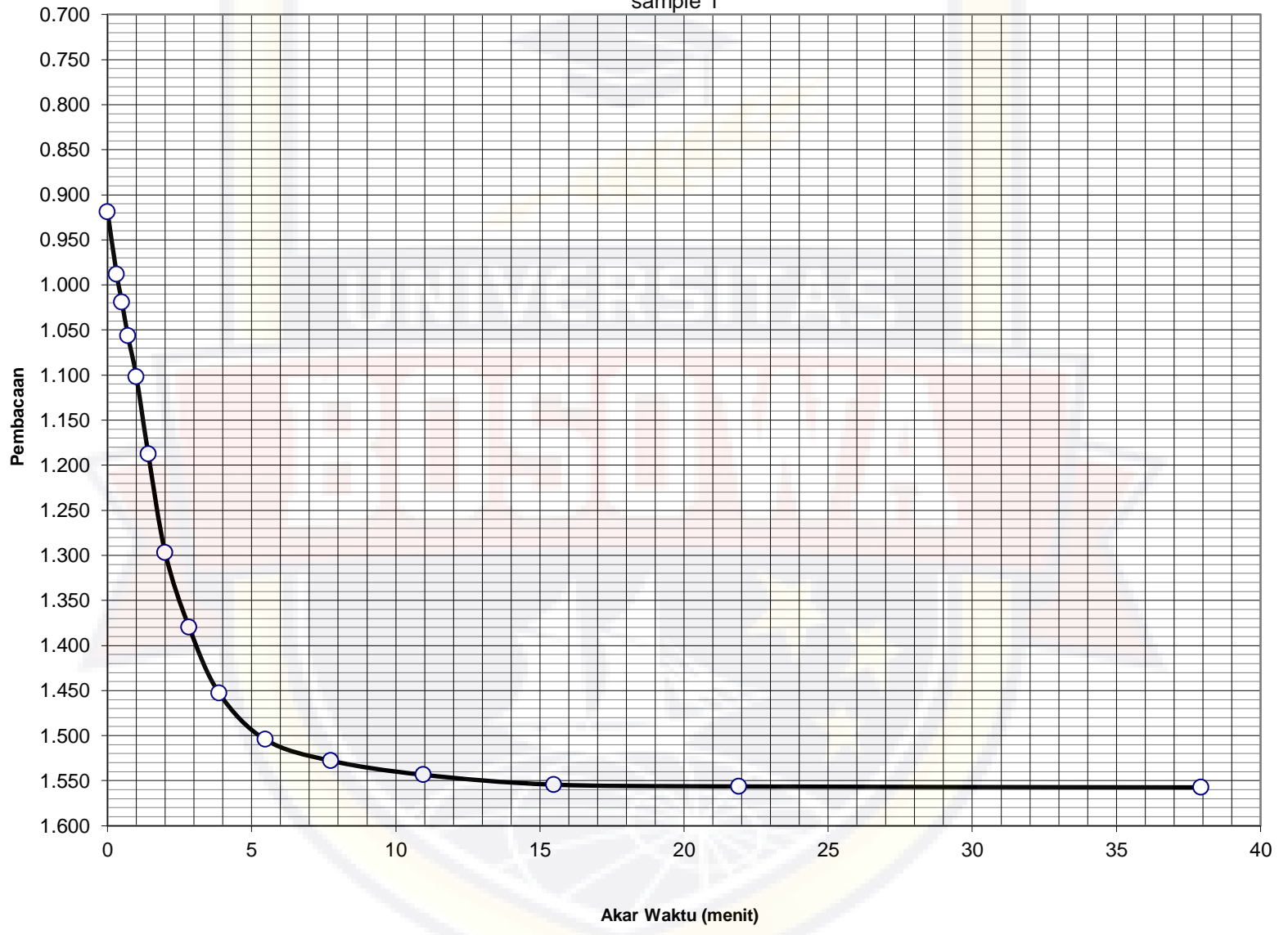
Taylor's Method
Tekanan 0,25 kg/cm²
T.A 90% + F.A 10%
sample 1



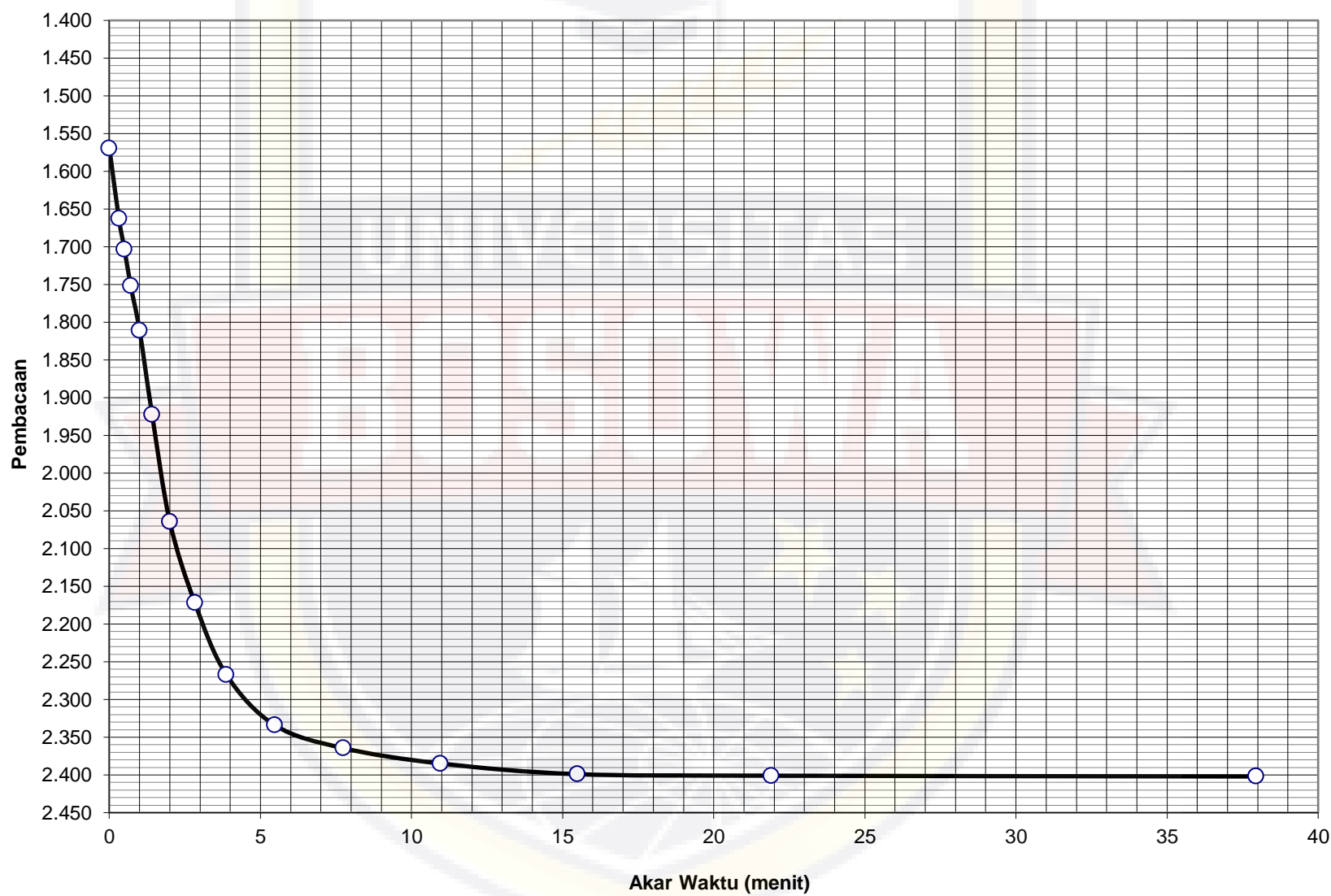
Taylor's Method
Tekanan 0,5 kg/cm²
T.A 90% + F.A 10%
sample 1



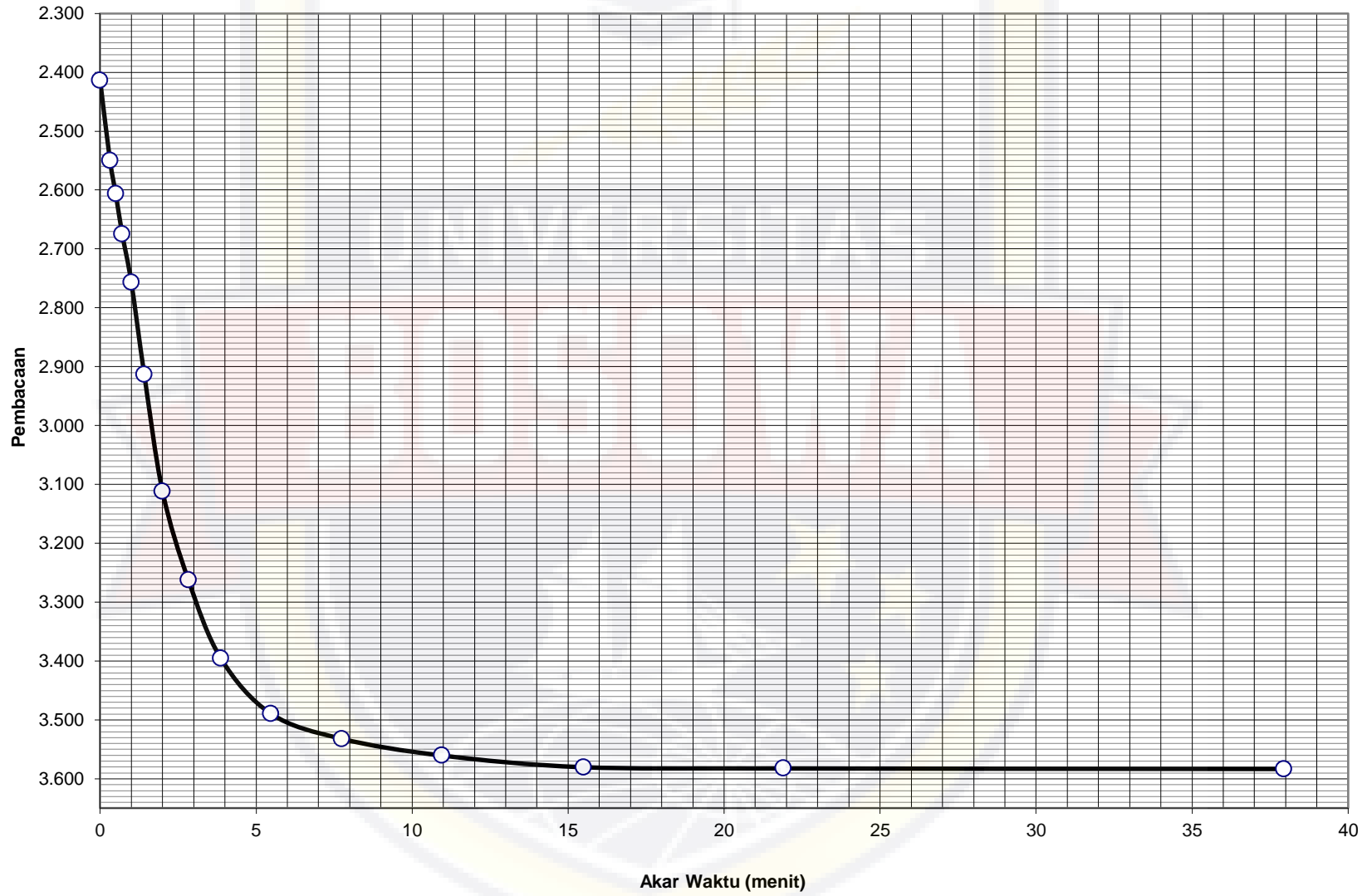
Taylor's Method
Tekanan 1 kg/cm²
T.A 90% + F.A 10%
sample 1



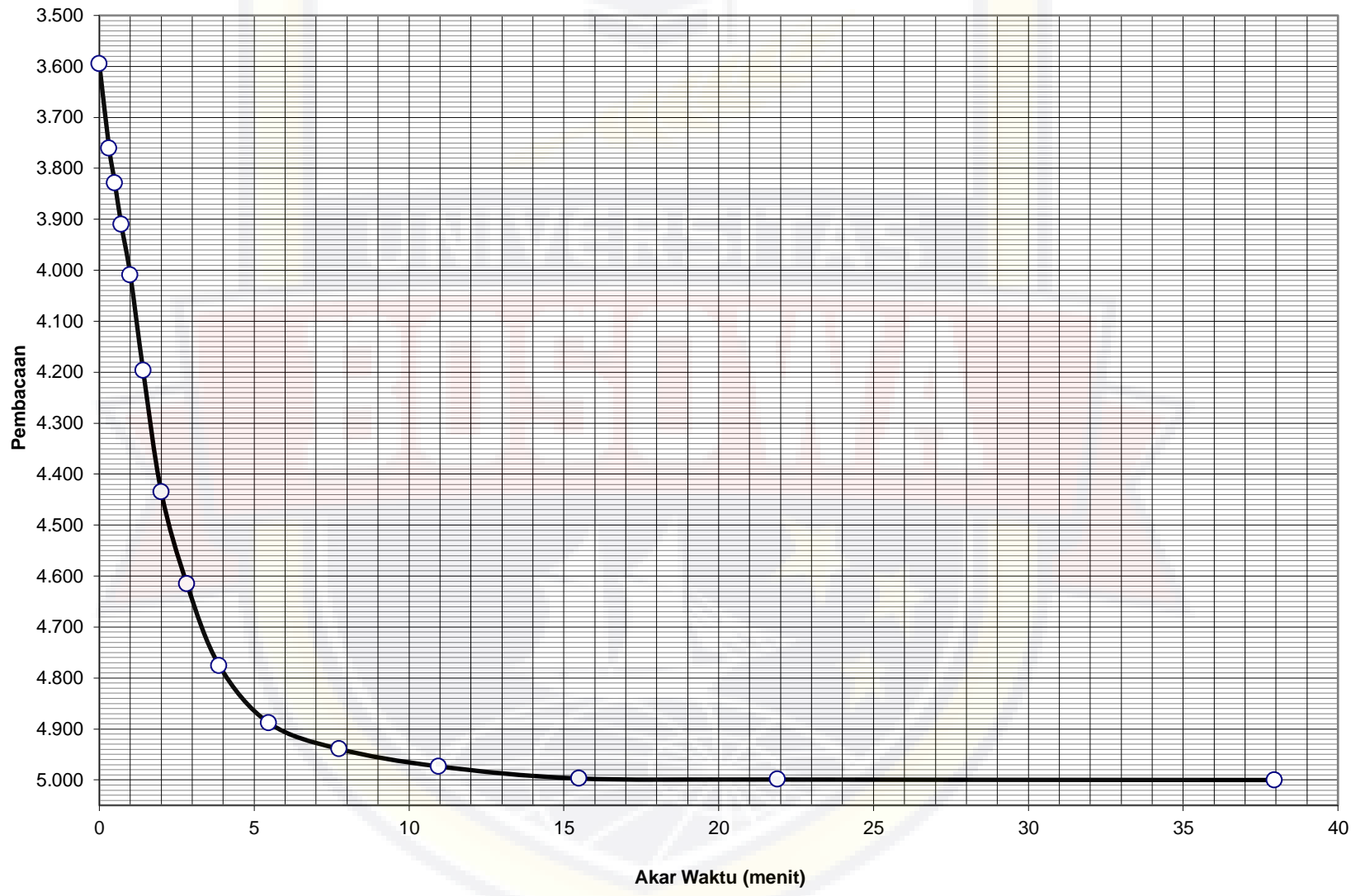
Taylor's Method
Tekanan 2 kg/cm²
T.A 90% + F.A 10%
sample 1



Taylor's Method
Tekanan 4 kg/cm²
T.A 90% + F.A 10%
sample 1



Taylor's Method
Tekanan 8 kg/cm²
T.A 90% + F.A 10%
sample 1





Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir
Nama : Muhammad Aidul
Stambuk : 45 12 041 009
Judul : Analisa Nilai Konsolidasi Pada Tanah Lempung Lunak Yang Di Campur Dengan FLY ASH

PENGUJIAN KONSOLIDASI
(SNI 2812:2011)
T.A 90% + F.A 10% (Sample 2)

Berat Ring, W_1	:	63.1	gram
Berat Tanah Basah + Ring, W_2	:	166.6	gram
Berat Tanah Kering + Ring, W_3	:	143.6	gram
Volume Ring, V	:	66.33	cm ³
Kadar Air, $\omega = (W_2 - W_3) / (W_3 - W_1) \cdot 100\%$:	28.57	%
Berat Volume Tanah Basah, $\gamma_{wet} = (W_2 - W_1) / V$:	1.56	gram/cm ³
Berat Volume Tanah Kering, $\gamma_{dry} = \gamma_{wet} / (1 + \omega)$:	1.214	gram/cm ³

Beban (kg)	0.825	1.65	3.3	6.6	13.2	26.4	6.6	0.825
Tekanan (kg/cm ²)	0.25	0.5	1	2	4	8	2	0.25
0 detik	0.000	0.418	0.919	1.569	2.414	3.595	5.012	4.540
6 detik	0.064	0.492	1.012	1.687	2.574	3.784	4.965	4.404
15 detik	0.084	0.516	1.043	1.727	2.630	3.853	4.942	4.347
30 detik	0.108	0.545	1.081	1.776	2.699	3.934	4.915	4.279
1 menit	0.137	0.580	1.126	1.835	2.781	4.033	4.882	4.197
2 menit	0.192	0.646	1.212	1.946	2.937	4.221	4.820	4.041
4 menit	0.262	0.730	1.321	2.088	3.136	4.459	4.740	3.842
8 menit	0.315	0.794	1.404	2.196	3.286	4.640	4.680	3.692
15 menit	0.362	0.850	1.477	2.291	3.420	4.800	4.627	3.558
30 menit	0.395	0.890	1.528	2.358	3.513	4.912	4.589	3.464
1 jam	0.410	0.908	1.552	2.389	3.556	4.963	4.572	3.422
2 jam	0.420	0.920	1.567	2.409	3.584	4.997	4.561	3.394
4 jam	0.427	0.928	1.578	2.423	3.604	5.021	4.553	3.374
8 jam	0.429	0.930	1.580	2.425	3.606	5.023	4.552	3.372
24 jam	0.430	0.931	1.581	2.426	3.607	5.024	4.552	3.371

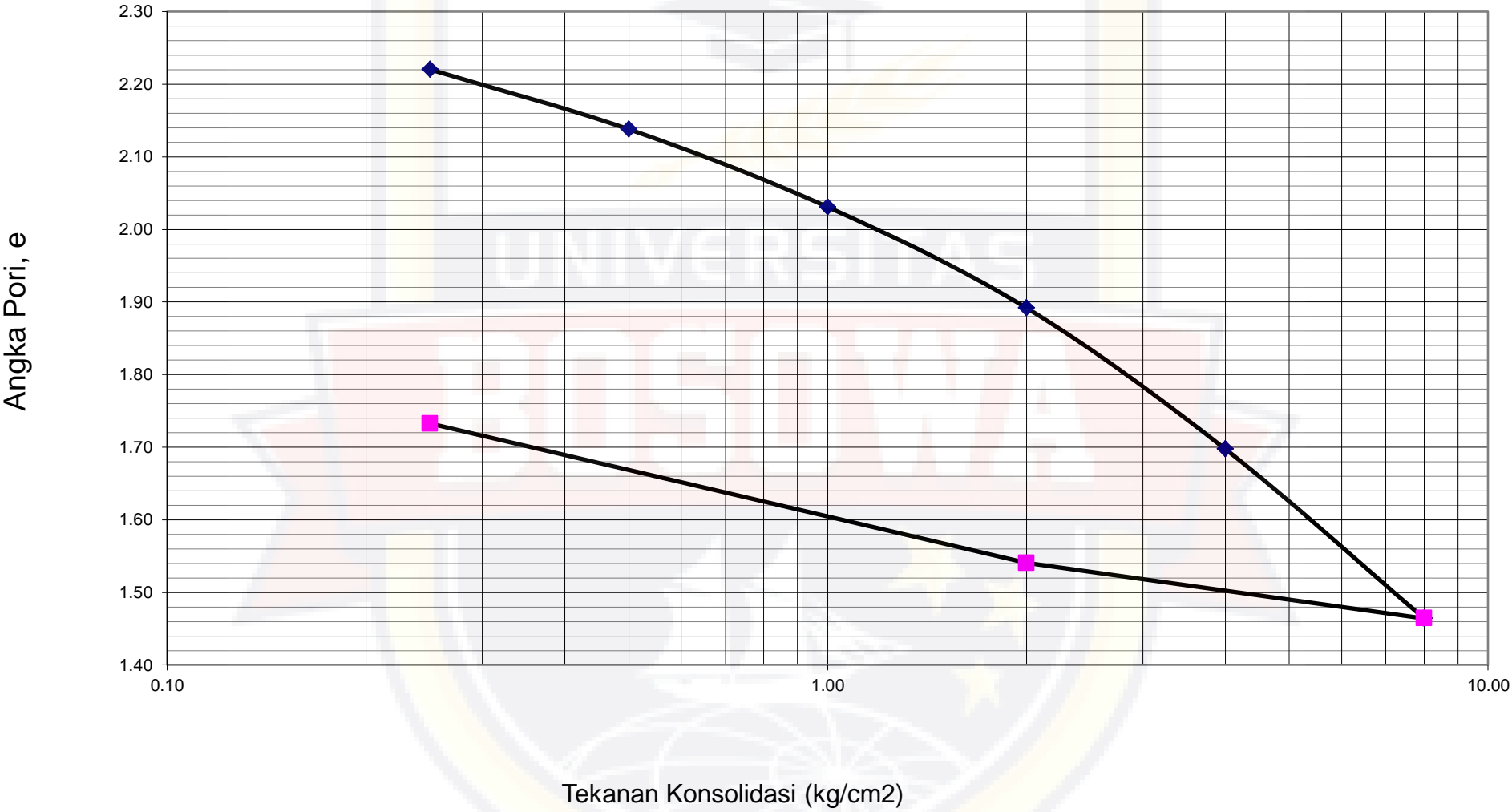
Diperiksa Oleh :

Hasrullah,ST
Asisten Lab

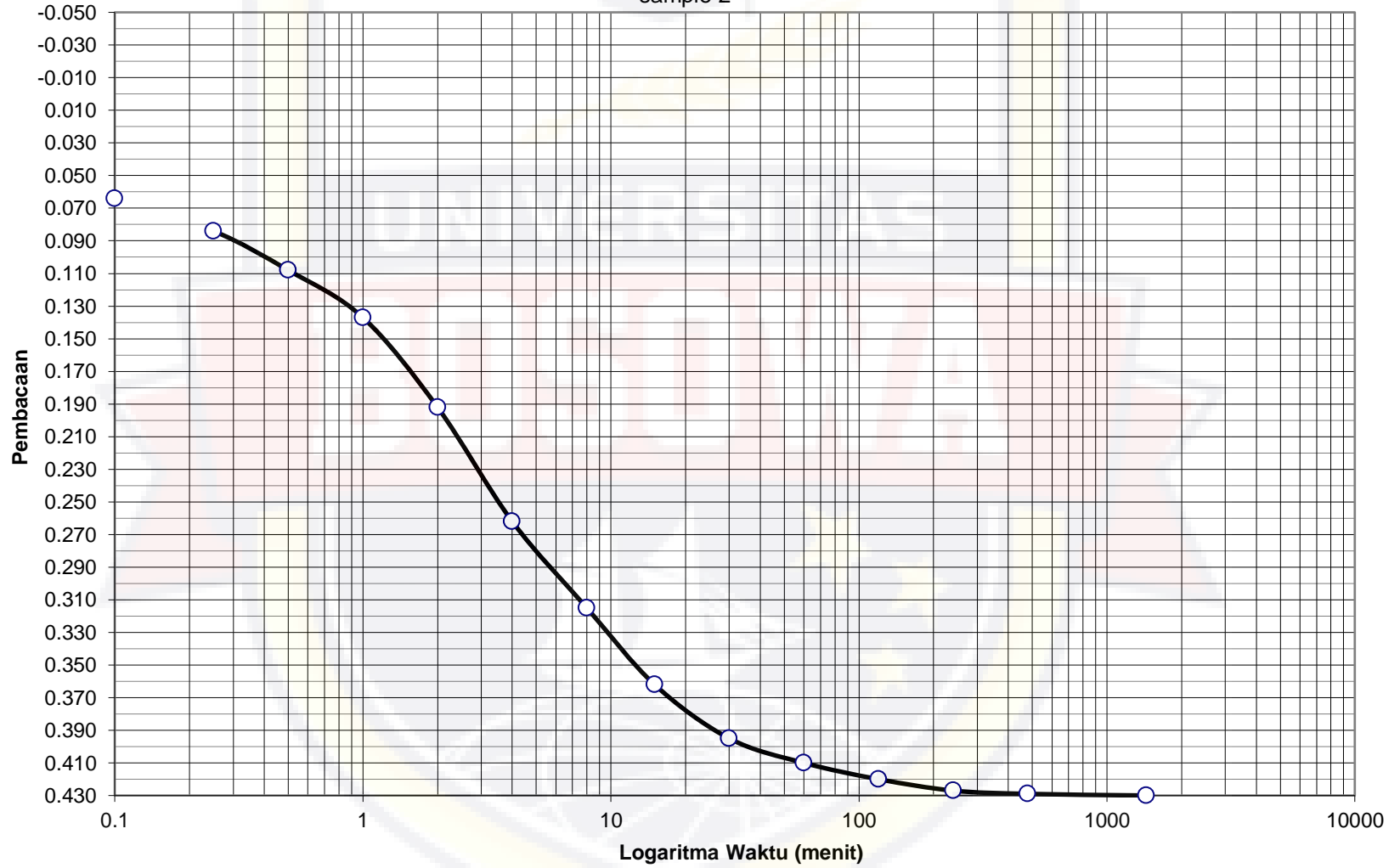
Makassar, 22 Februari 2019
Dibuat oleh :

Muhammad Aidul
Mahasiswa

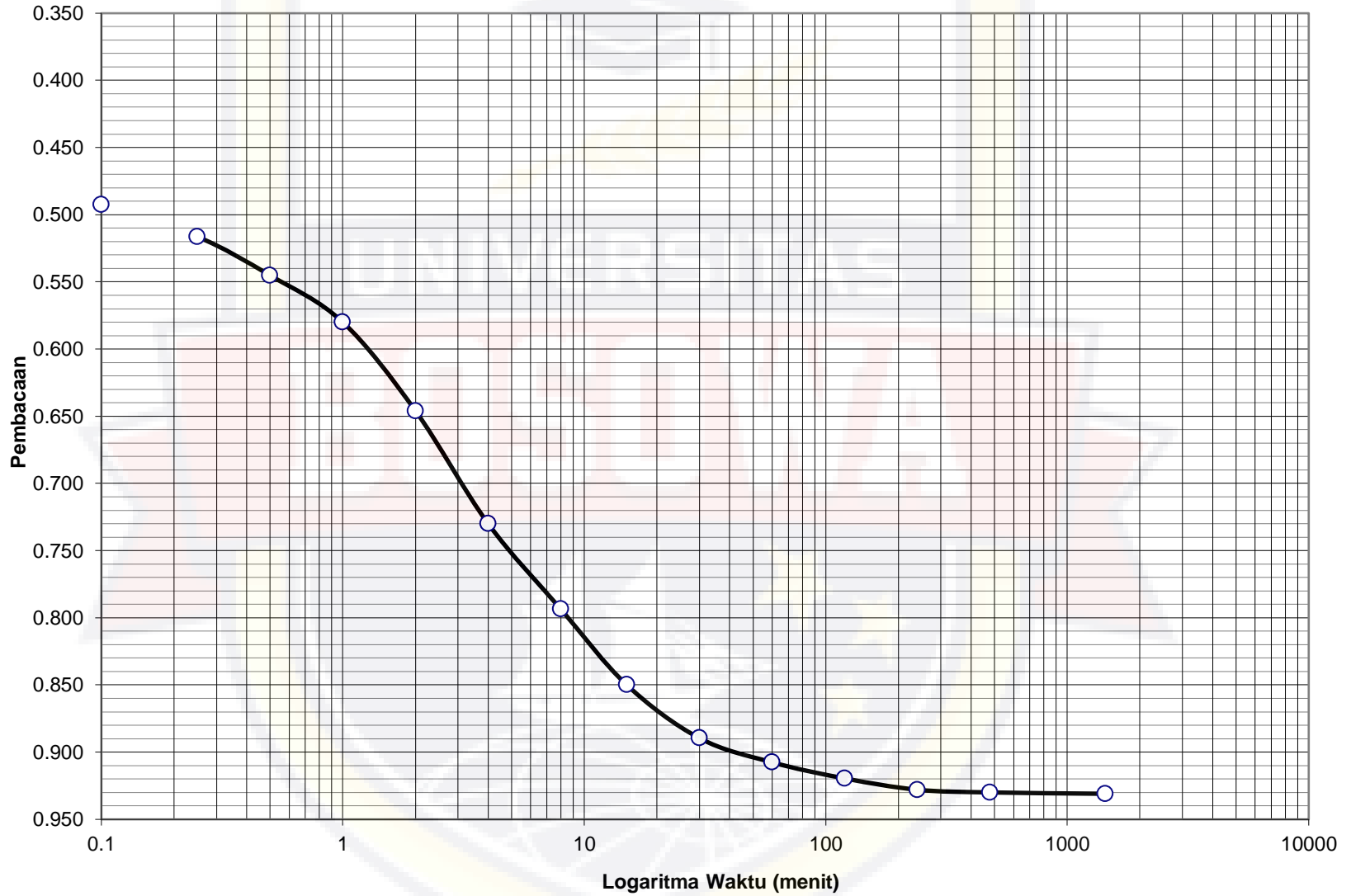
Grafik Hubungan antara Angka pori dengan Tekanan Konsolidasi
T.A 90% + F.A 10% sample 2



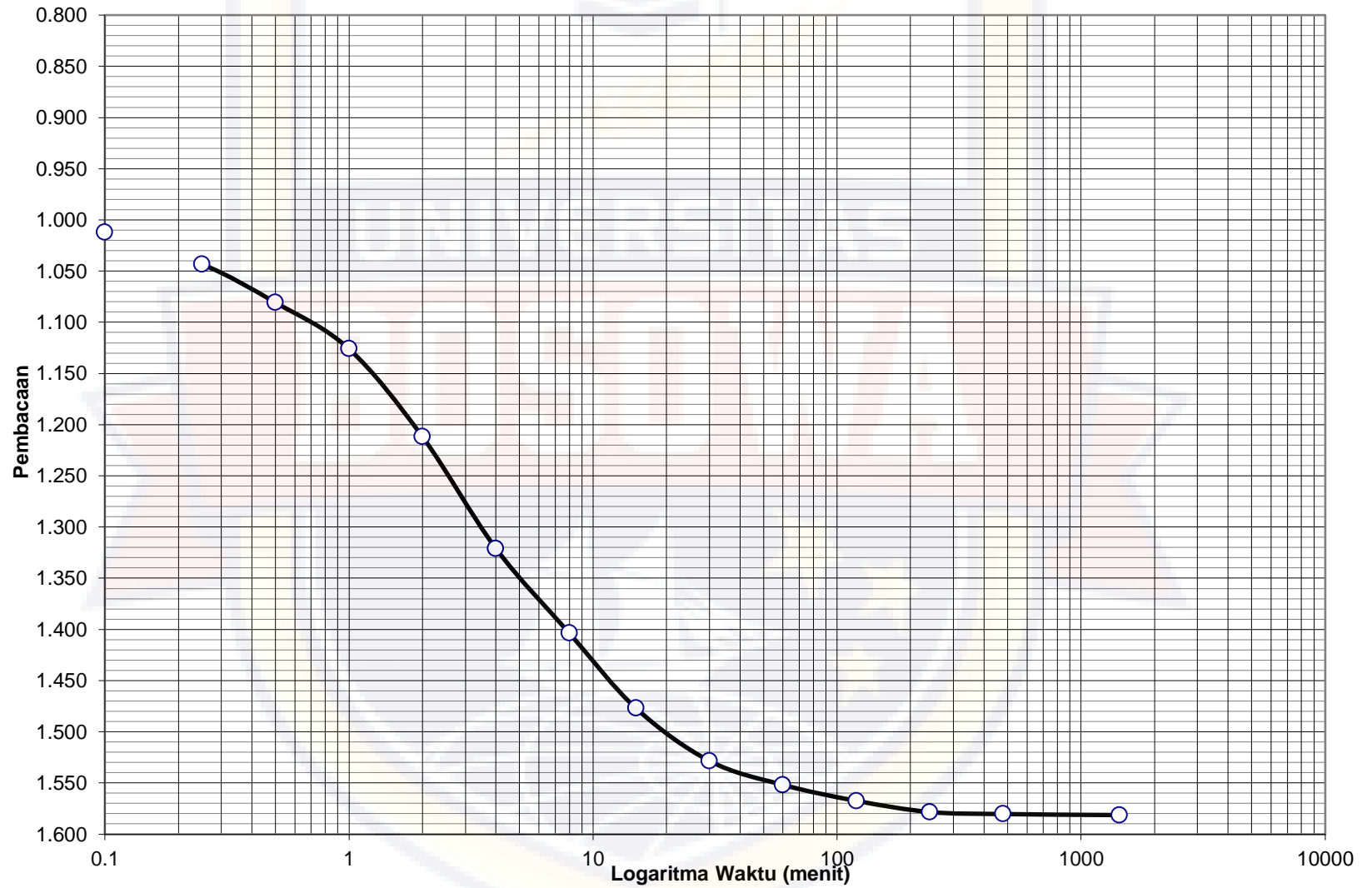
Casagrande Method's
Tekanan 0,25 kg/cm²
T.A 90% + F.A 10%
sample 2



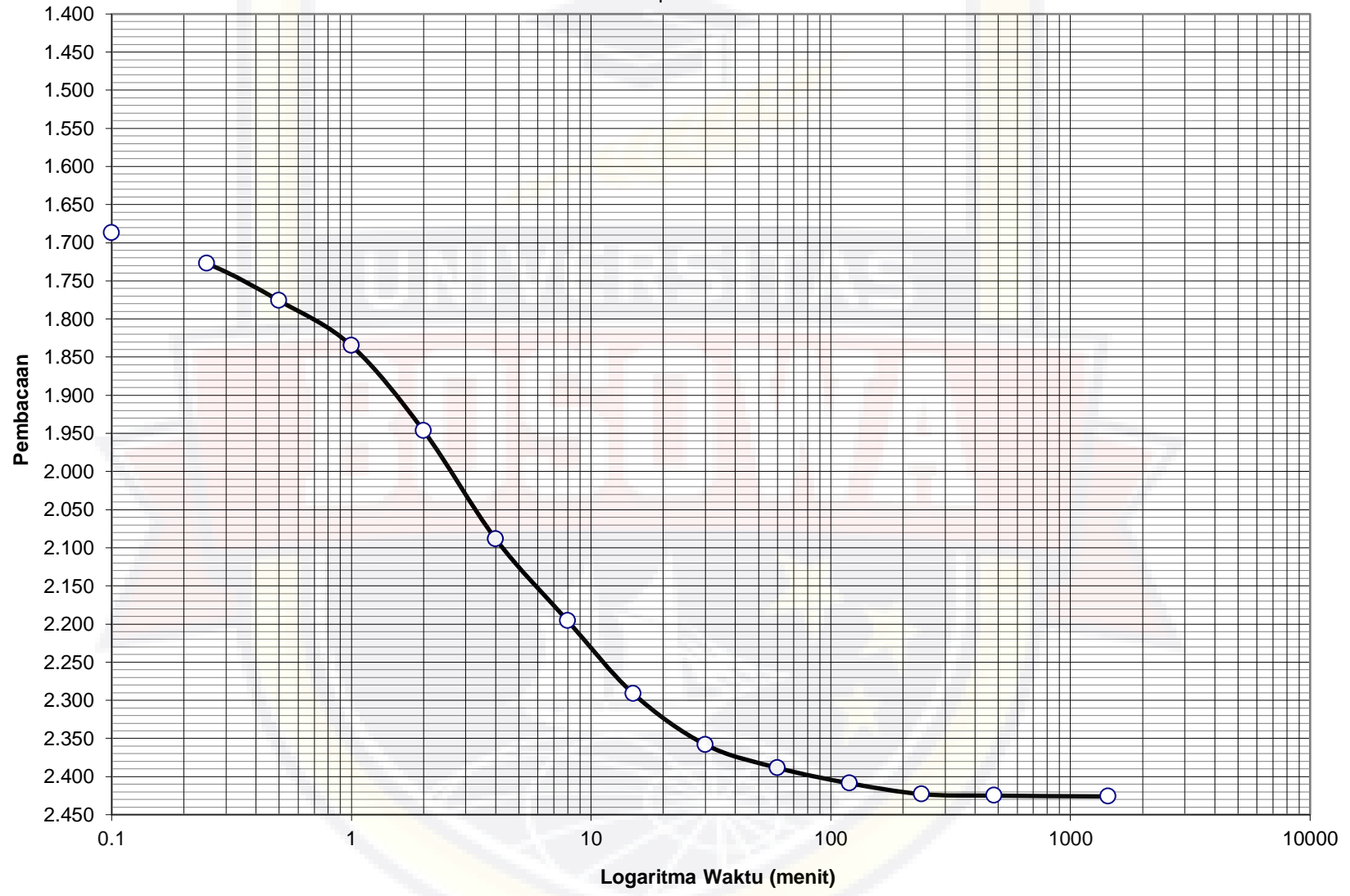
Casagrande Method's
Tekanan 0,5 kg/cm²
T.A 90% + F.A 10%
sample 2



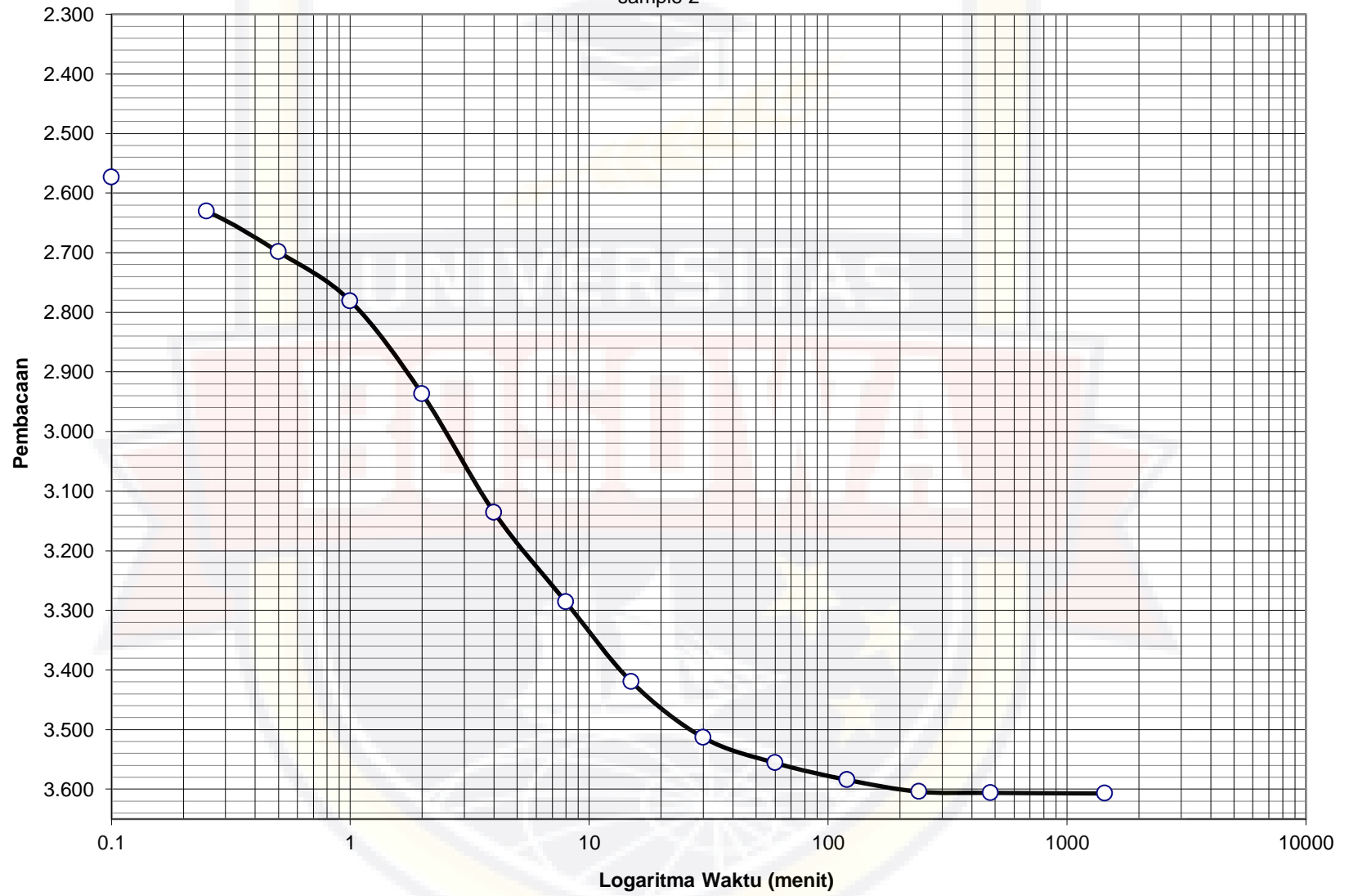
Casagrande Method's
Tekanan 1 kg/cm²
T.A 90% + F.A 10%
sample 2



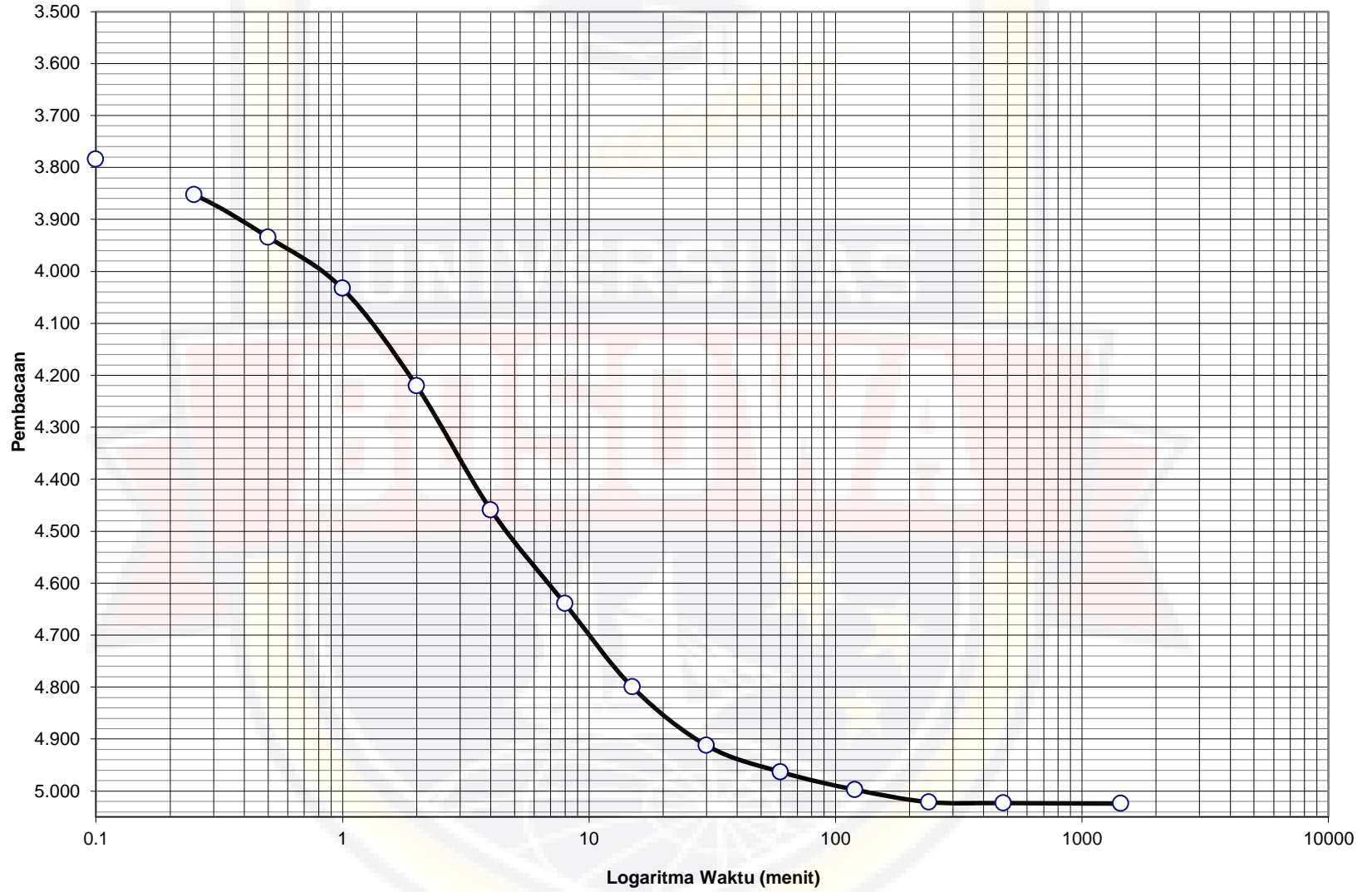
Casagrande Method's
Tekanan 2 kg/cm²
T.A 90% + F.A 10%
sample 2



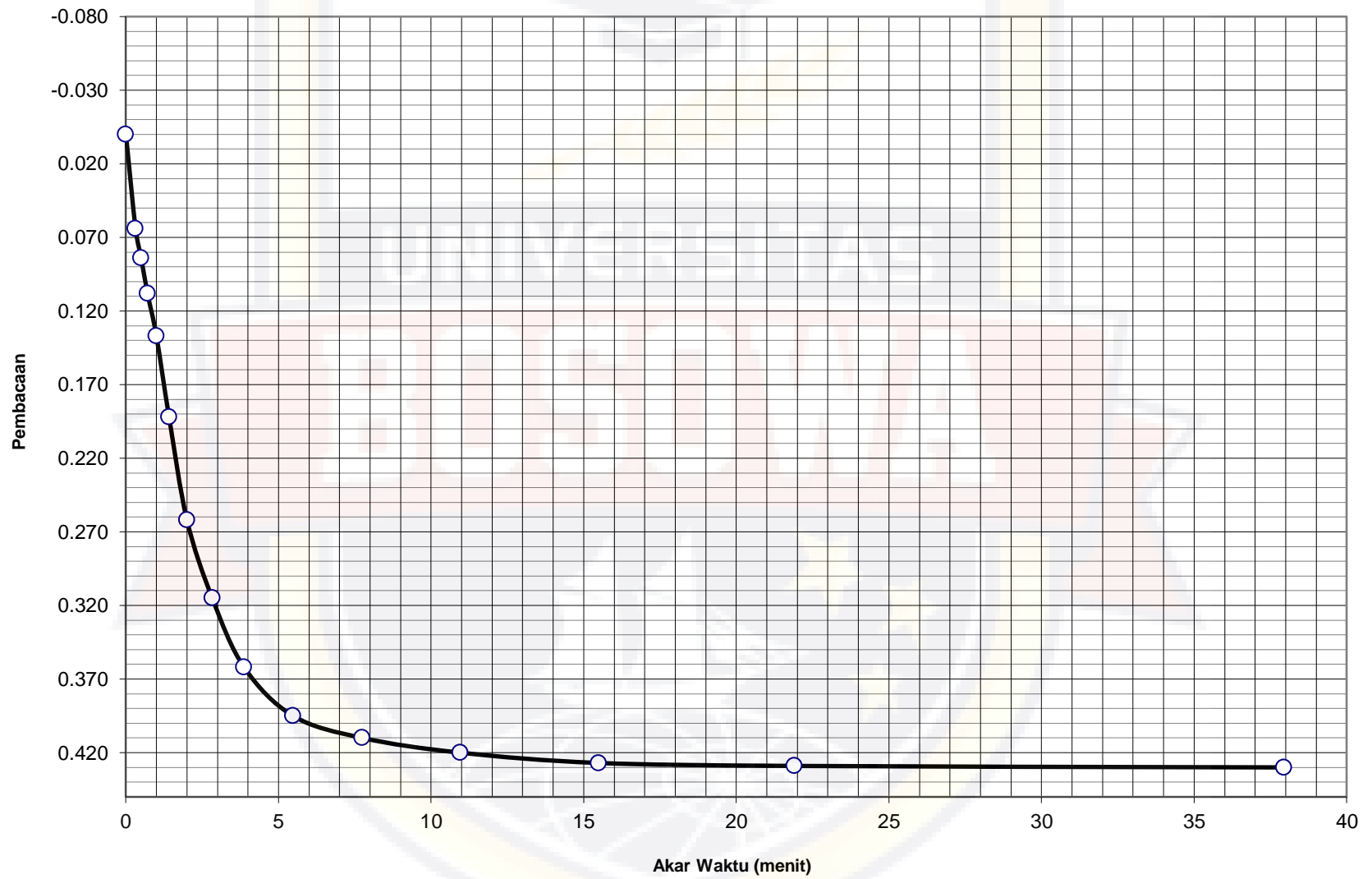
Casagrande Method's
Tekanan 4 kg/cm²
T.A 90% + F.A 10%
sample 2



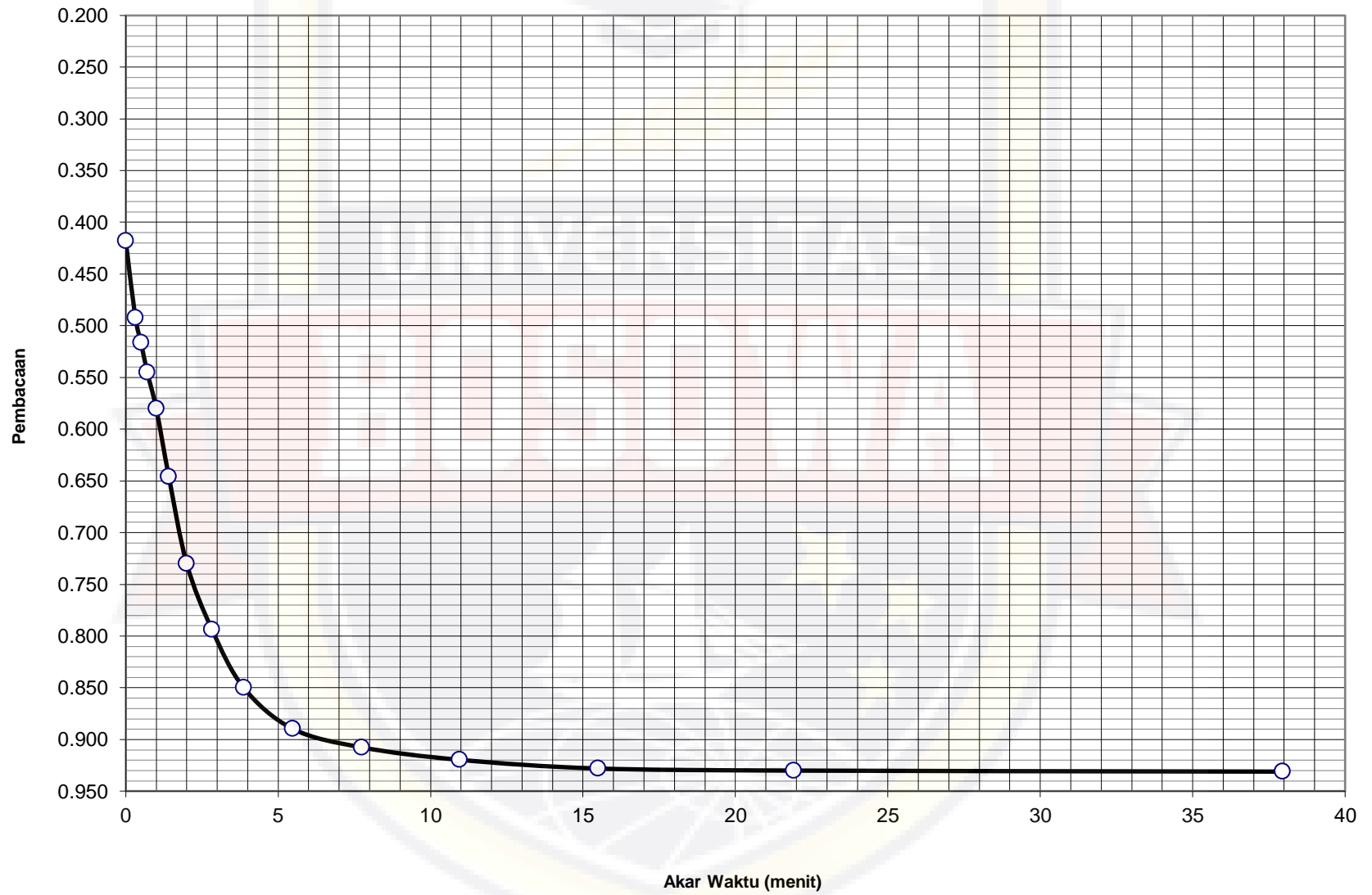
Casagrande Method's
Tekanan 8 kg/cm²
T.A 90% + F.A 10%
sample 2



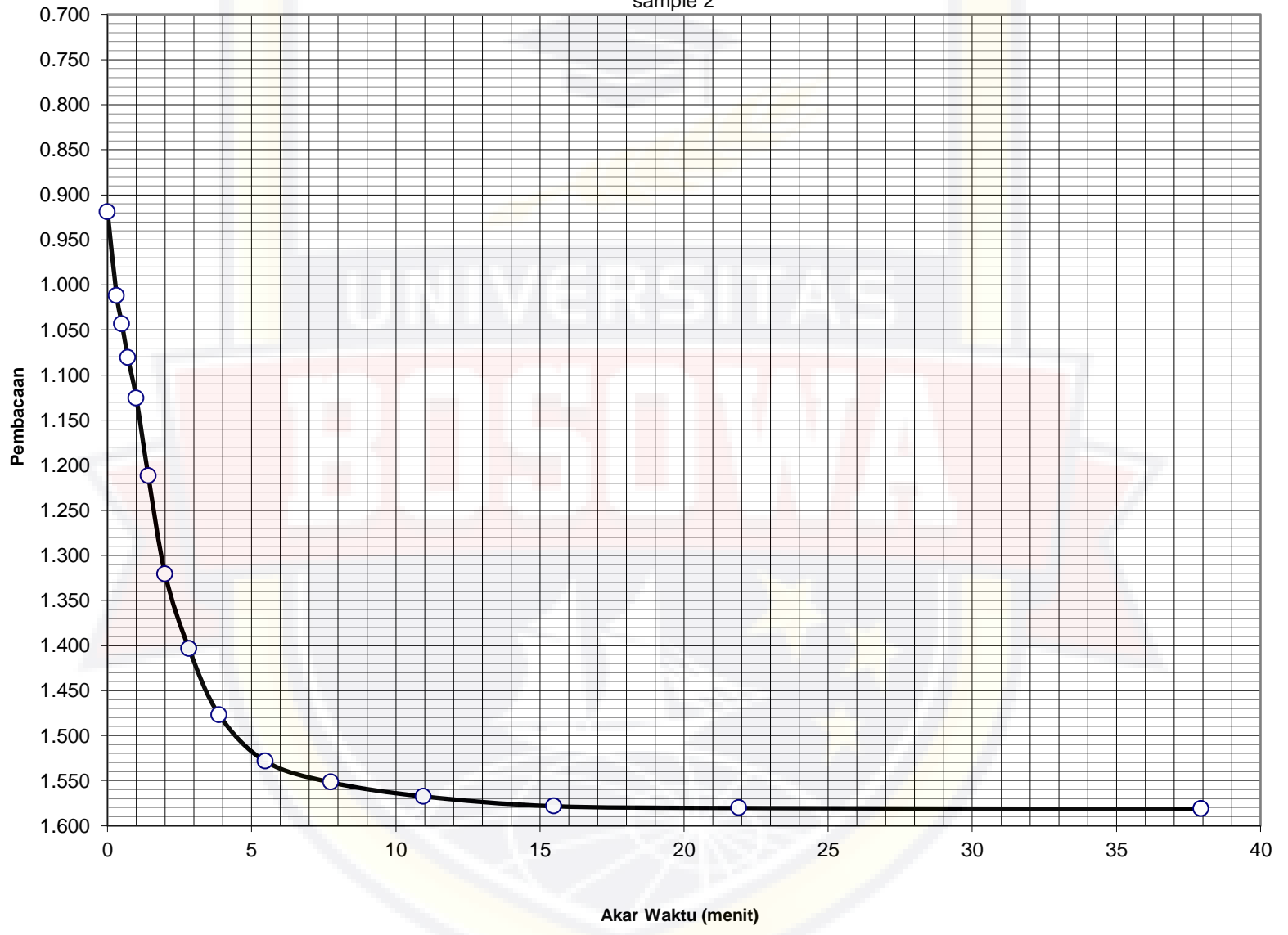
Taylor's Method
Tekanan 0,25 kg/cm²
T.A 90% + F.A 10%
sample 2



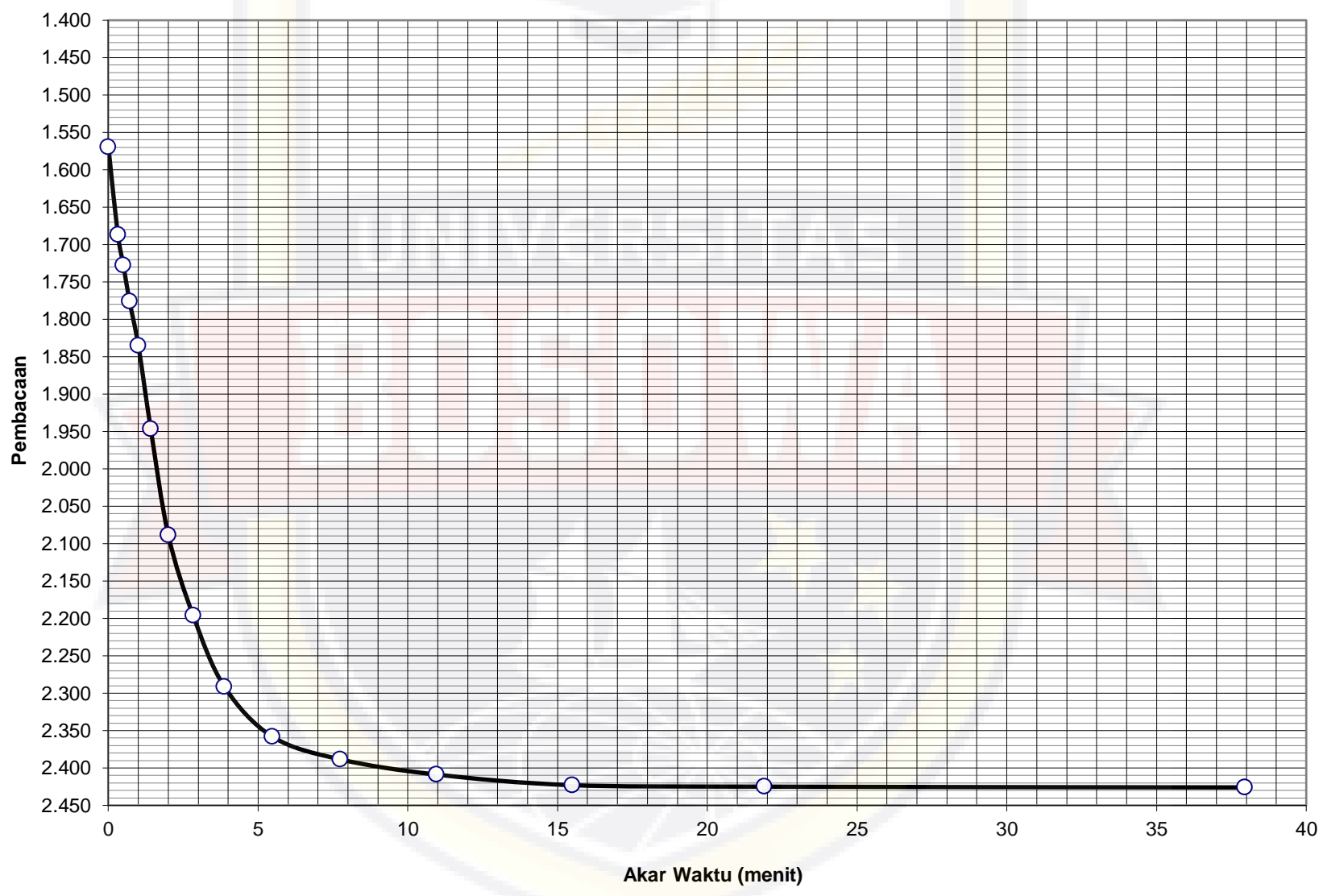
Taylor's Method
Tekanan 0,5 kg/cm²
T.A 90% + F.A 10%
sample 2



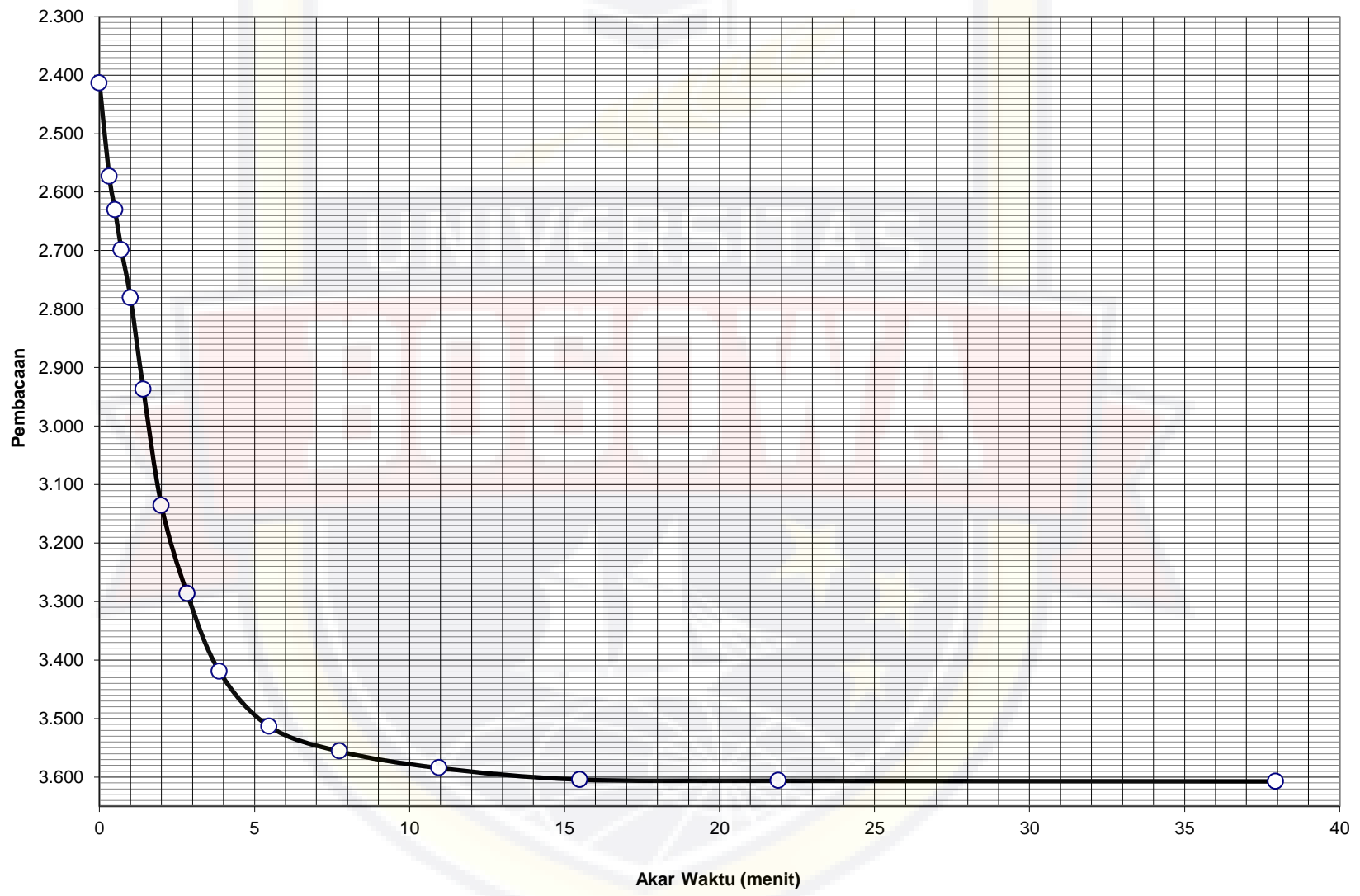
Taylor's Method
Tekanan 1 kg/cm²
T.A 90% + F.A 10%
sample 2



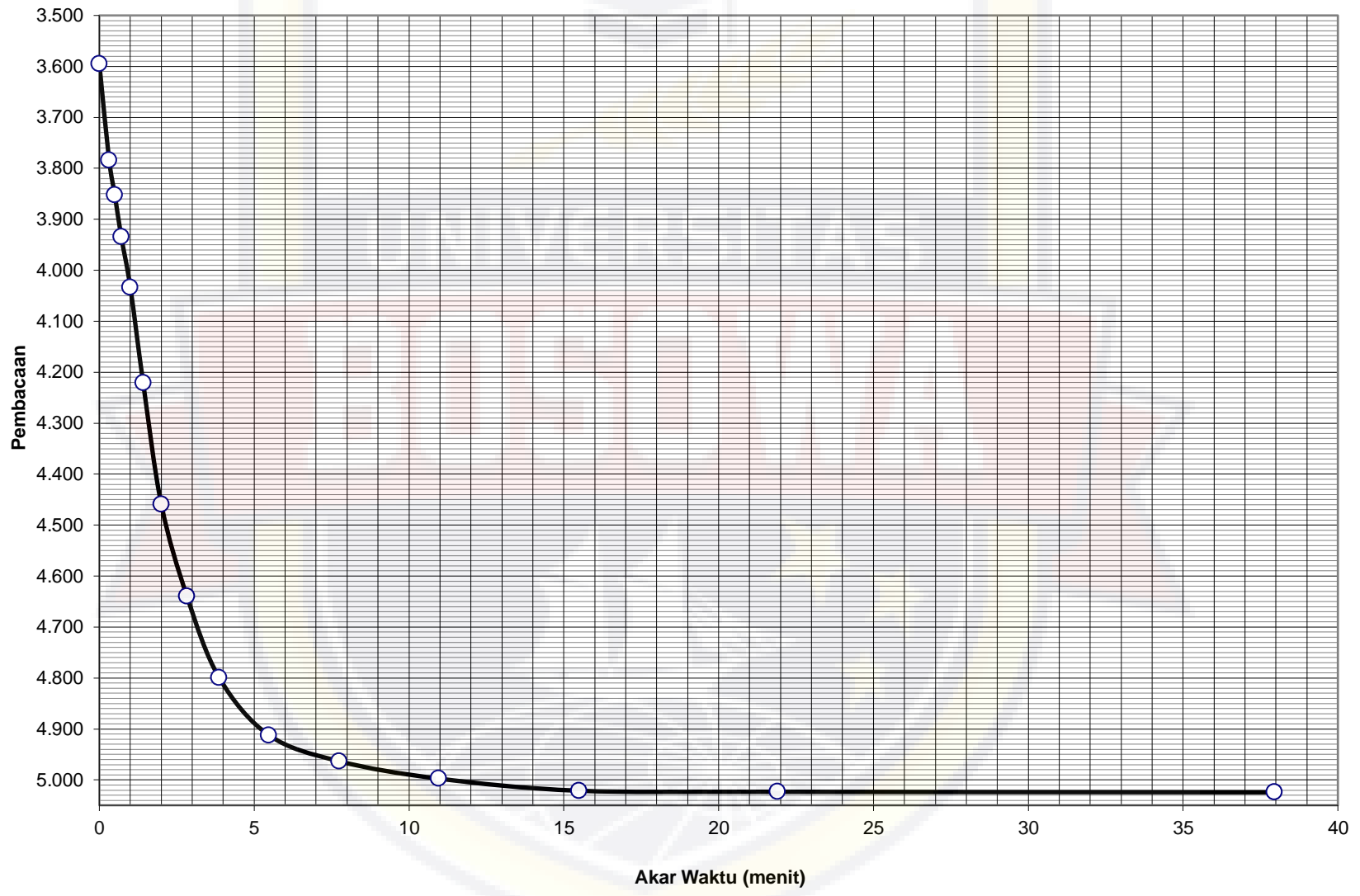
Taylor's Method
Tekanan 2 kg/cm²
T.A 90% + F.A 10%
sample 2



Taylor's Method
Tekanan 4 kg/cm²
T.A 90% + F.A 10%
sample 2



Taylor's Method
Tekanan 8 kg/cm²
T.A 90% + F.A 10%
sample 2





Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir
Nama : Muhammad Aidul
Stambuk : 45 12 041 009
Judul : Analisa Nilai Konsolidasi Pada Tanah Lempung Lunak Yang Di Campur Dengan FLY ASH

PENGUJIAN KONSOLIDASI
(SNI 2812:2011)
T.A 80% + F.A 20% (Sample 1)

Berat Ring, W_1	:	63.1	gram
Berat Tanah Basah + Ring, W_2	:	168.5	gram
Berat Tanah Kering + Ring, W_3	:	153.2	gram
Volume Ring, V	:	66.33	cm ³
Kadar Air, $\omega = (W_2 - W_3) / (W_3 - W_1) \cdot 100\%$:	16.98	%
Berat Volume Tanah Basah, $\gamma_{wet} = (W_2 - W_1) / V$:	1.59	gram/cm ³
Berat Volume Tanah Kering, $\gamma_{dry} = \gamma_{wet} / (1 + \omega)$:	1.358	gram/cm ³

Beban (kg)	0.825	1.65	3.3	6.6	13.2	26.4	6.6	0.825
Tekanan (kg/cm ²)	0.25	0.5	1	2	4	8	2	0.25
0 detik	0.000	0.485	1.066	1.821	2.802	4.173	5.819	5.407
6 detik	0.050	0.547	1.151	1.935	2.966	4.373	5.754	5.244
15 detik	0.082	0.586	1.201	2.000	3.057	4.482	5.726	5.166
30 detik	0.120	0.631	1.260	2.077	3.165	4.611	5.694	5.074
1 menit	0.168	0.689	1.335	2.174	3.301	4.775	5.653	4.957
2 menit	0.235	0.769	1.440	2.310	3.491	5.003	5.596	4.794
4 menit	0.312	0.862	1.560	2.466	3.710	5.265	5.531	4.607
8 menit	0.363	0.923	1.639	2.570	3.855	5.439	5.487	4.483
15 menit	0.397	0.964	1.692	2.639	3.951	5.555	5.458	4.400
30 menit	0.426	0.999	1.738	2.698	4.033	5.654	5.433	4.329
1 jam	0.446	1.023	1.769	2.738	4.090	5.722	5.416	4.281
2 jam	0.461	1.041	1.792	2.769	4.133	5.773	5.404	4.244
4 jam	0.470	1.051	1.806	2.787	4.158	5.804	5.396	4.222
8 jam	0.472	1.053	1.808	2.789	4.160	5.806	5.395	4.221
24 jam	0.473	1.054	1.809	2.790	4.161	5.807	5.395	4.220

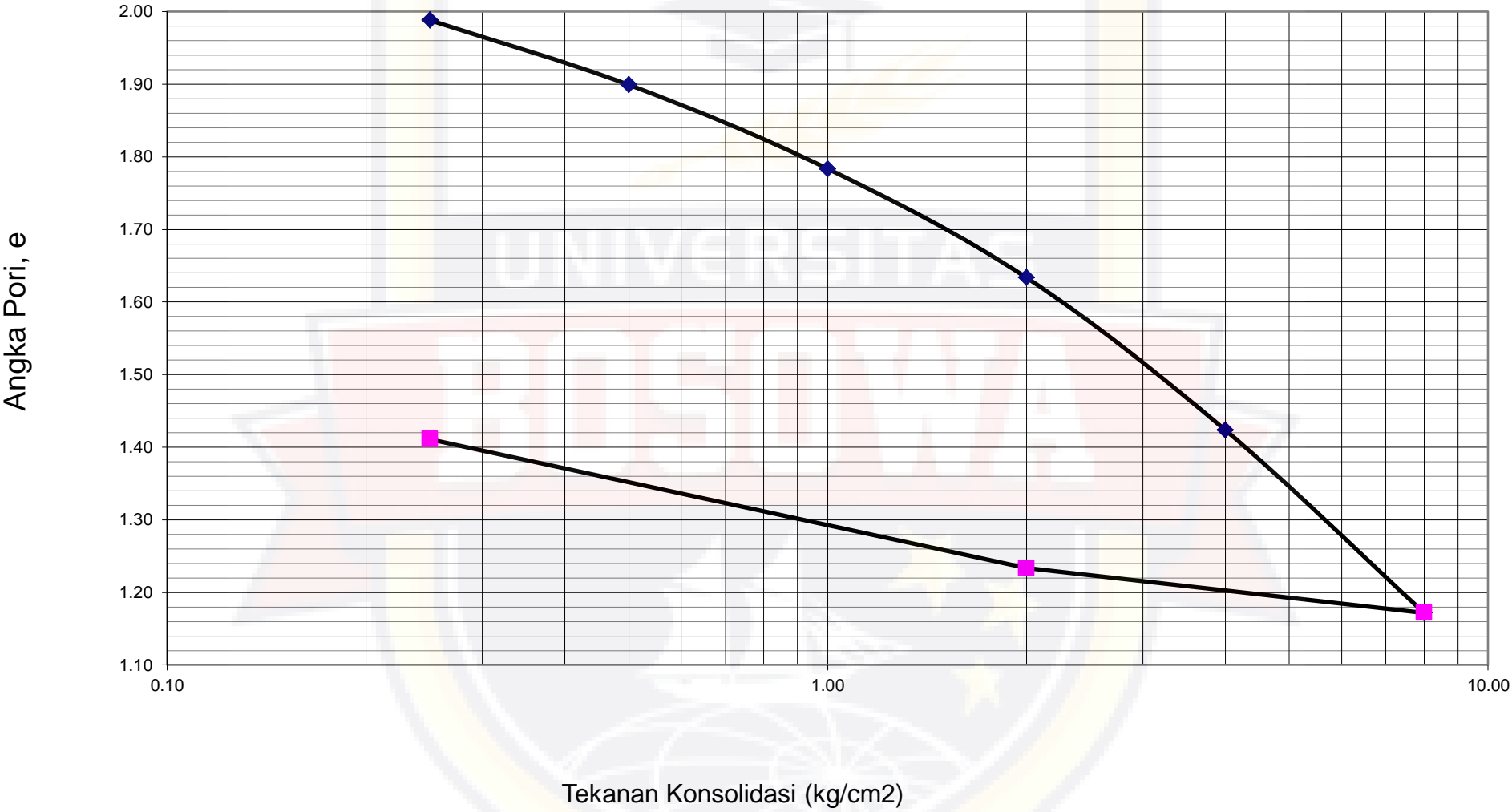
Diperiksa Oleh :

Makassar, 22 Februari 2019
Dibuat oleh :

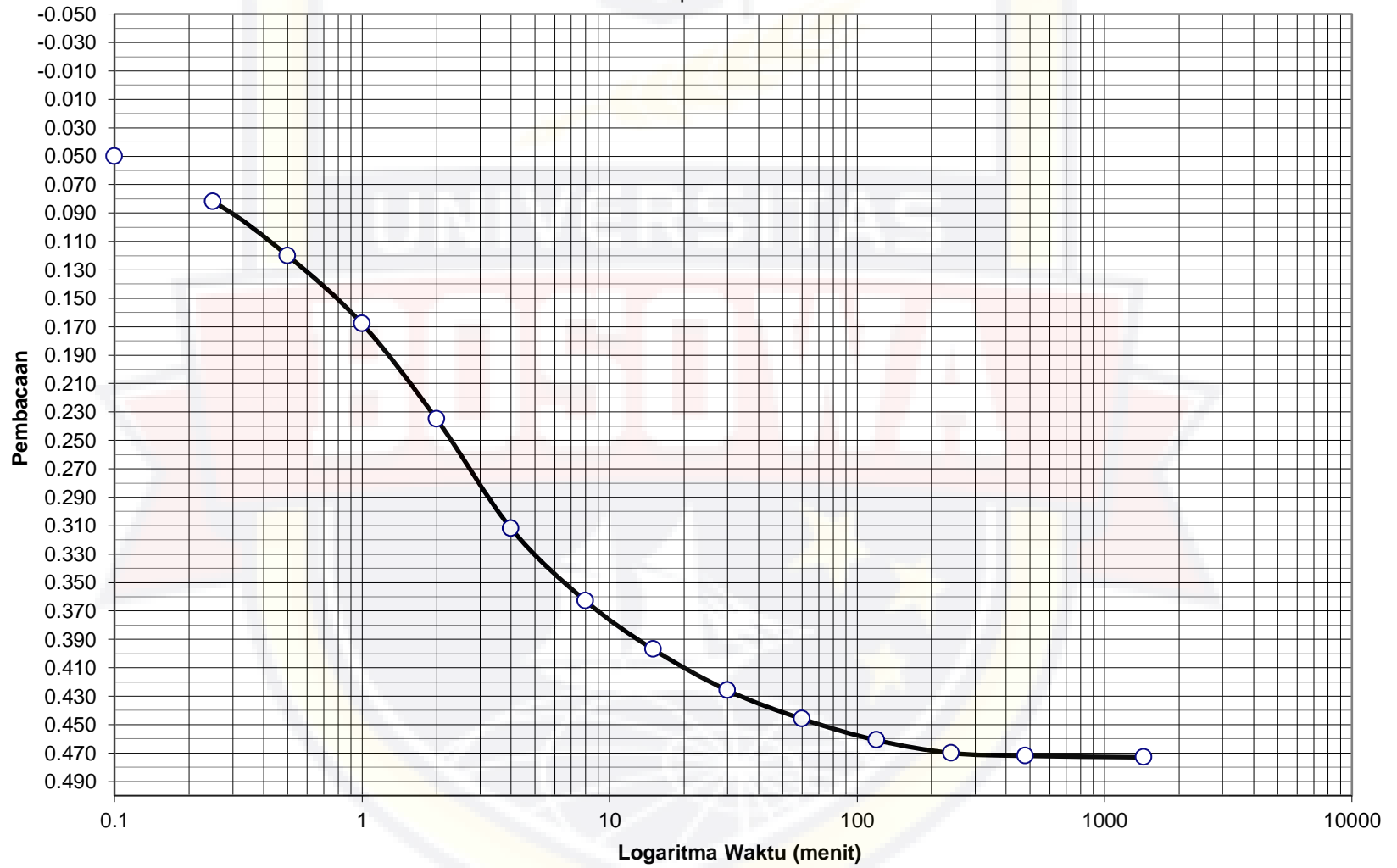
Hasrullah,ST
Asisten Lab

Muhammad Aidul
Mahasiswa

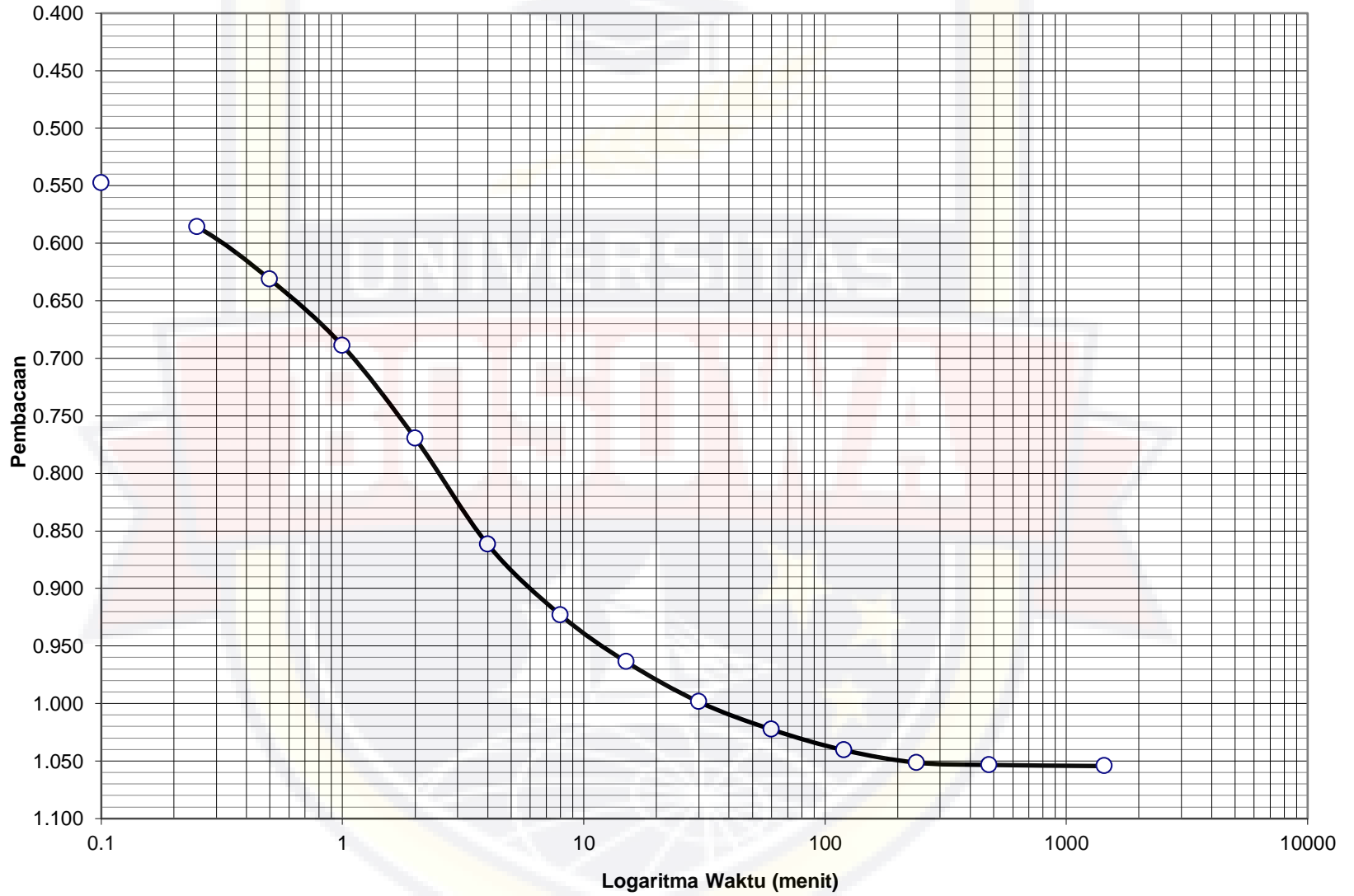
Grafik Hubungan antara Angka pori dengan Tekanan Konsolidasi
T.A 80% + F.A 20% sample 1



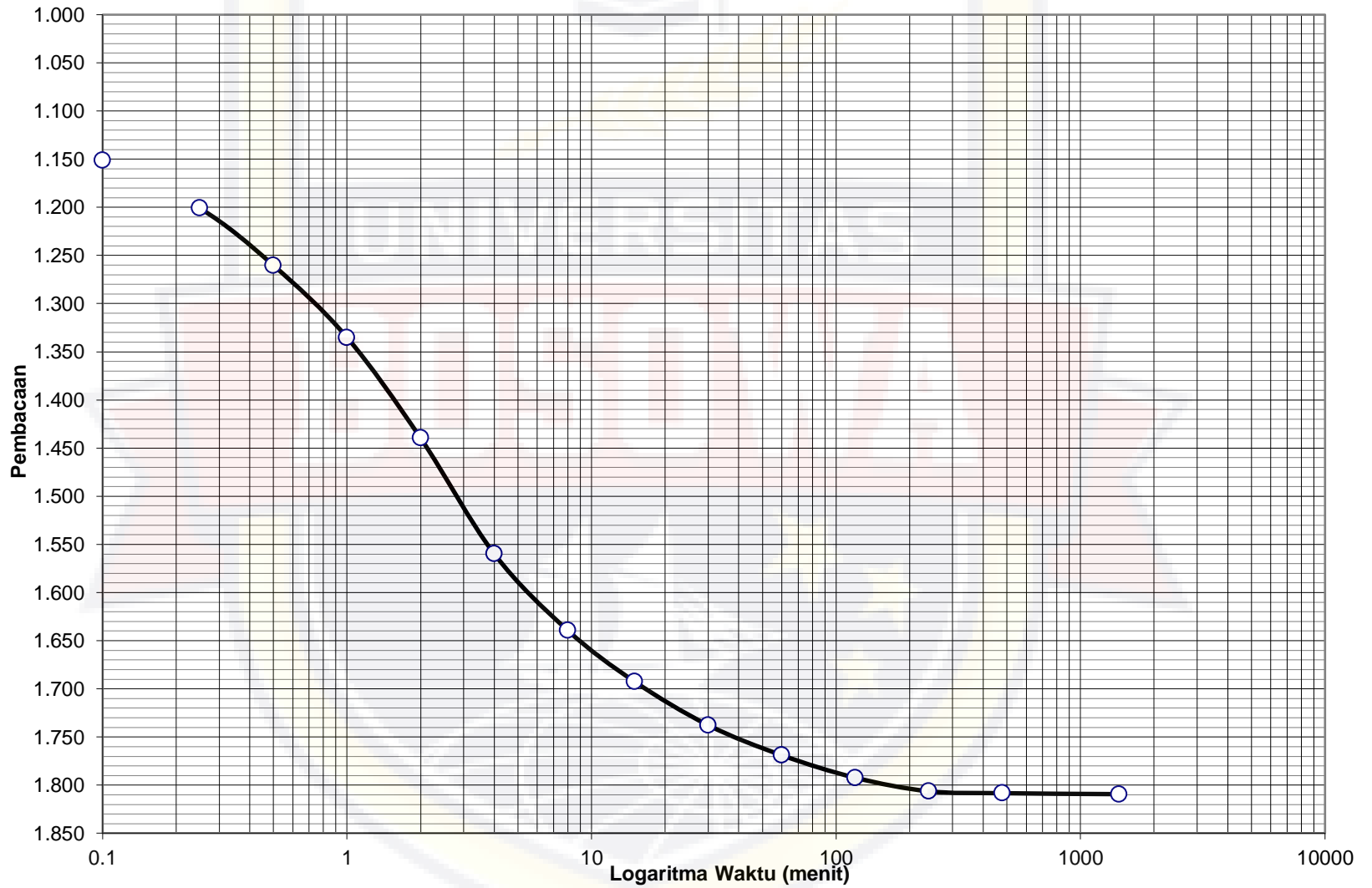
Casagrande Method's
Tekanan 0,25 kg/cm²
T.A 80% + F.A 20%
sample 1



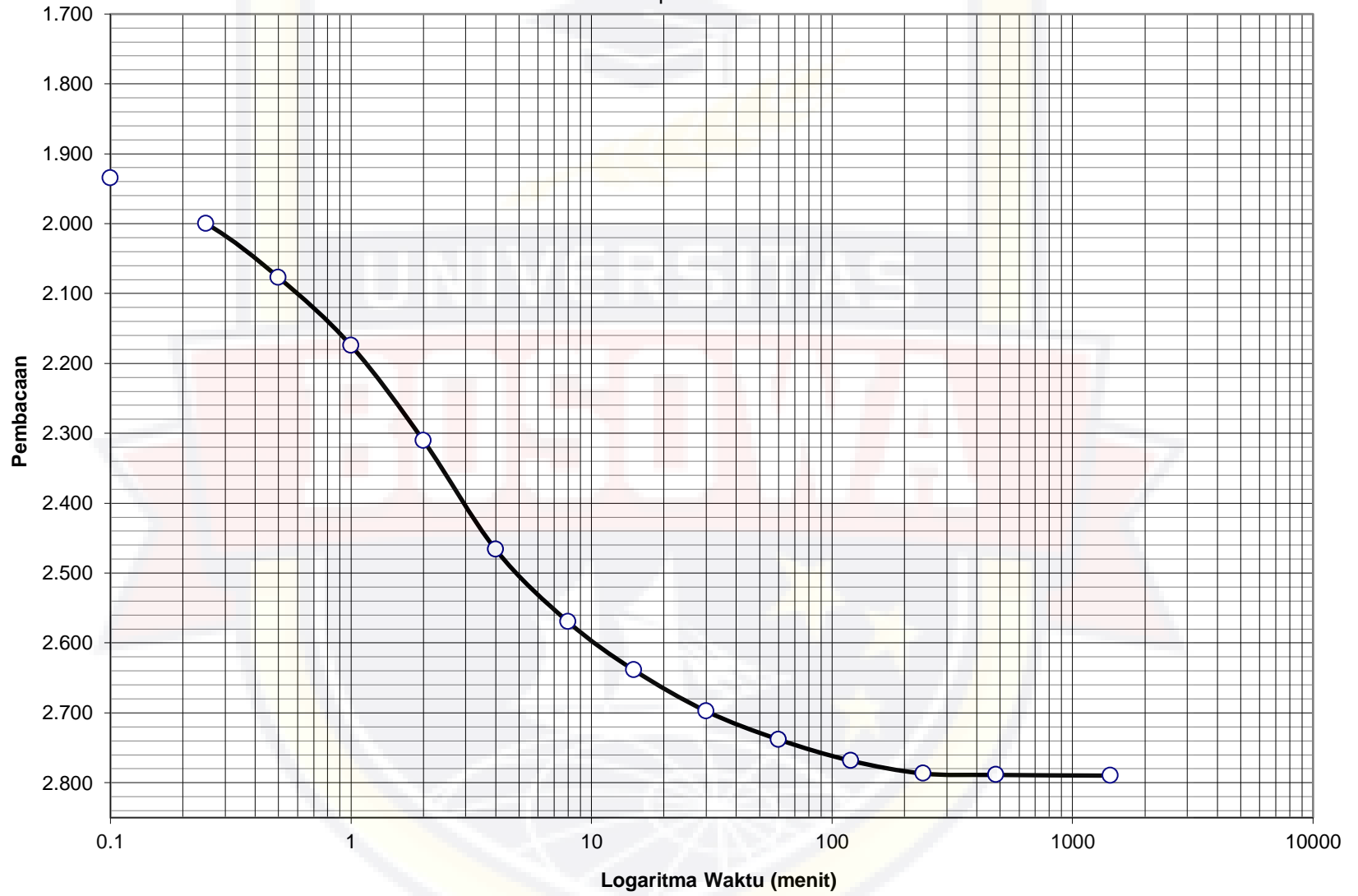
Casagrande Method's
Tekanan 0,5 kg/cm²
T.A 80% + F.A 20%
sample 1



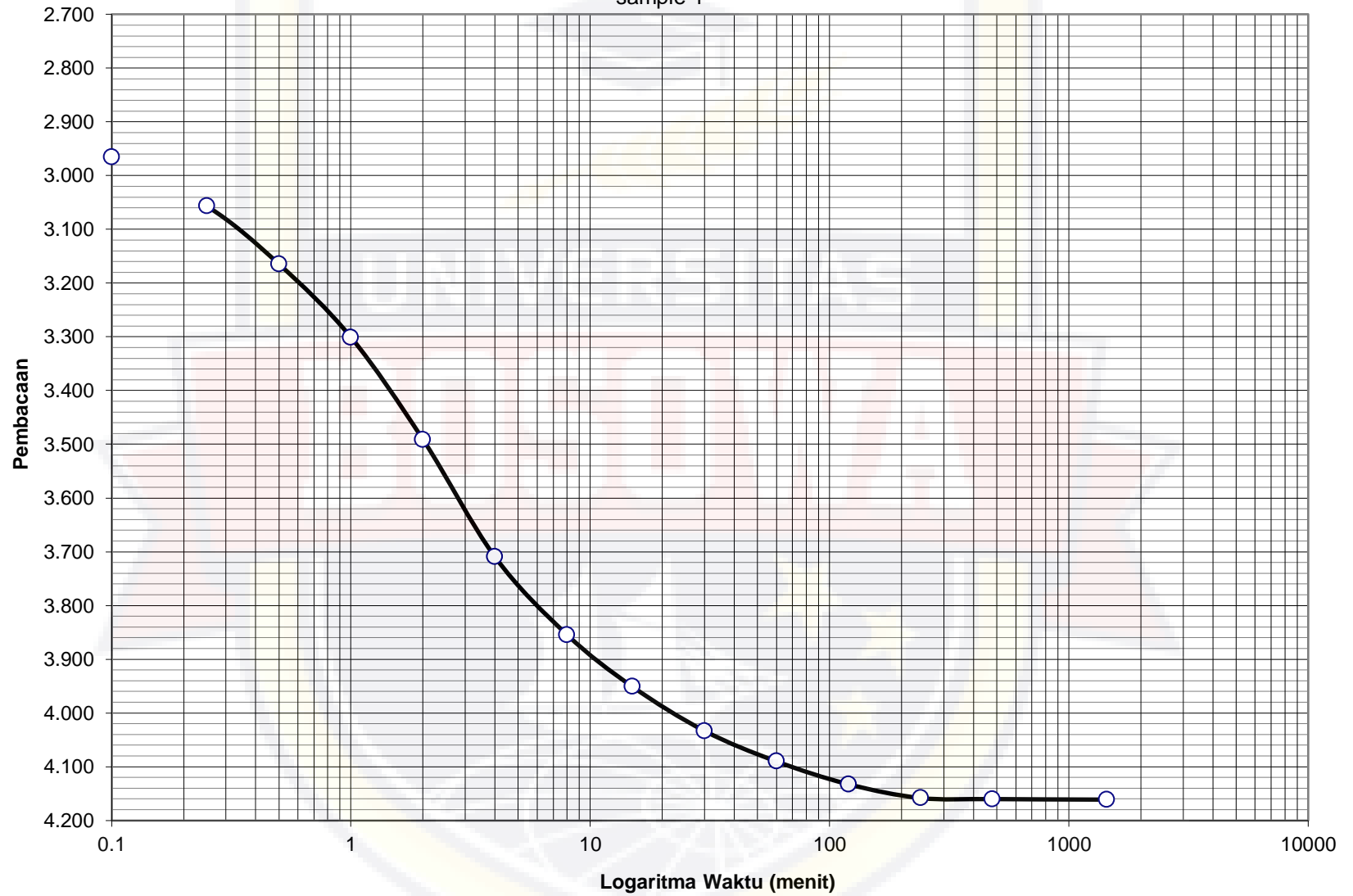
Casagrande Method's
Tekanan 1 kg/cm²
T.A 80% + F.A 20%
sample 1



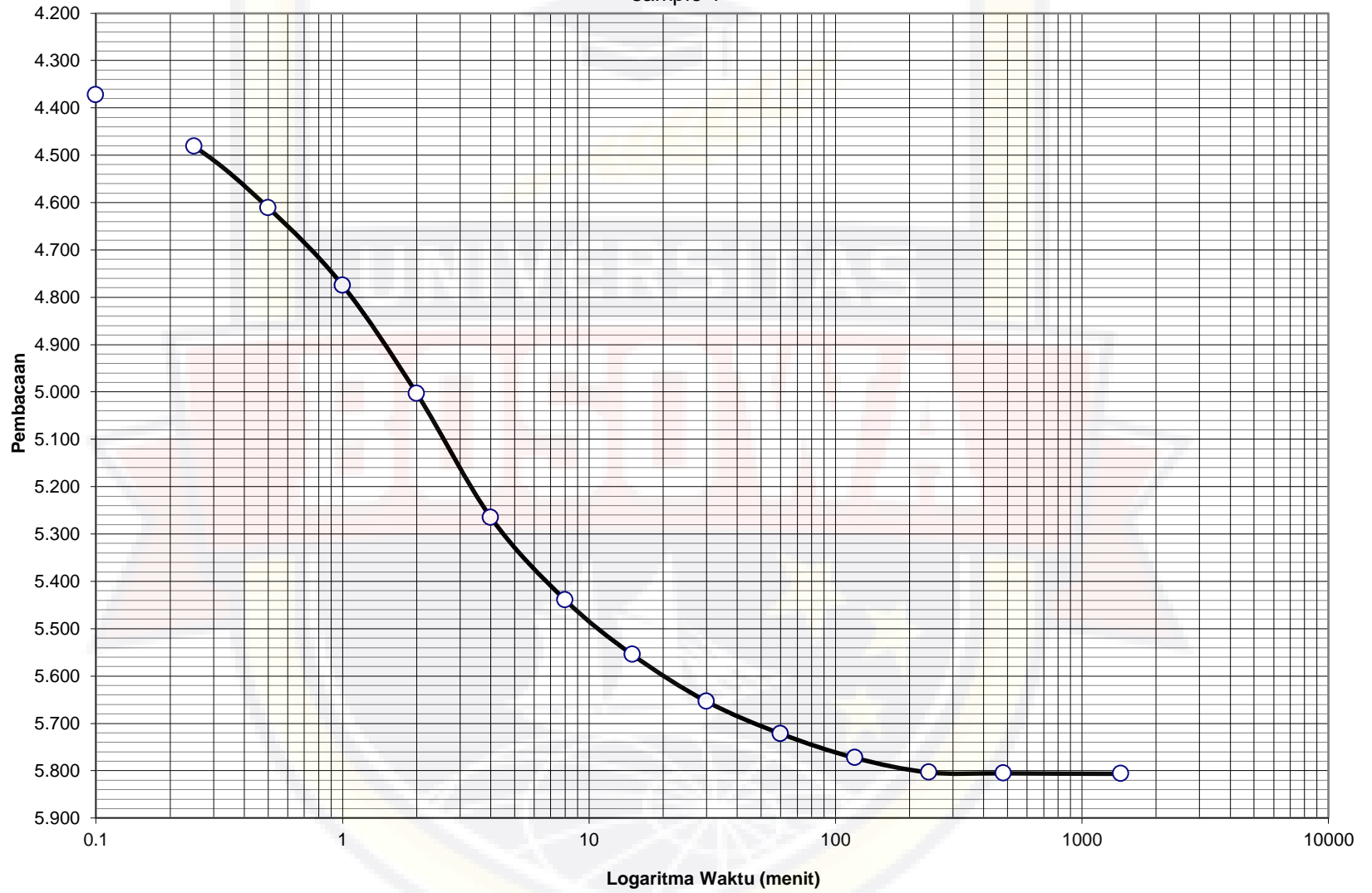
Casagrande Method's
Tekanan 2 kg/cm²
T.A 80% + F.A 20%
sample 1



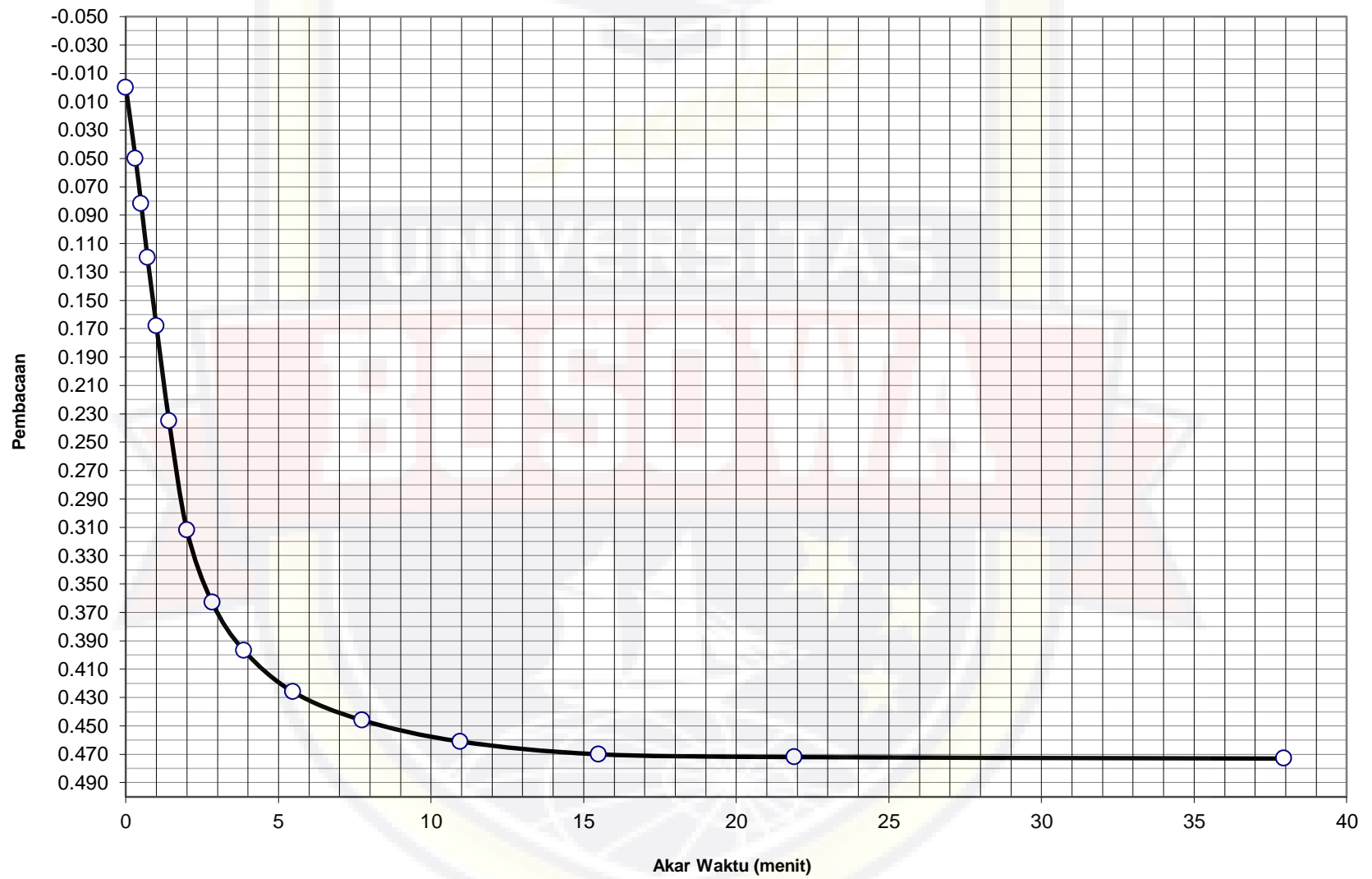
Casagrande Method's
Tekanan 4 kg/cm²
T.A 80% + F.A 20%
sample 1



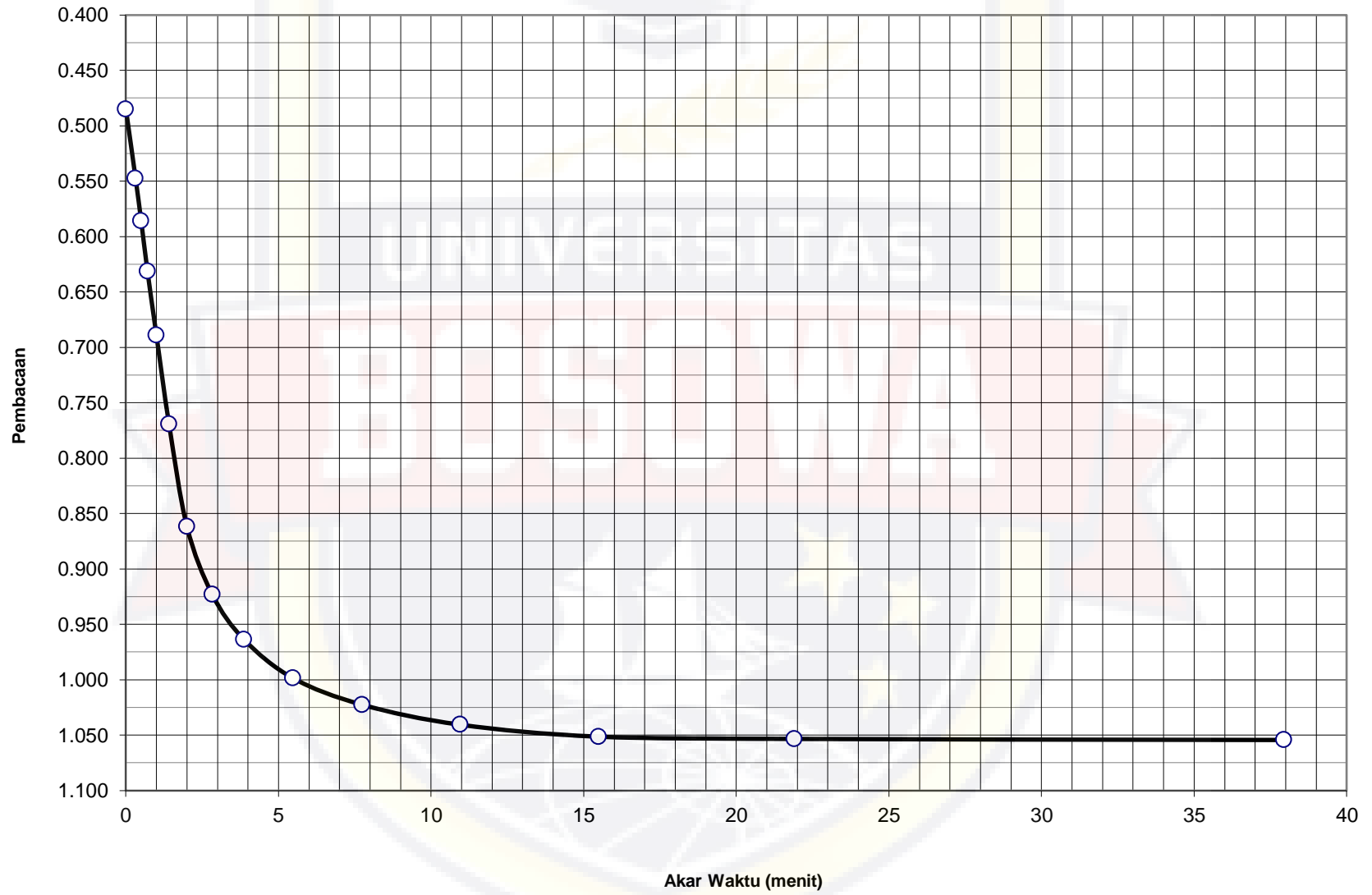
Casagrande Method's
Tekanan 8 kg/cm²
T.A 80% + F.A 20%
sample 1



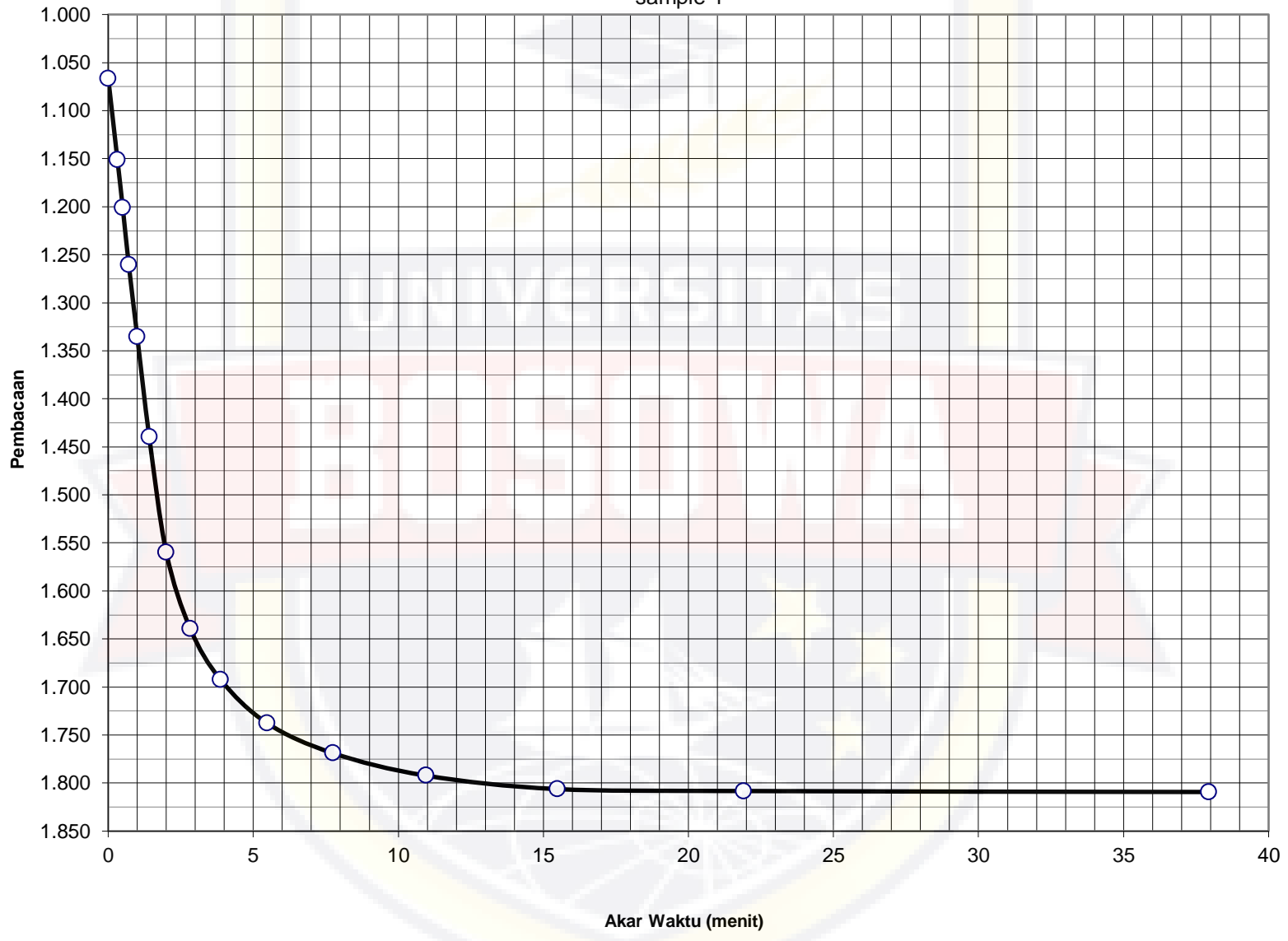
Taylor's Method
Tekanan 0,25 kg/cm²
T.A 80% + F.A 20%
sample 1



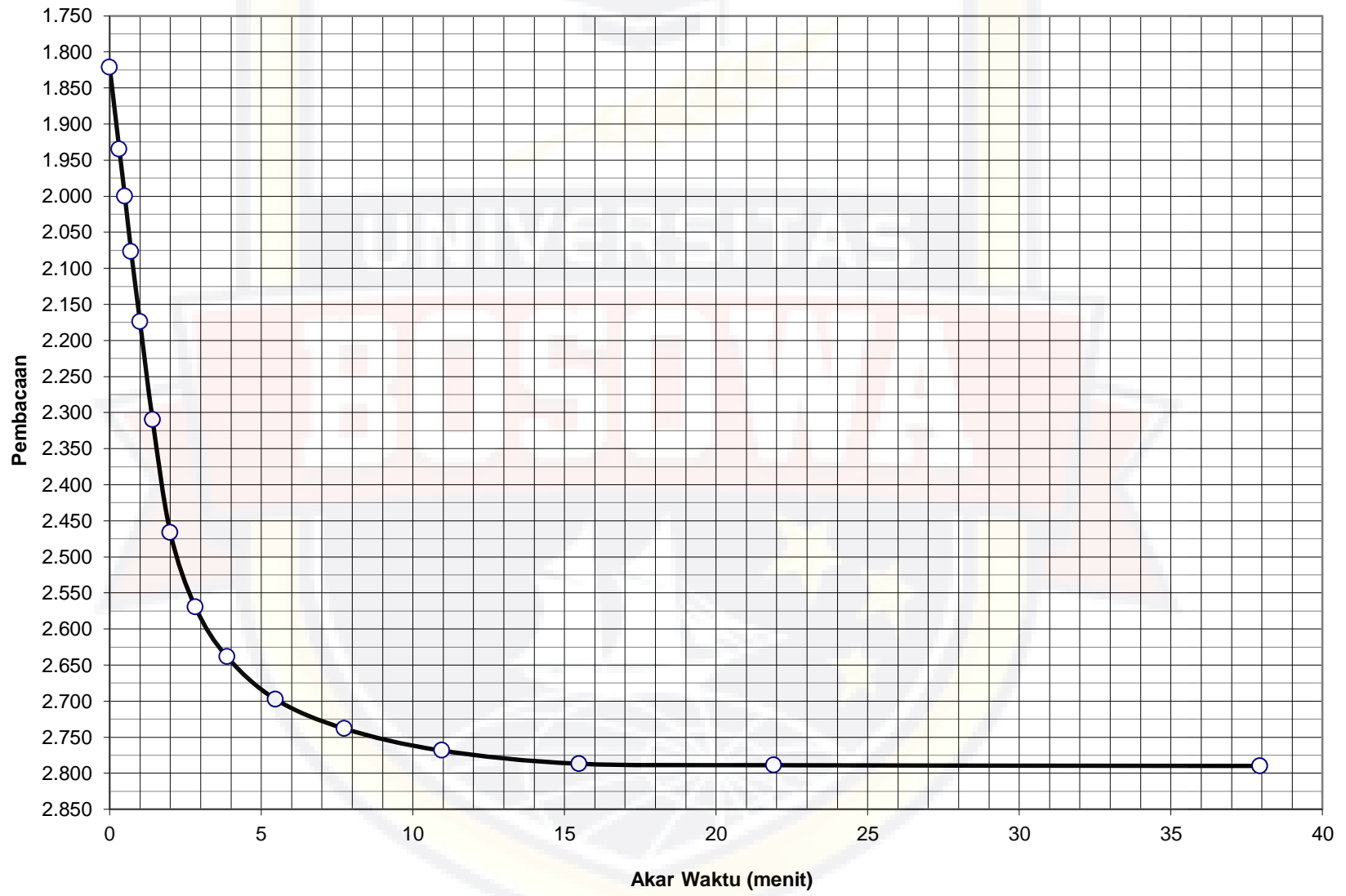
Taylor's Method
Tekanan 0,5 kg/cm²
T.A 80% + F.A 20%
sample 1



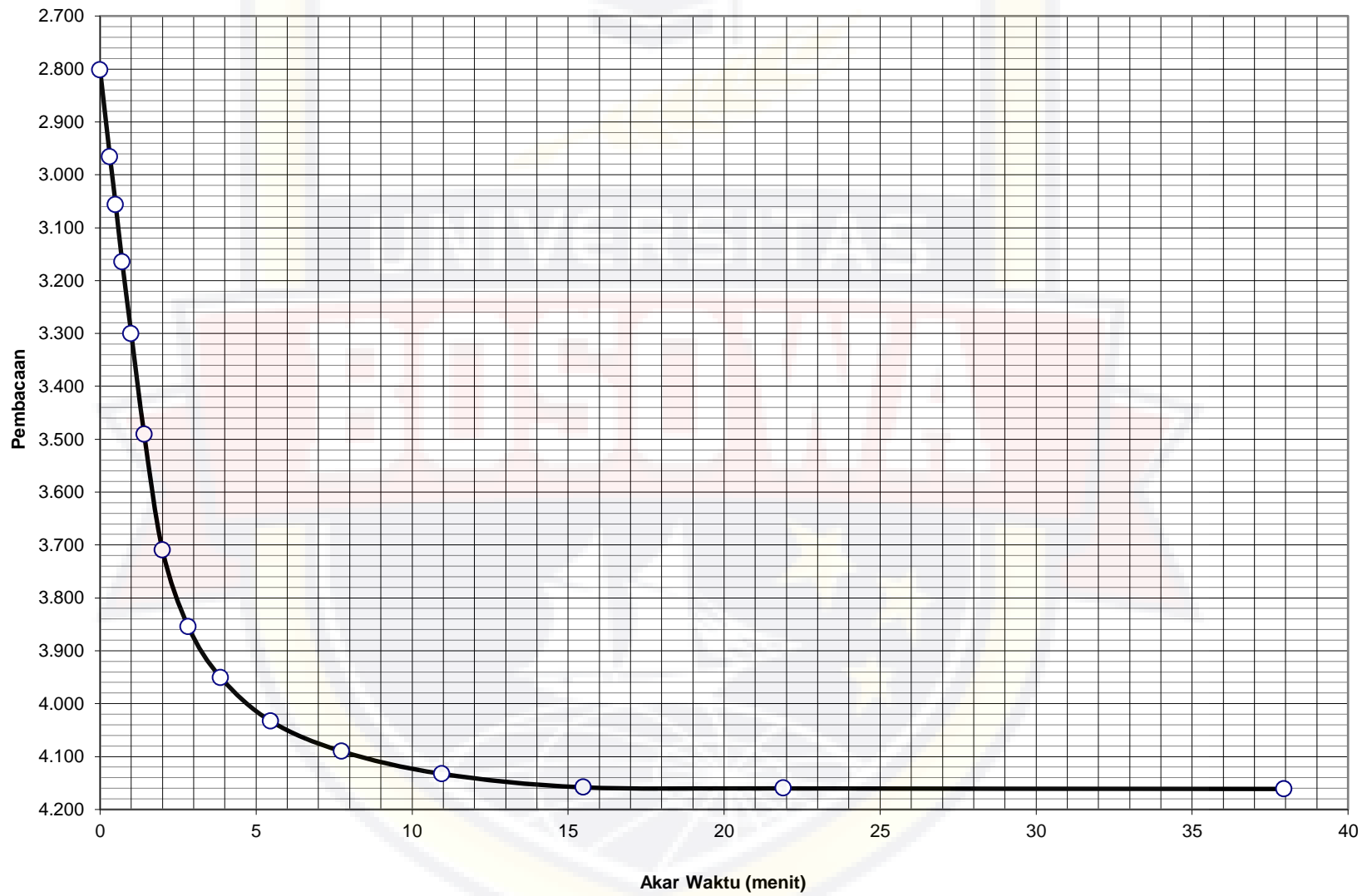
Taylor's Method
Tekanan 1 kg/cm²
T.A 80% + F.A 20%
sample 1



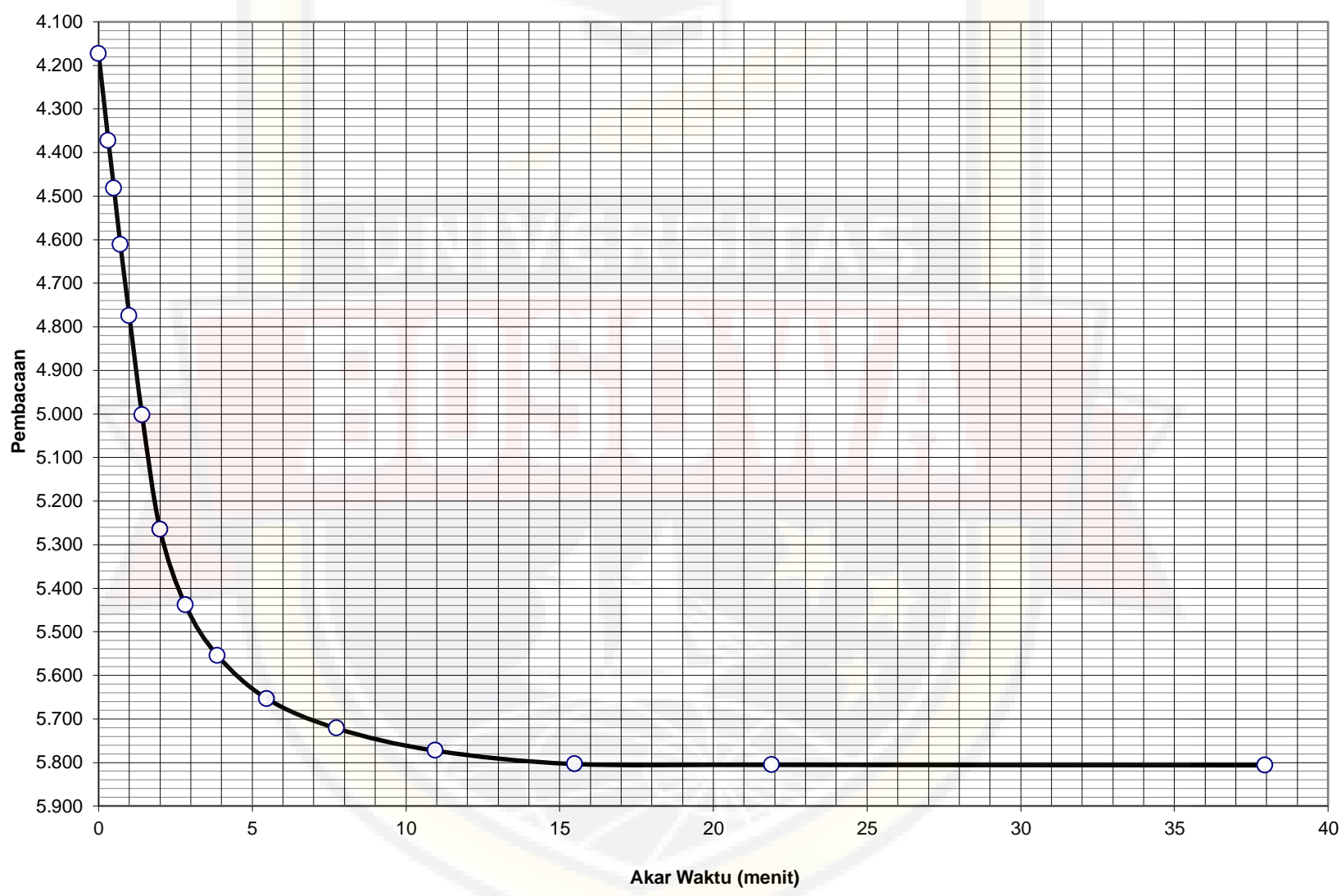
Taylor's Method
Tekanan 2 kg/cm²
T.A 80% + F.A 20%
sample 1



Taylor's Method
Tekanan 4 kg/cm²
T.A 80% + F.A 20%
sample 1



Taylor's Method
Tekanan 8 kg/cm²
T.A 80% + F.A 20%
sample 1





Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir
Nama : Muhammad Aidul
Stambuk : 45 12 041 009
Judul : Analisa Nilai Konsolidasi Pada Tanah Lempung Lunak Yang Di Campur Dengan FLY ASH

PENGUJIAN KONSOLIDASI
(SNI 2812:2011)
T.A 80% + F.A 20% (Sample 2)

Berat Ring, W_1	:	63.1	gram
Berat Tanah Basah + Ring, W_2	:	168.5	gram
Berat Tanah Kering + Ring, W_3	:	153.2	gram
Volume Ring, V	:	66.33	cm ³
Kadar Air, $\omega = (W_2 - W_3) / (W_3 - W_1) \cdot 100\%$:	16.98	%
Berat Volume Tanah Basah, $\gamma_{wet} = (W_2 - W_1) / V$:	1.59	gram/cm ³
Berat Volume Tanah Kering, $\gamma_{dry} = \gamma_{wet} / (1 + \omega)$:	1.358	gram/cm ³

Beban (kg)	0.825	1.65	3.3	6.6	13.2	26.4	6.6	0.825
Tekanan (kg/cm ²)	0.25	0.5	1	2	4	8	2	0.25
0 detik	0.000	0.485	1.066	1.821	2.802	4.173	5.819	5.407
6 detik	0.074	0.571	1.175	1.959	2.990	4.397	5.778	5.268
15 detik	0.106	0.610	1.225	2.024	3.081	4.506	5.750	5.190
30 detik	0.144	0.655	1.284	2.101	3.189	4.635	5.718	5.098
1 menit	0.192	0.713	1.359	2.198	3.325	4.799	5.677	4.981
2 menit	0.259	0.793	1.464	2.334	3.515	5.027	5.620	4.818
4 menit	0.336	0.886	1.584	2.490	3.734	5.289	5.555	4.631
8 menit	0.387	0.947	1.663	2.594	3.879	5.463	5.511	4.507
15 menit	0.421	0.988	1.716	2.663	3.975	5.579	5.482	4.424
30 menit	0.450	1.023	1.762	2.722	4.057	5.678	5.457	4.353
1 jam	0.470	1.047	1.793	2.762	4.114	5.746	5.440	4.305
2 jam	0.485	1.065	1.816	2.793	4.157	5.797	5.428	4.268
4 jam	0.494	1.075	1.830	2.811	4.182	5.828	5.420	4.246
8 jam	0.496	1.077	1.832	2.813	4.184	5.830	5.419	4.245
24 jam	0.497	1.078	1.833	2.814	4.185	5.831	5.419	4.244

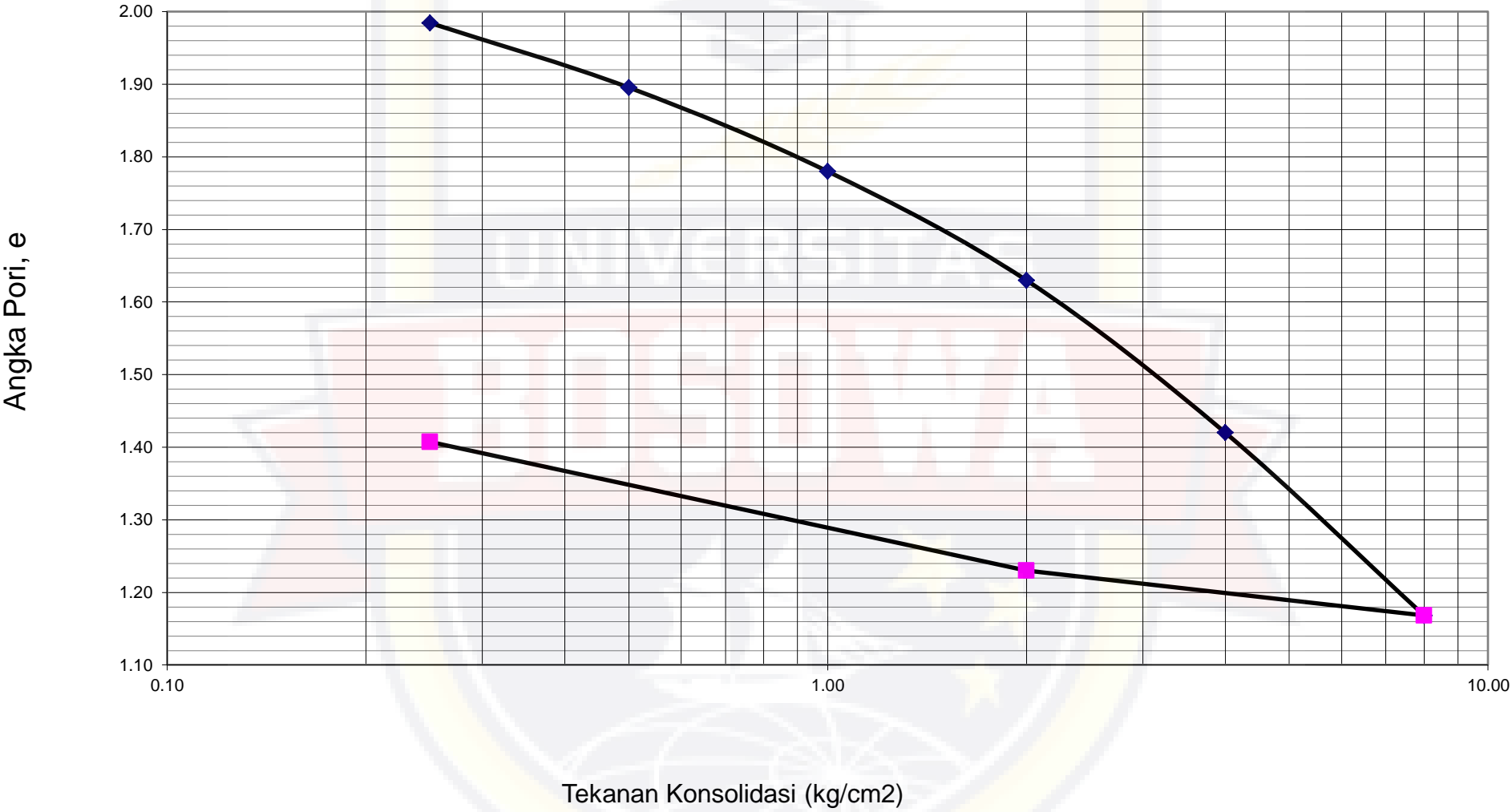
Diperiksa Oleh :

Makassar, 22 Februari 2019
Dibuat oleh :

Hasrullah,ST
Asisten Lab

Muhammad Aidul
Mahasiswa

Grafik Hubungan antara Angka pori dengan Tekanan Konsolidasi
T.A 80% + F.A 20% sample 2

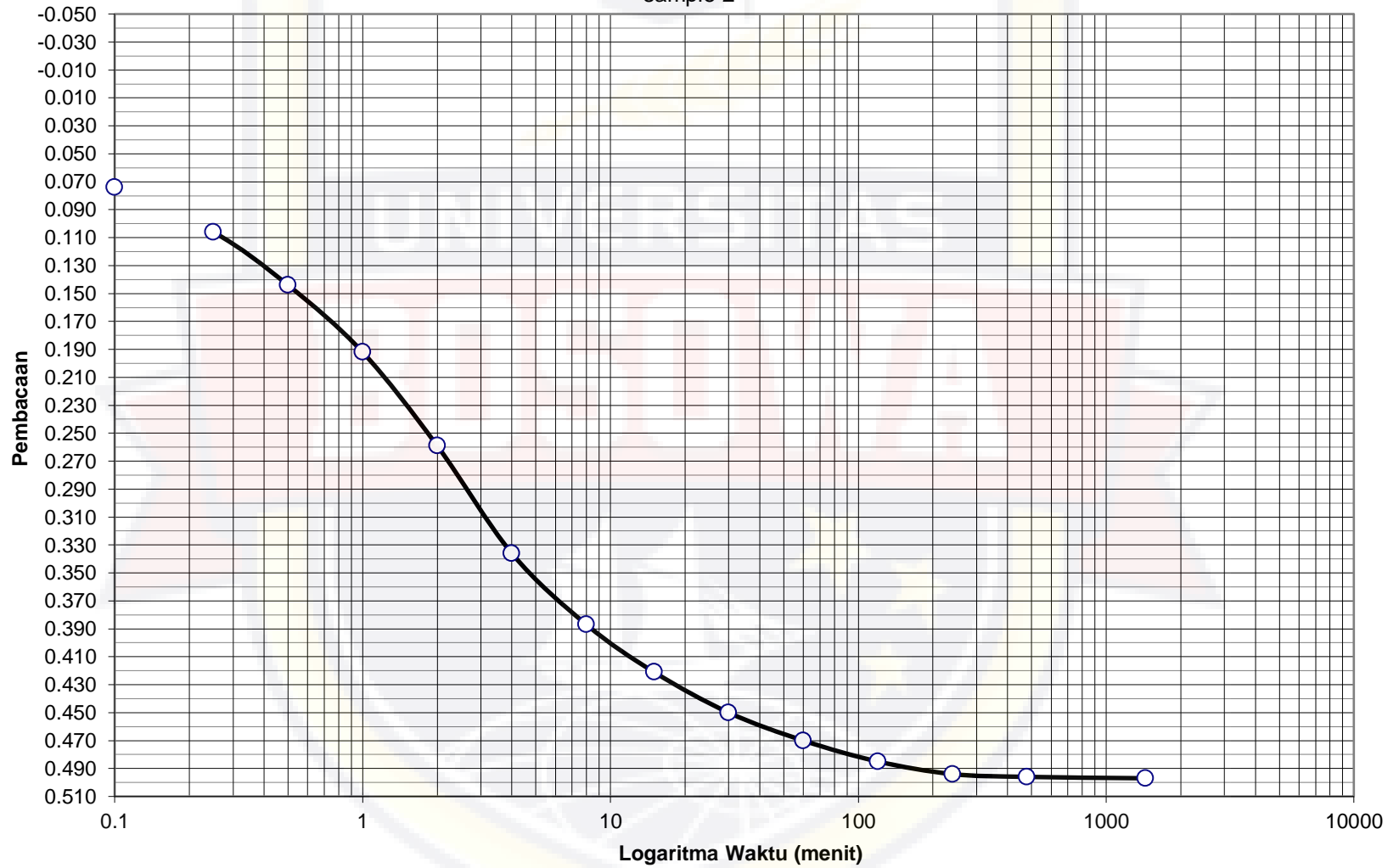


Casagrande Method's

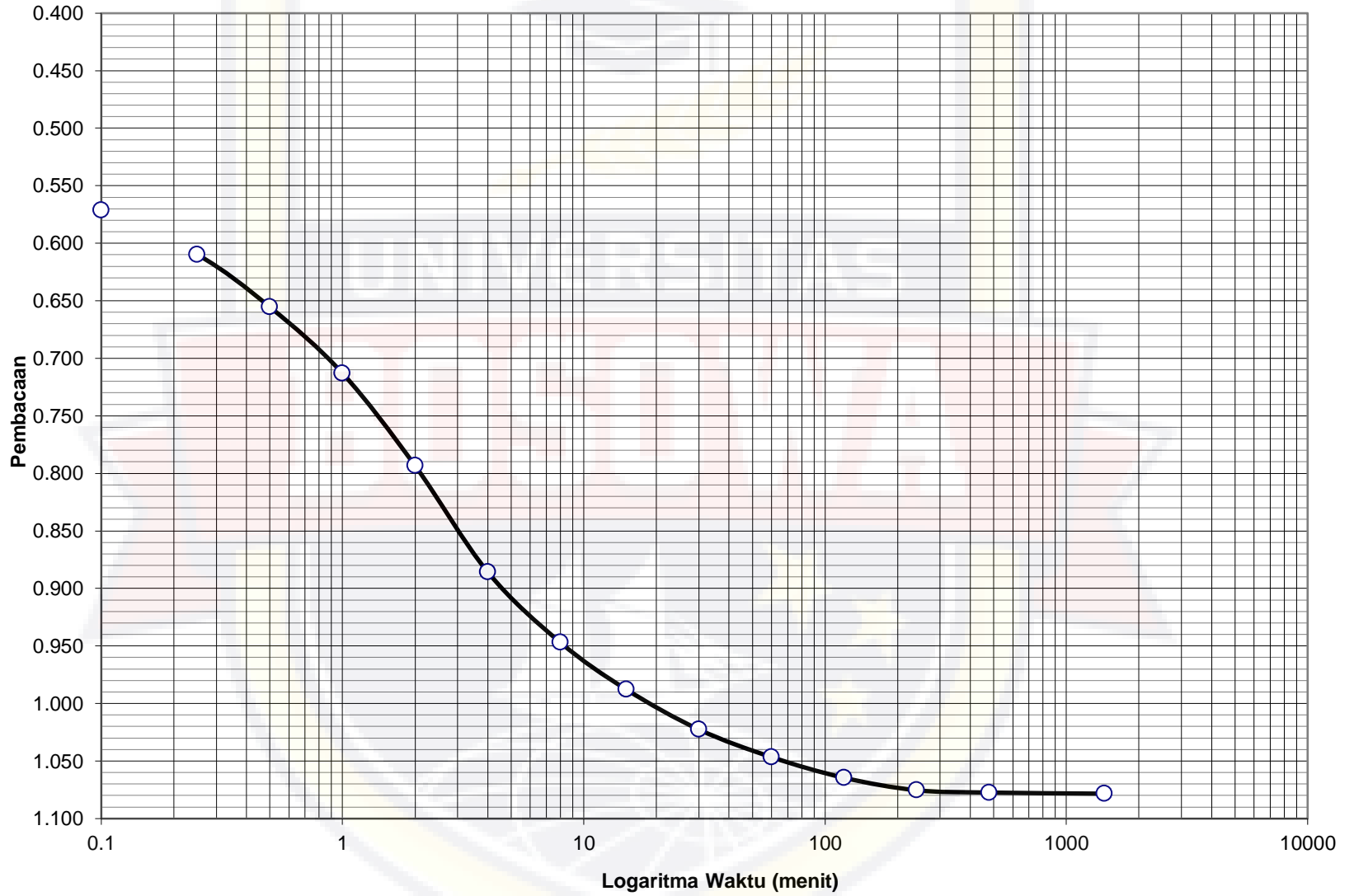
Tekanan 0,25 kg/cm²

T.A 80% + F.A 20%

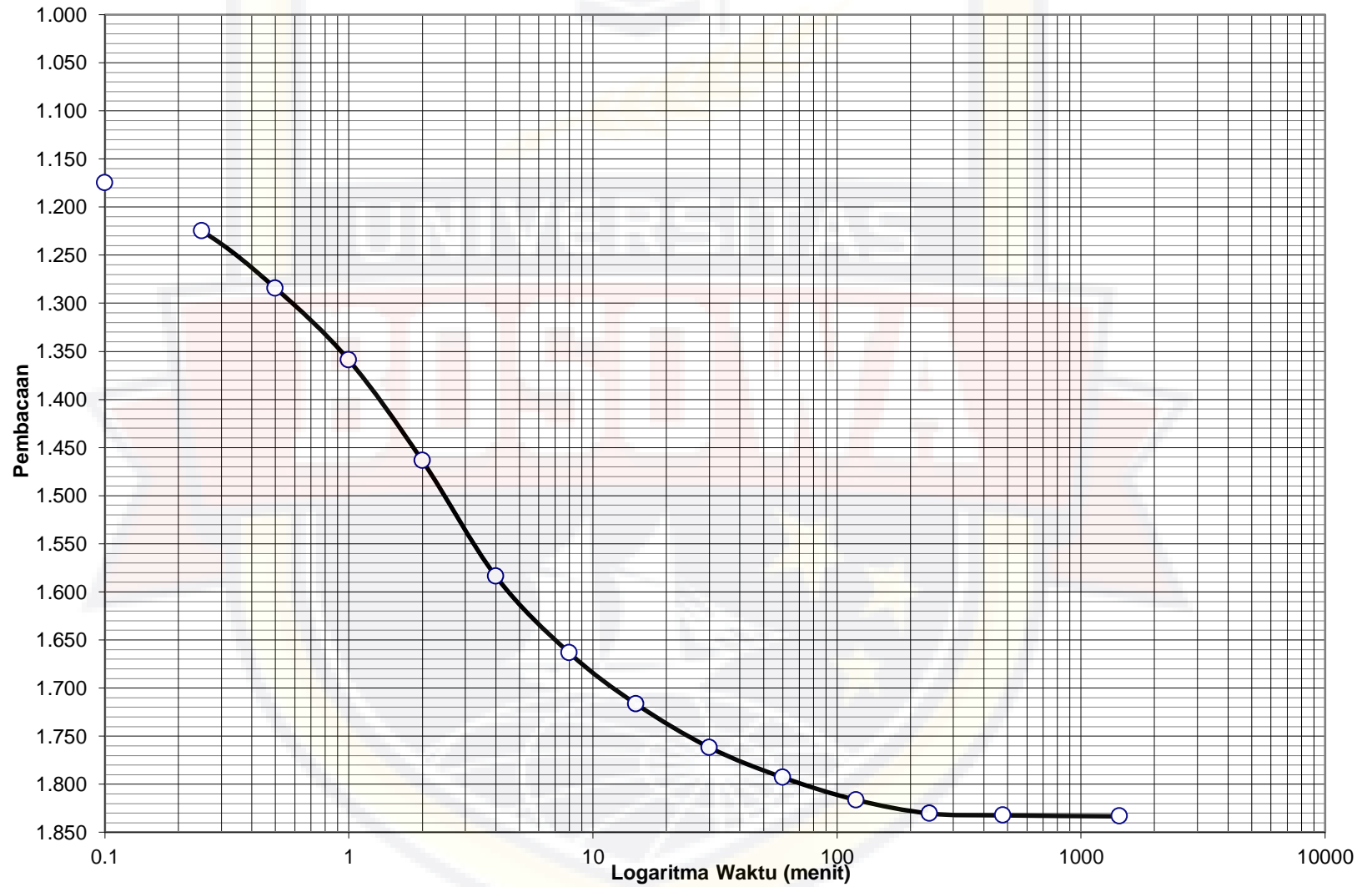
sample 2



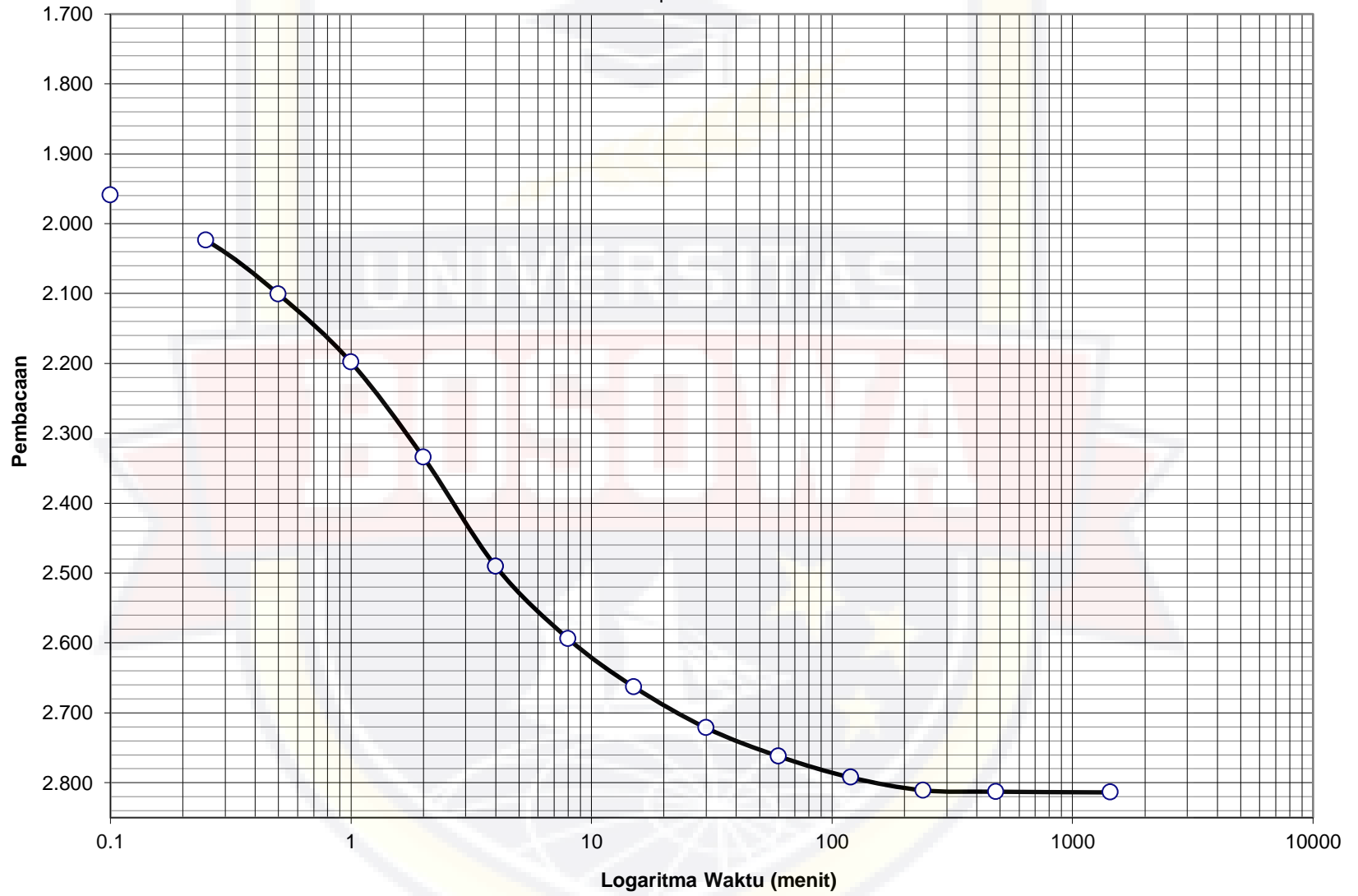
Casagrande Method's
Tekanan 0,5 kg/cm²
T.A 80% + F.A 20%
sample 2



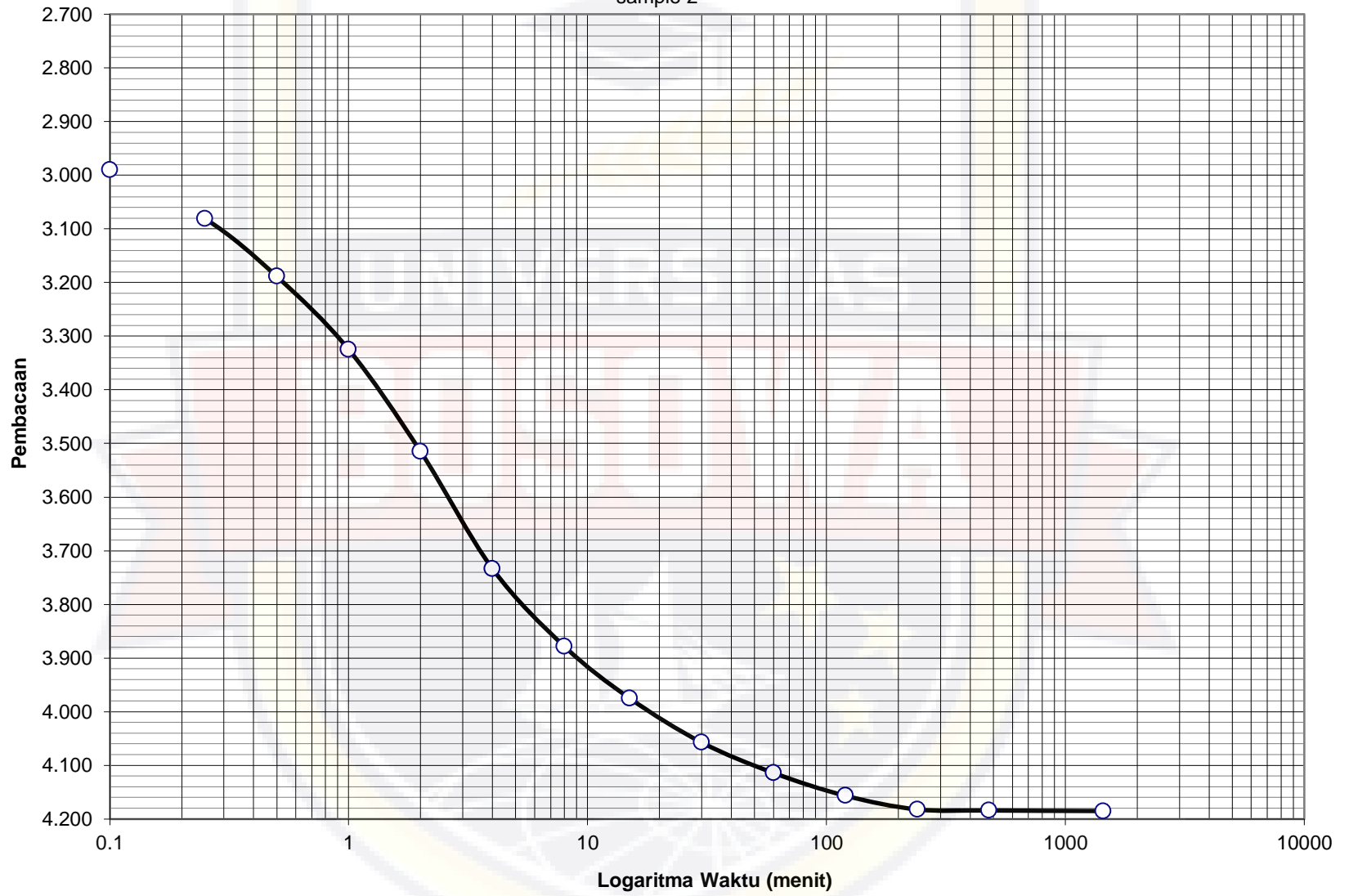
Casagrande Method's
Tekanan 1 kg/cm²
T.A 80% + F.A 20%
sample 2



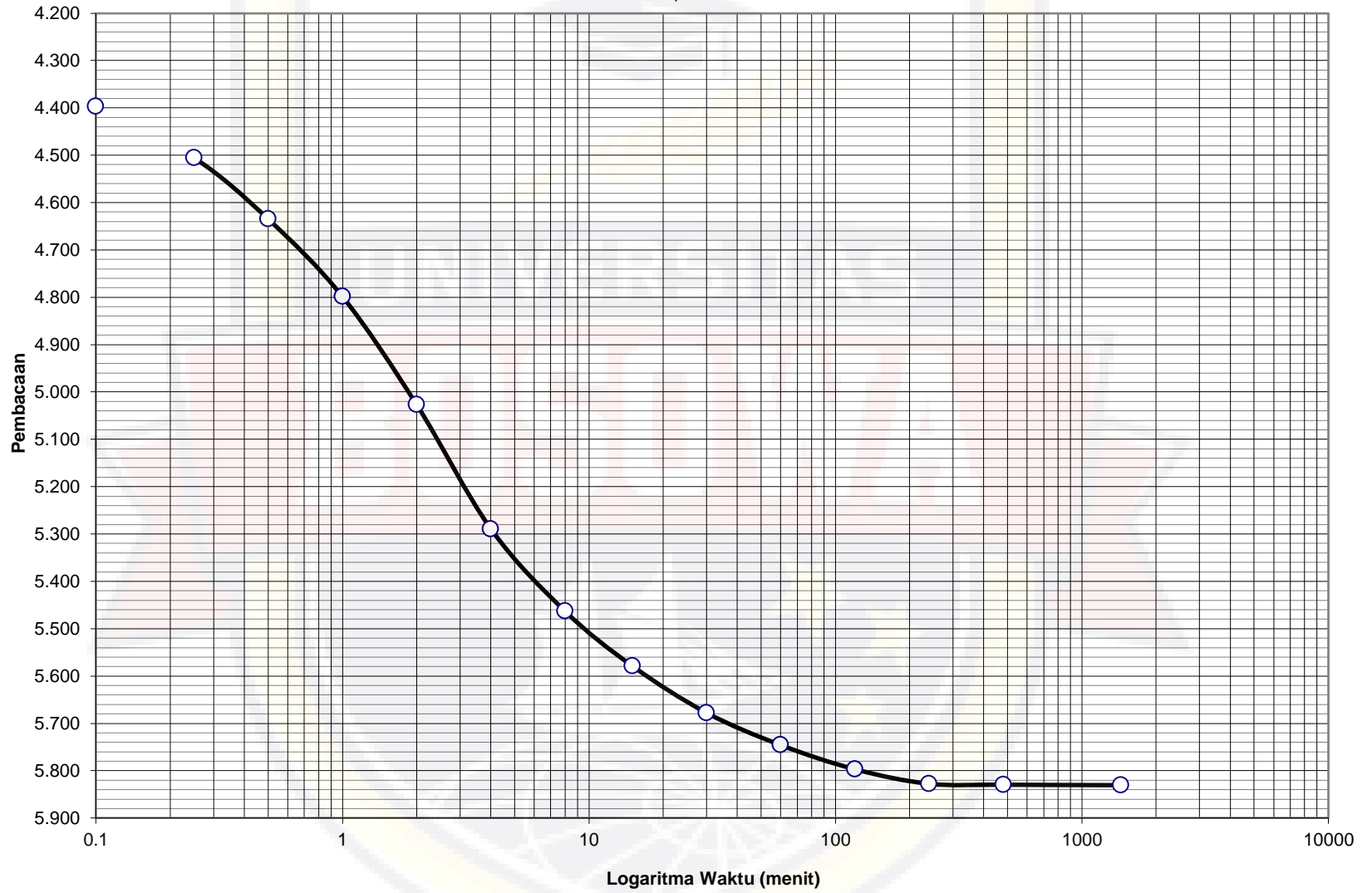
Casagrande Method's
Tekanan 2 kg/cm²
T.A 80% + F.A 20%
sample 2



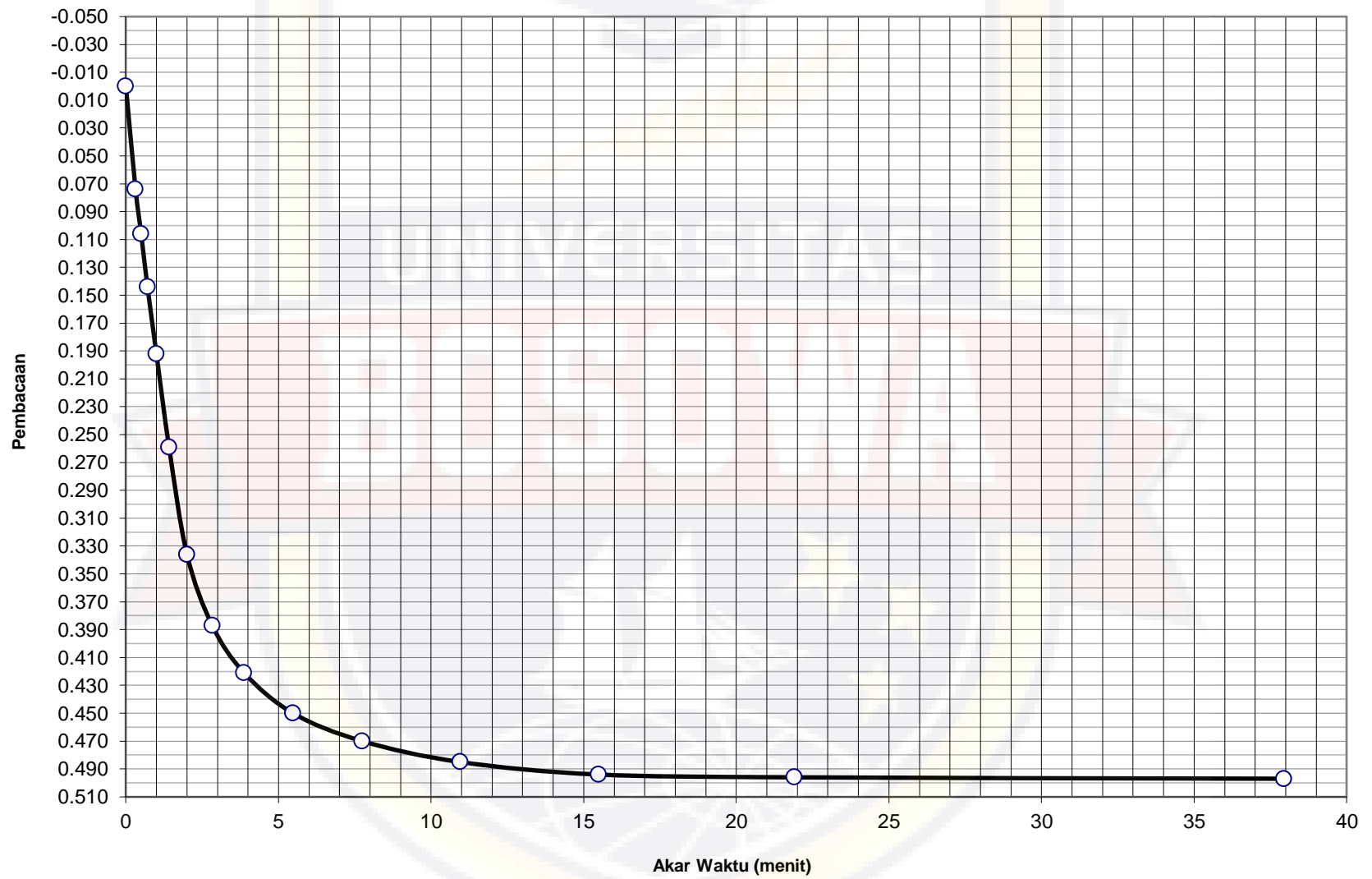
Casagrande Method's
Tekanan 4 kg/cm²
T.A 80% + F.A 20%
sample 2



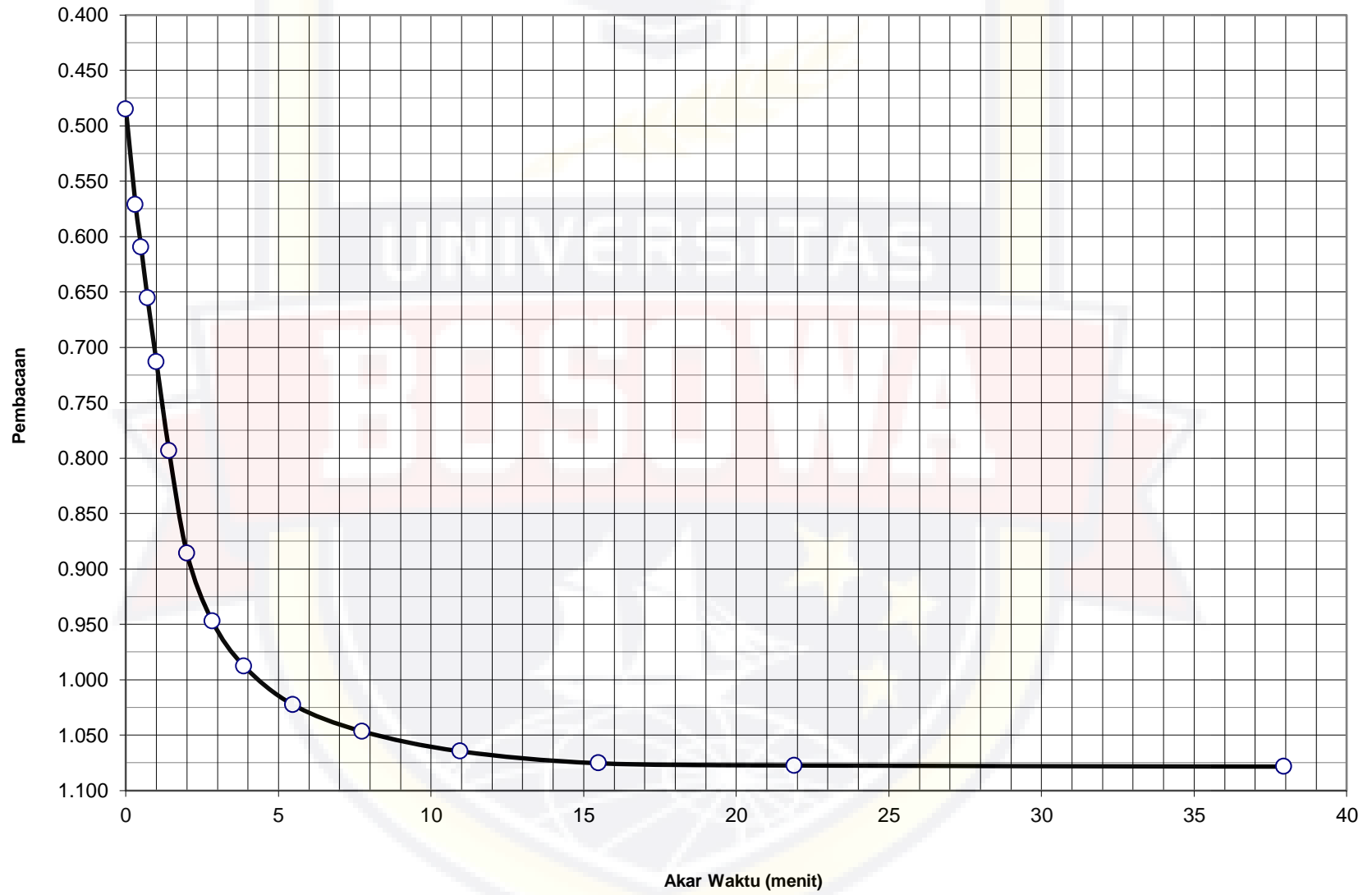
Casagrande Method's
Tekanan 8 kg/cm²
T.A 80% + F.A 20%
sample 2



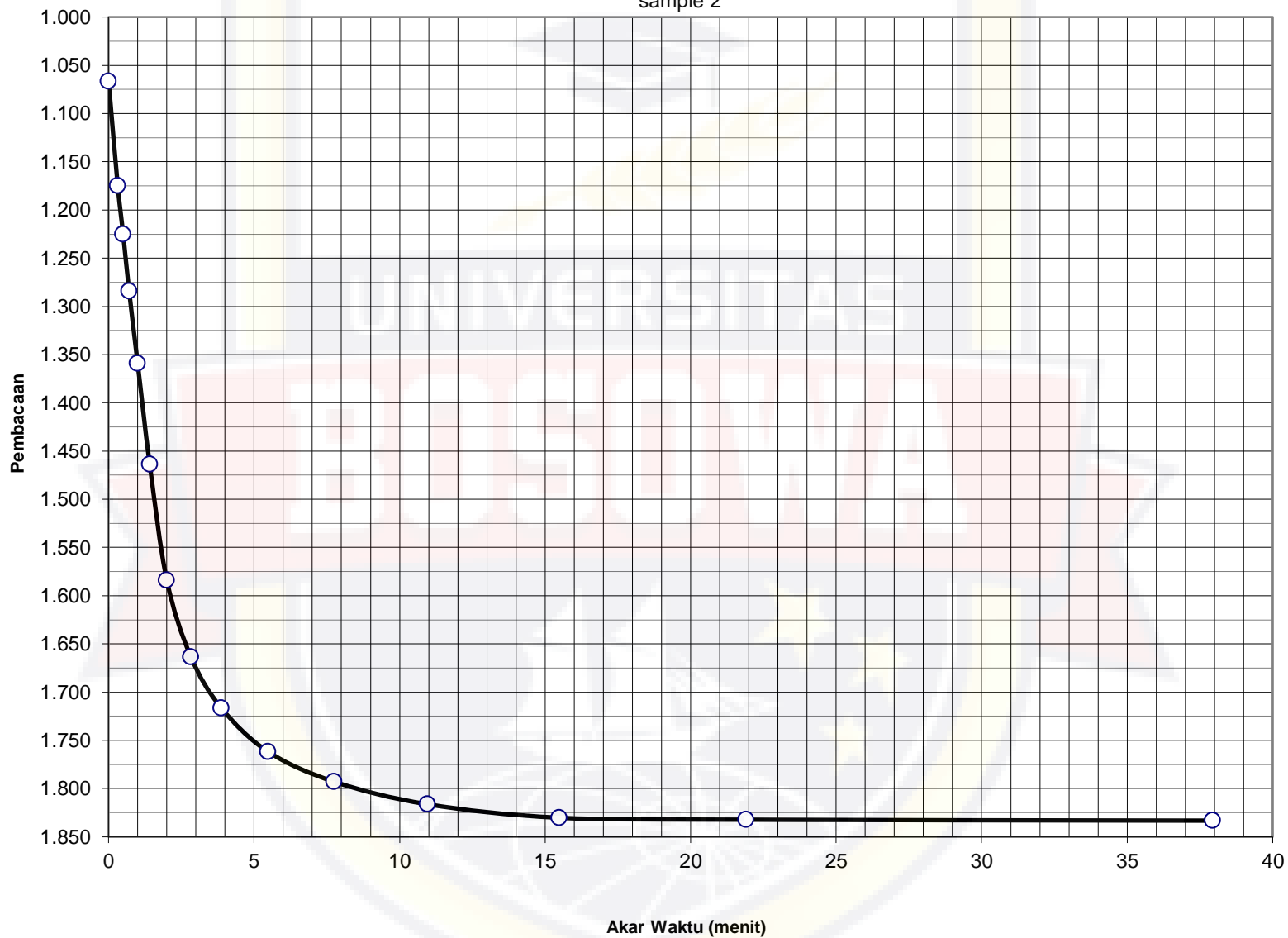
Taylor's Method
Tekanan 0,25 kg/cm²
T.A 80% + F.A 20%
sample 2



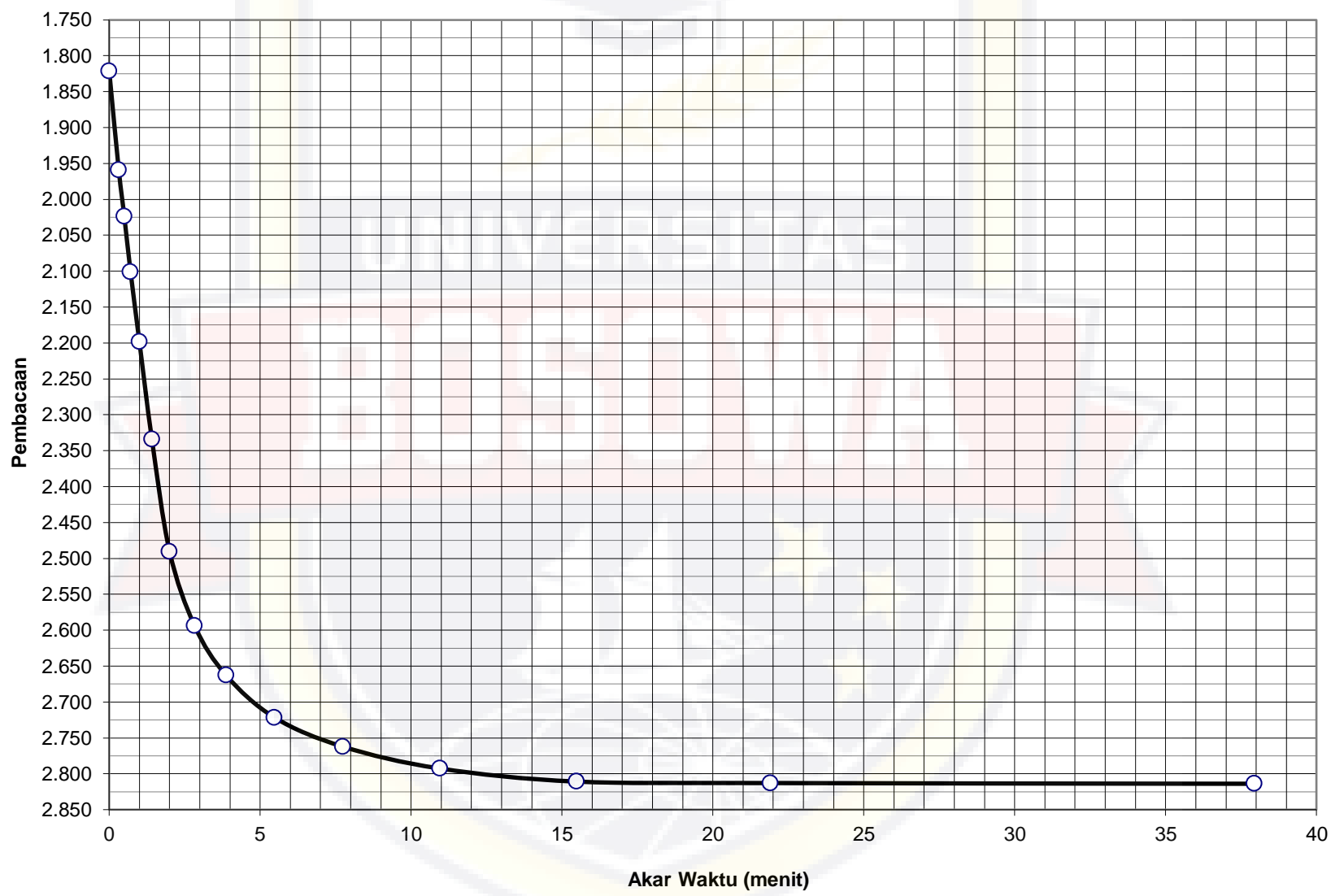
Taylor's Method
Tekanan 0,5 kg/cm²
T.A 80% + F.A 20%
sample 2



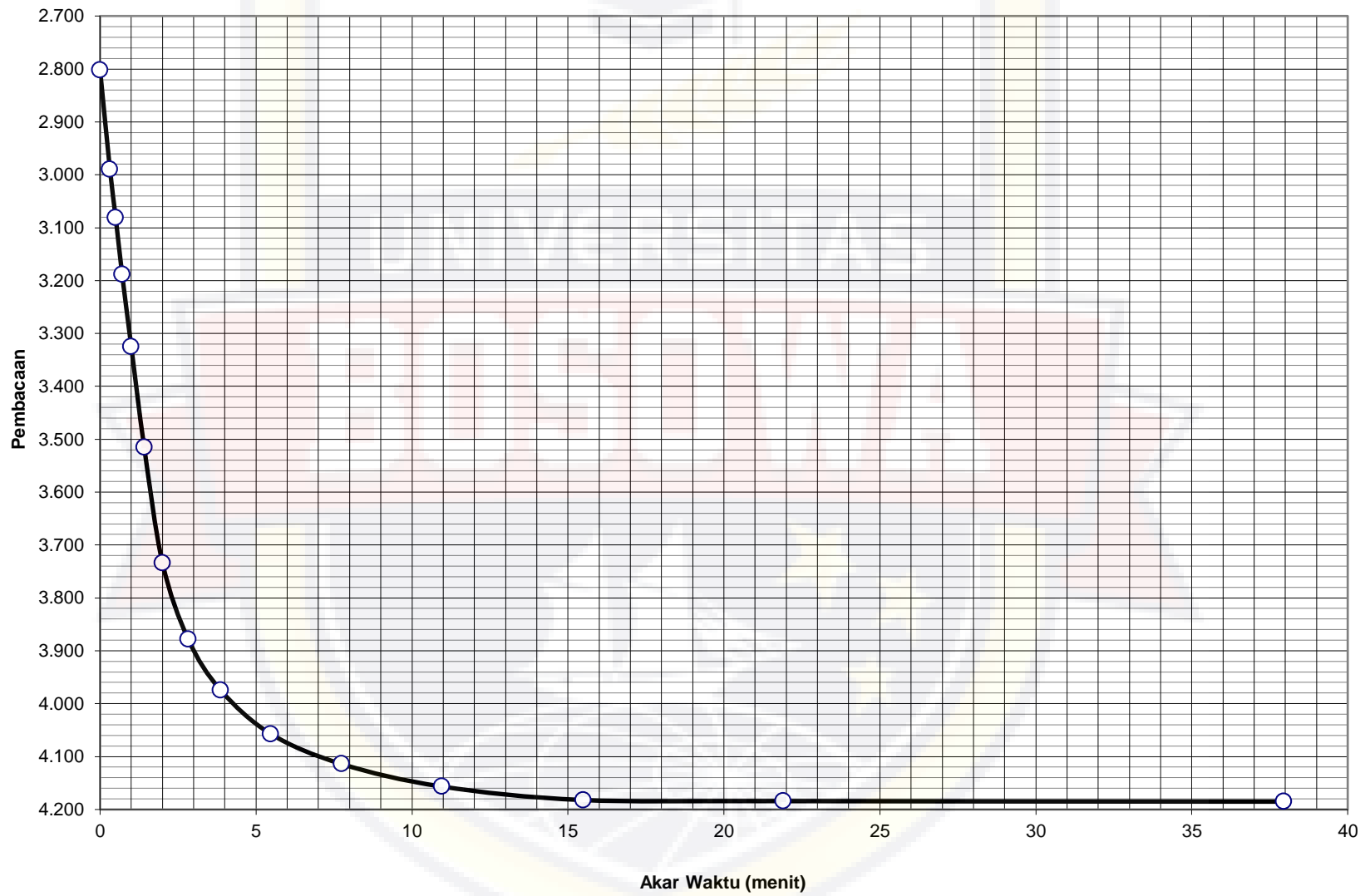
Taylor's Method
Tekanan 1 kg/cm²
T.A 80% + F.A 20%
sample 2



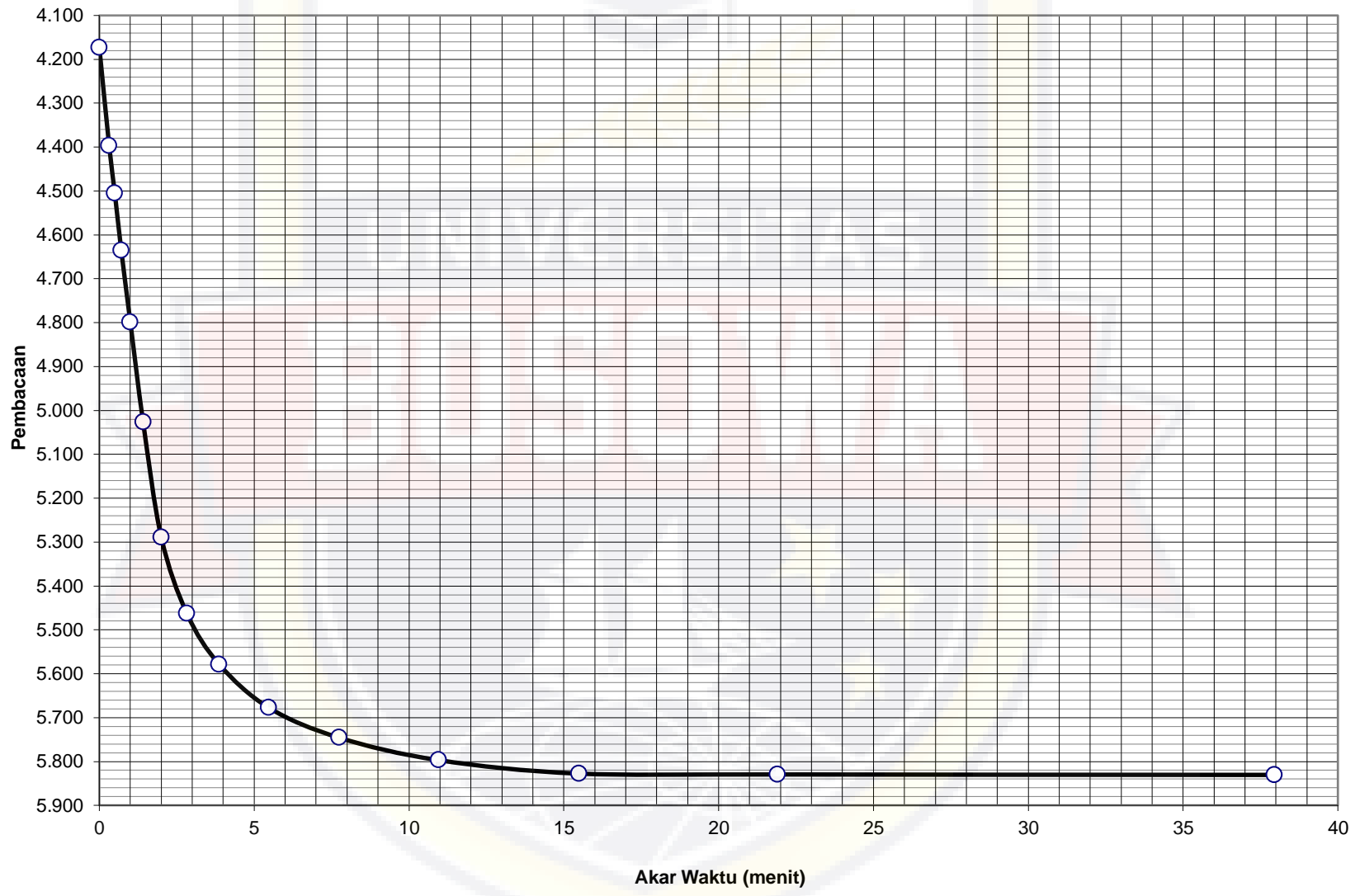
Taylor's Method
Tekanan 2 kg/cm²
T.A 80% + F.A 20%
sample 2



Taylor's Method
Tekanan 4 kg/cm²
T.A 80% + F.A 20%
sample 2



Taylor's Method
Tekanan 8 kg/cm²
T.A 80% + F.A 20%
sample 2





Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir
Nama : Muhammad Aidul
Stambuk : 45 12 041 009
Judul : Analisa Nilai Konsolidasi Pada Tanah Lempung Lunak Yang Di Campur Dengan FLY ASH

**PENGUJIAN KONSOLIDASI
(SNI 2812:2011)
T.A 70% + F.A 30% (Sample 1)**

Berat Ring, W_1	:	63.1	gram
Berat Tanah Basah + Ring, W_2	:	173.45	gram
Berat Tanah Kering + Ring, W_3	:	162.4	gram
Volume Ring, V	:	66.33	cm ³
Kadar Air, $\omega = (W_2 - W_3) / (W_3 - W_1) \cdot 100\%$:	11.13	%
Berat Volume Tanah Basah, $\gamma_{wet} = (W_2 - W_1) / V$:	1.66	gram/cm ³
Berat Volume Tanah Kering, $\gamma_{dry} = \gamma_{wet} / (1 + \omega)$:	1.497	gram/cm ³

Beban (kg)	0.825	1.65	3.3	6.6	13.2	26.4	6.6	0.825
Tekanan (kg/cm ²)	0.25	0.5	1	2	4	8	2	0.25
0 detik	0.000	0.641	1.410	2.408	3.705	5.519	7.877	7.203
6 detik	0.040	0.691	1.479	2.501	3.840	5.699	7.810	7.035
15 detik	0.072	0.730	1.529	2.566	3.931	5.817	7.776	6.938
30 detik	0.090	0.751	1.557	2.603	3.982	5.884	7.757	6.884
1 menit	0.135	0.805	1.627	2.694	4.110	6.050	7.710	6.748
2 menit	0.207	0.892	1.739	2.840	4.315	6.315	7.634	6.531
4 menit	0.292	0.994	1.872	3.012	4.556	6.629	7.544	6.275
8 menit	0.381	1.101	2.011	3.193	4.809	6.958	7.451	6.007
15 menit	0.473	1.211	2.154	3.379	5.070	7.297	7.354	5.730
30 menit	0.540	1.291	2.259	3.515	5.260	7.545	7.283	5.528
1 jam	0.581	1.341	2.323	3.598	5.376	7.696	7.240	5.405
2 jam	0.611	1.377	2.369	3.659	5.462	7.807	7.208	5.314
4 jam	0.626	1.395	2.393	3.690	5.504	7.862	7.192	5.269
8 jam	0.628	1.397	2.395	3.692	5.506	7.864	7.192	5.267
24 jam	0.629	1.398	2.396	3.693	5.507	7.865	7.191	5.267

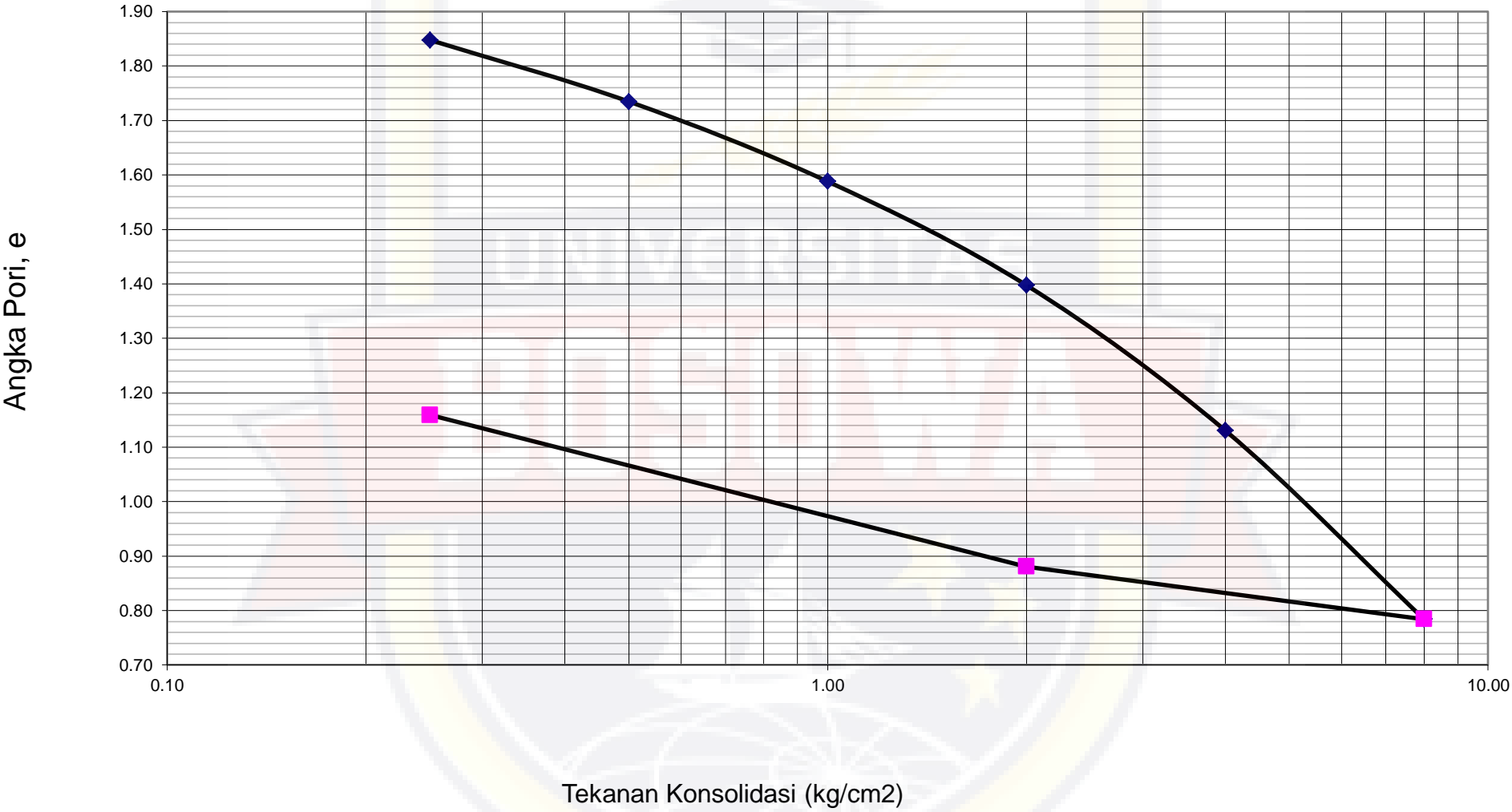
Diperiksa Oleh :

Hasrullah,ST
Asisten Lab

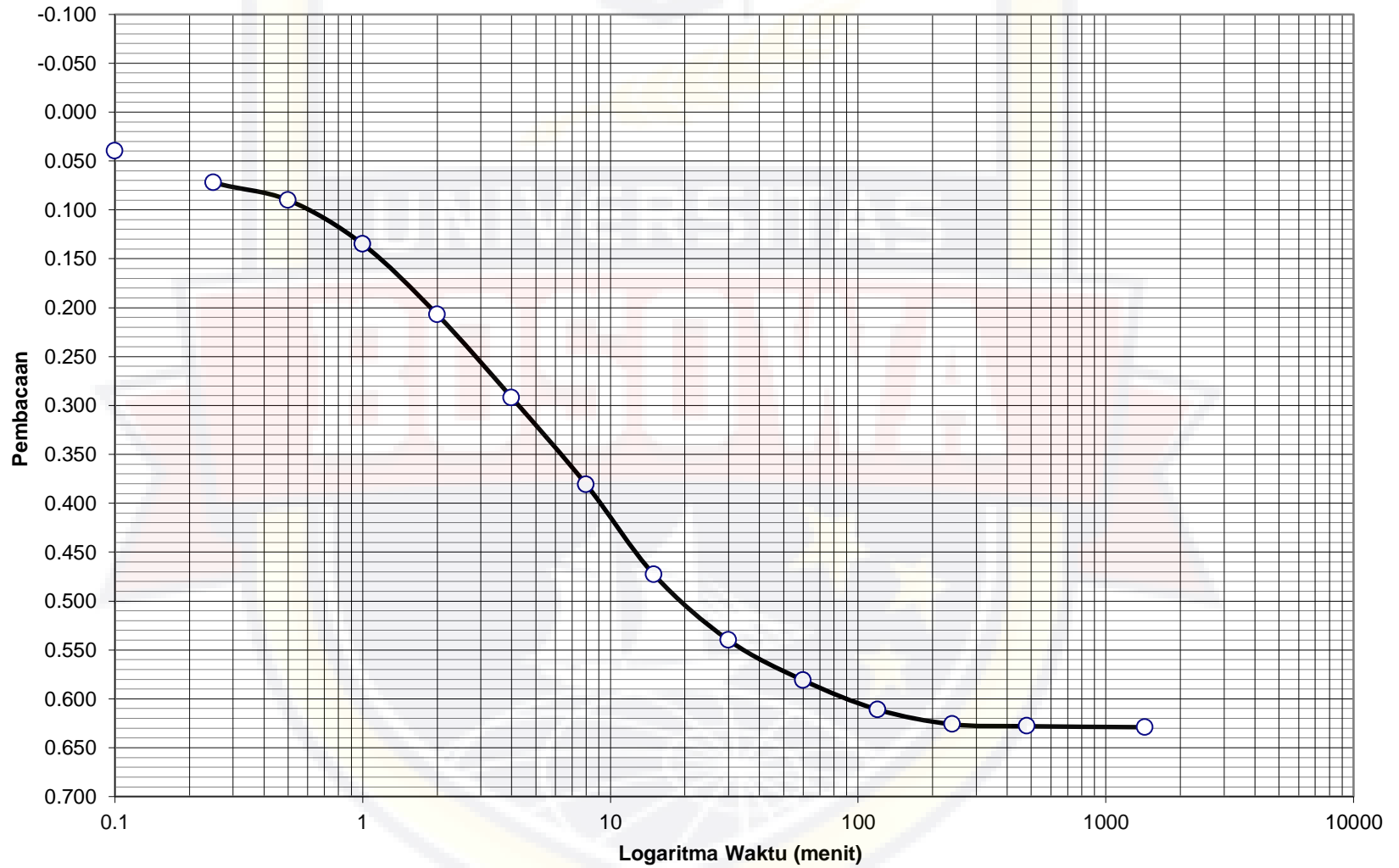
Makassar, 22 Februari 2019
Dibuat oleh :

Muhammad Aidul
Mahasiswa

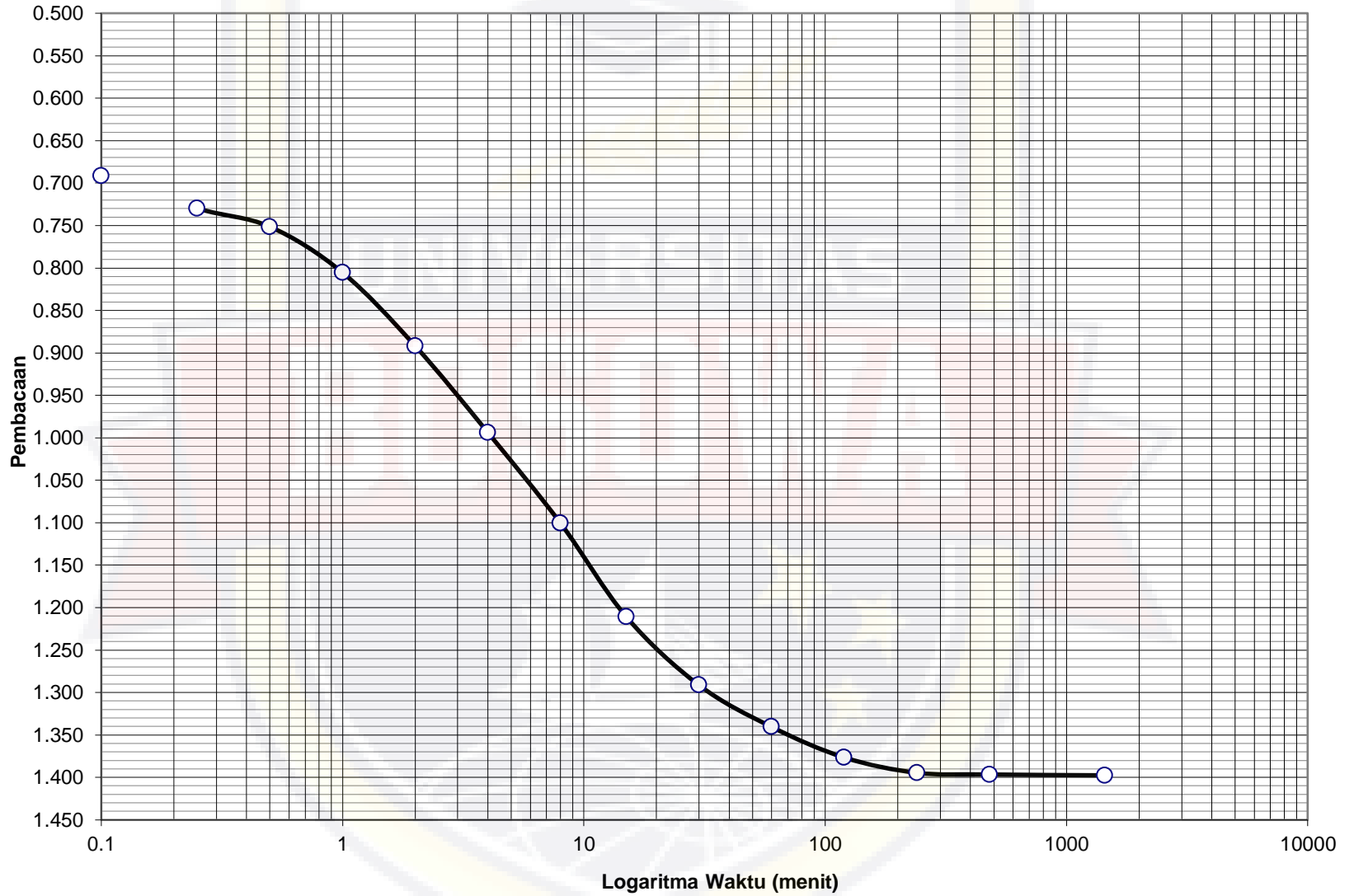
Grafik Hubungan antara Angka pori dengan Tekanan Konsolidasi
T.A 70% + F.A 30% sample 1



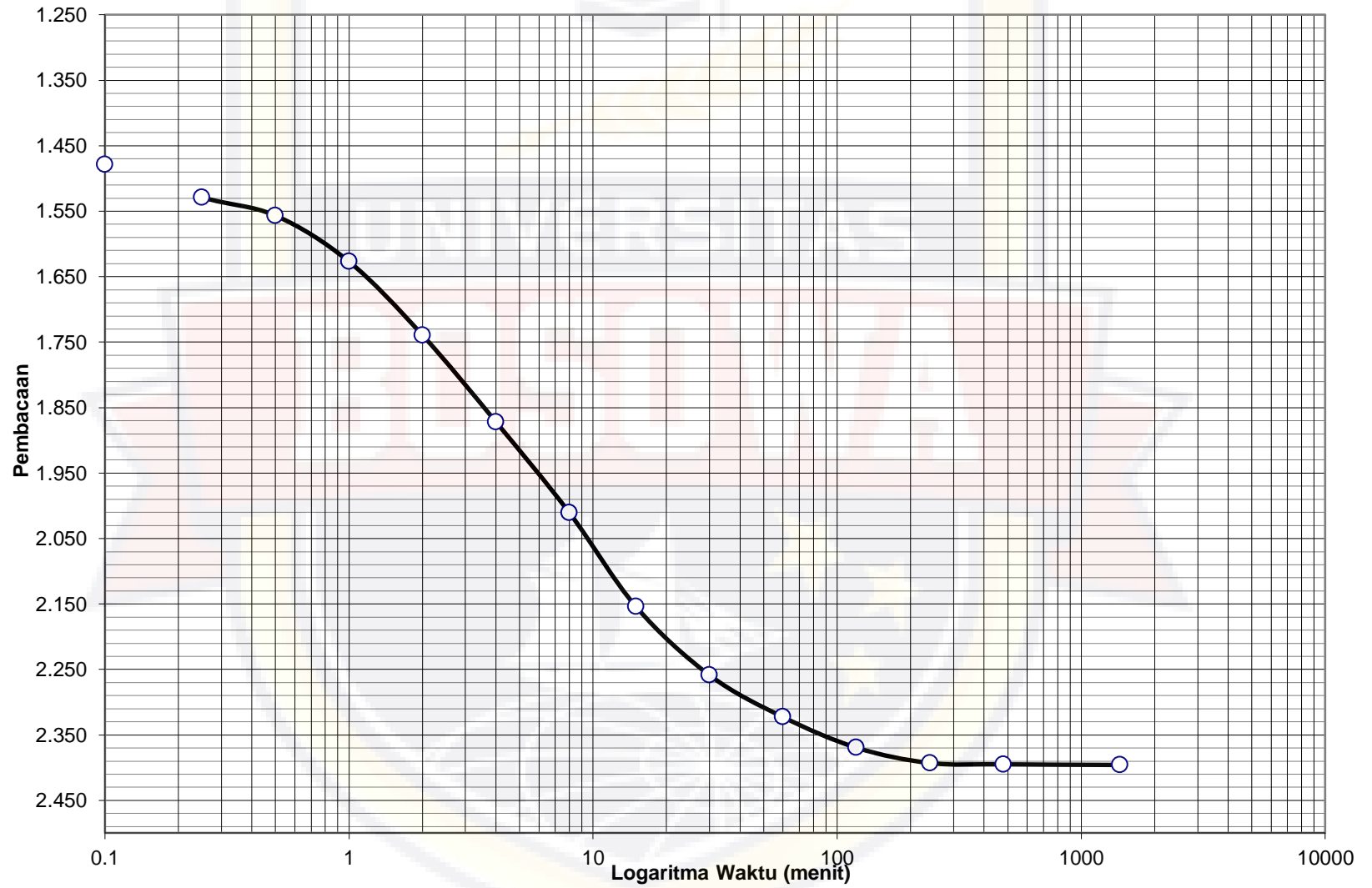
Casagrande Method's
Tekanan 0,25 kg/cm²
T.A 70% + F.A 30%
sample 1



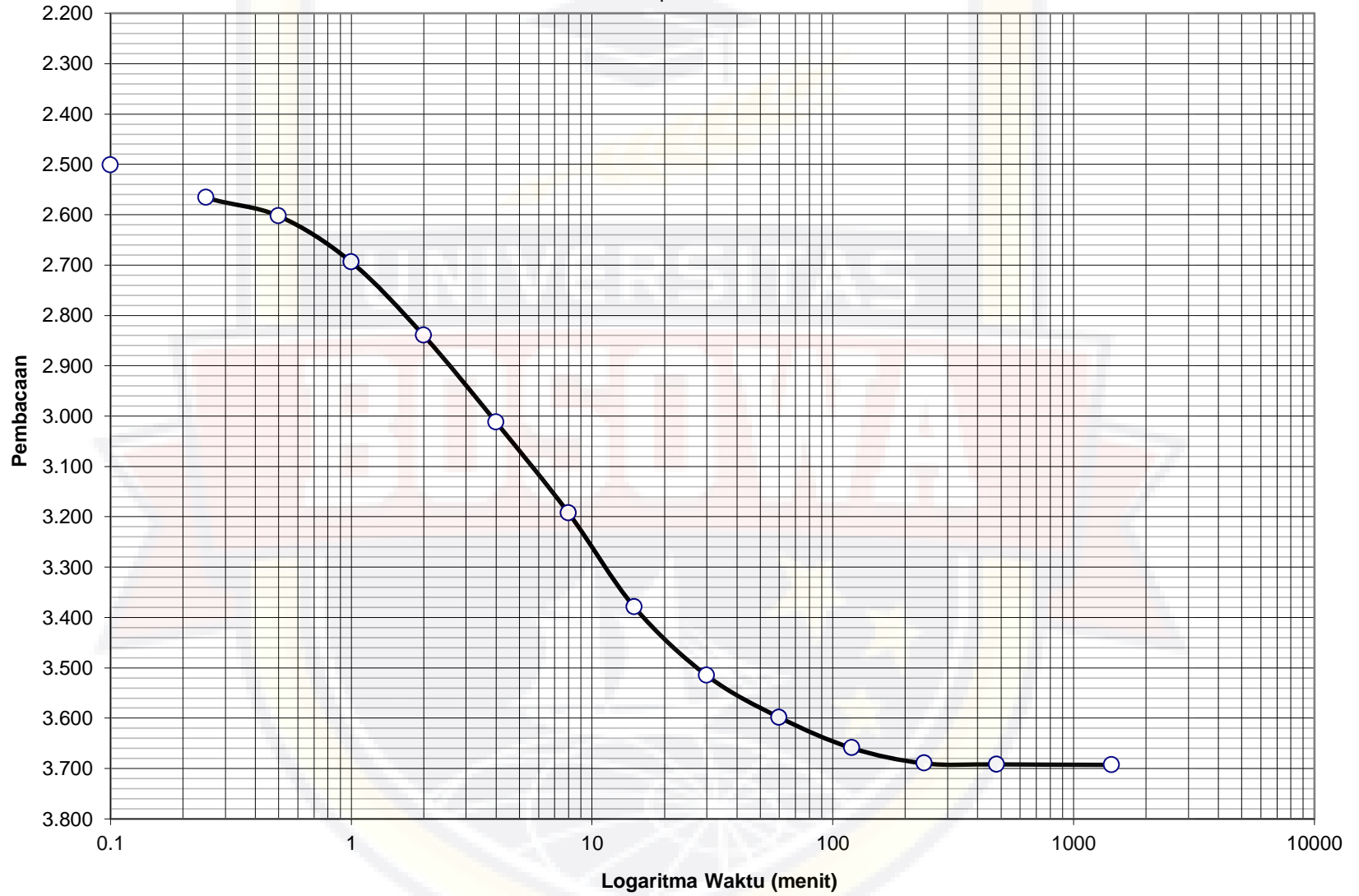
Casagrande Method's
Tekanan 0,5 kg/cm²
T.A 70% + F.A 30%
sample 1



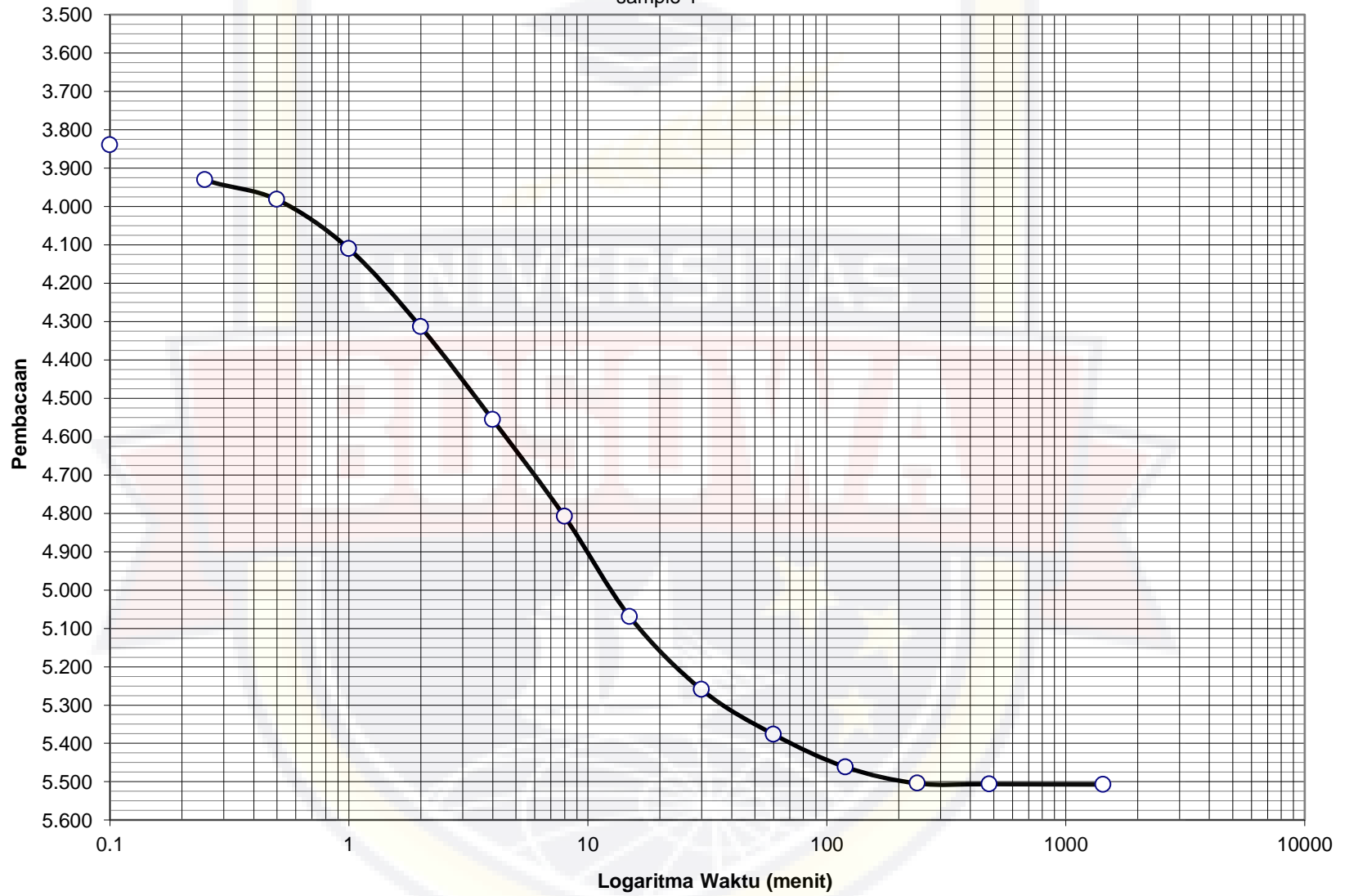
Casagrande Method's
Tekanan 1 kg/cm²
T.A 70% + F.A 30%
sample 1



Casagrande Method's
Tekanan 2 kg/cm²
T.A 70% + F.A 30%
sample 1



Casagrande Method's
Tekanan 4 kg/cm²
T.A 70% + F.A 30%
sample 1

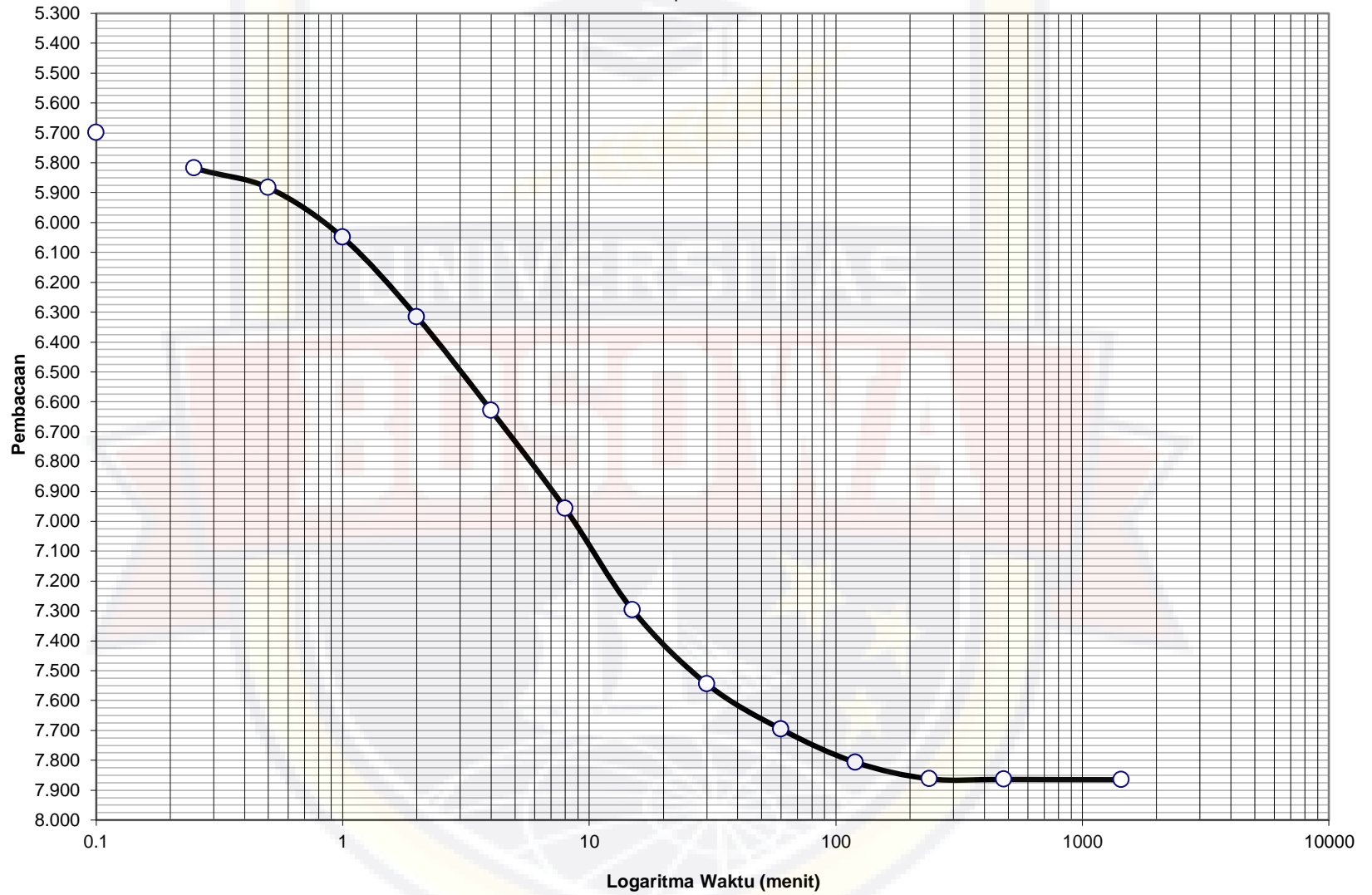


Casagrande Method's

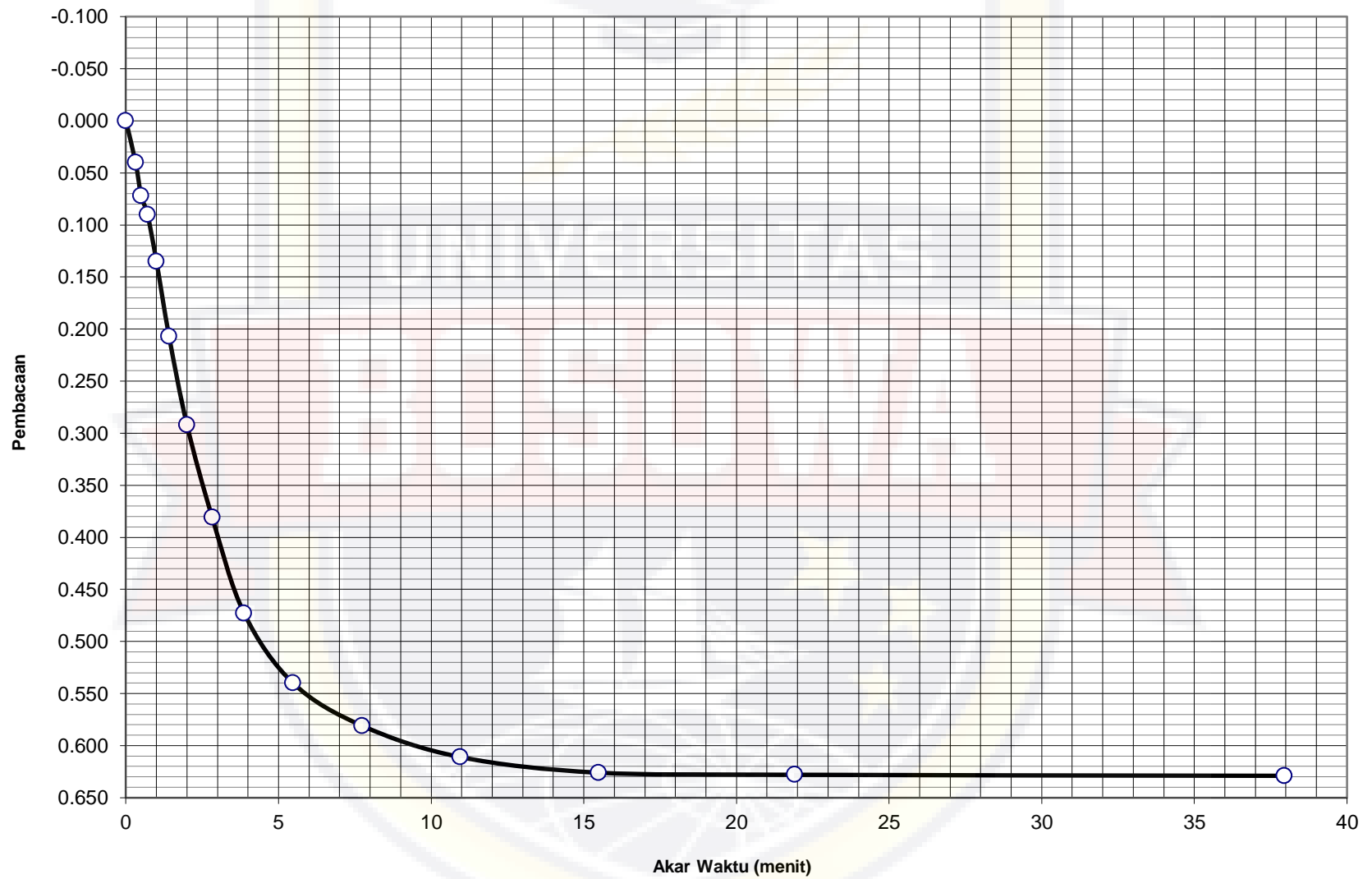
Tekanan 8 kg/cm²

T.A 70% + F.A 30%

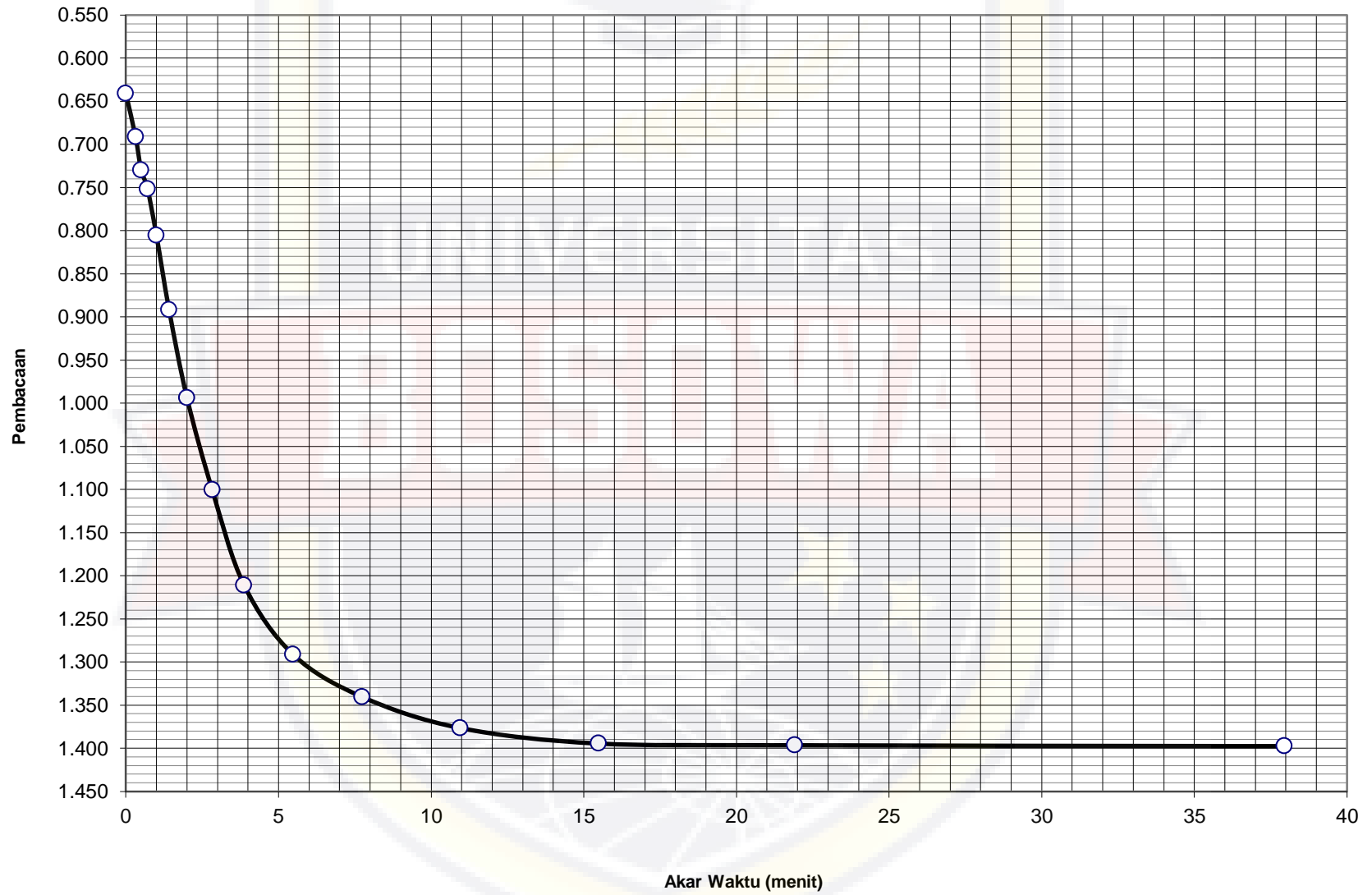
sample 1



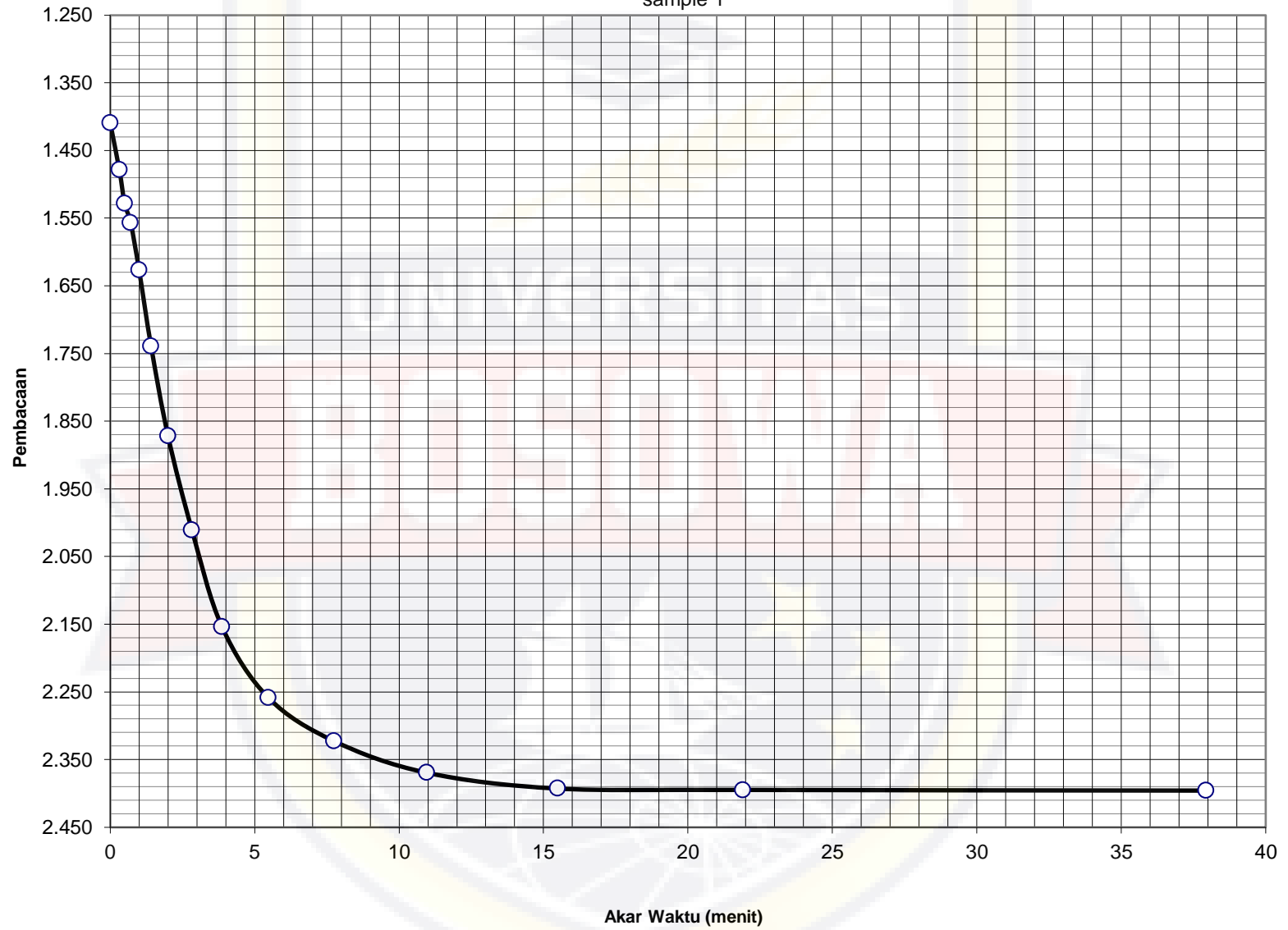
Taylor's Method
Tekanan 0,25 kg/cm²
T.A 70% + F.A 30%
sample 1



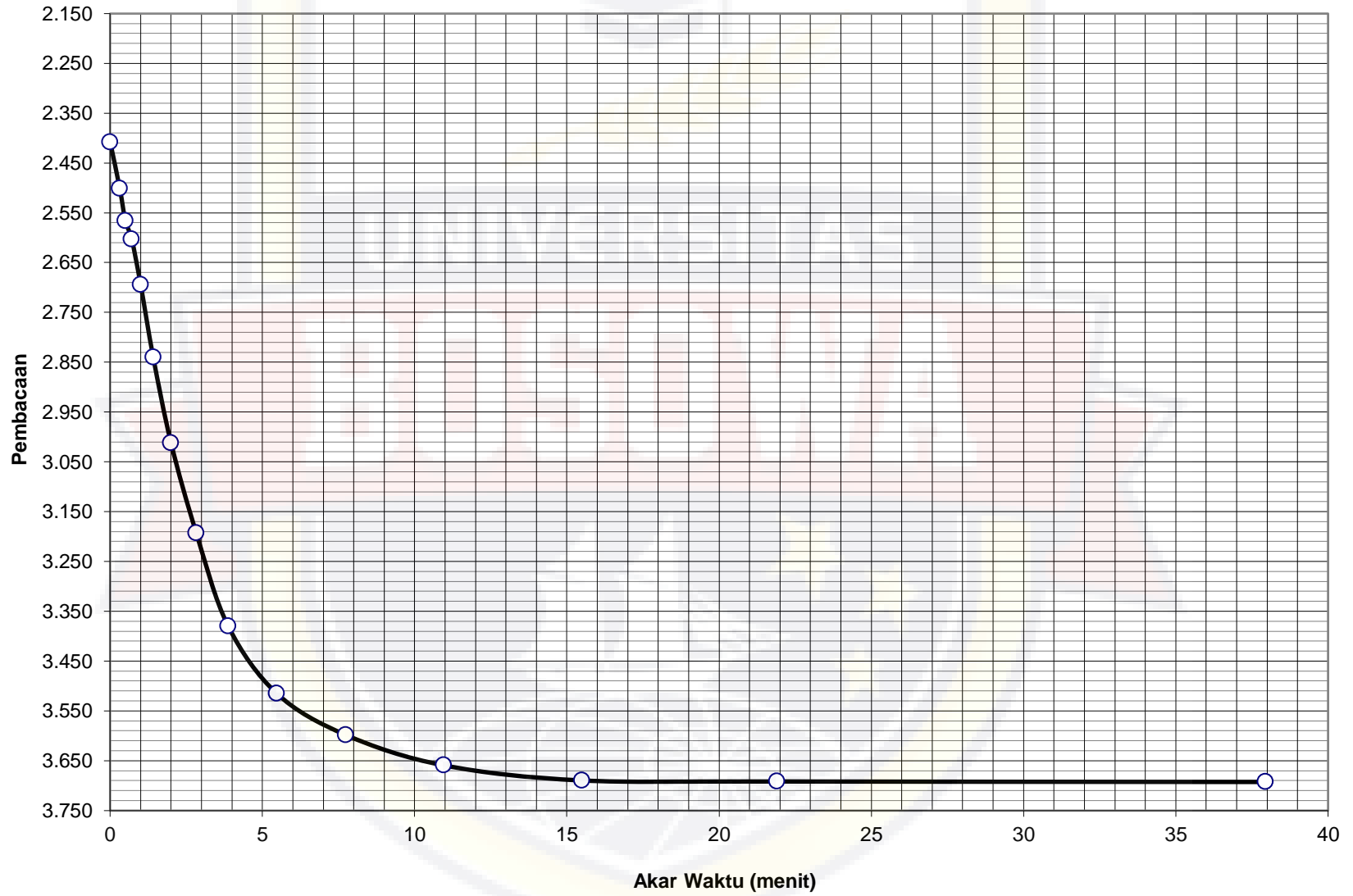
Taylor's Method
Tekanan 0,5 kg/cm²
T.A 70% + F.A 30%
sample 1



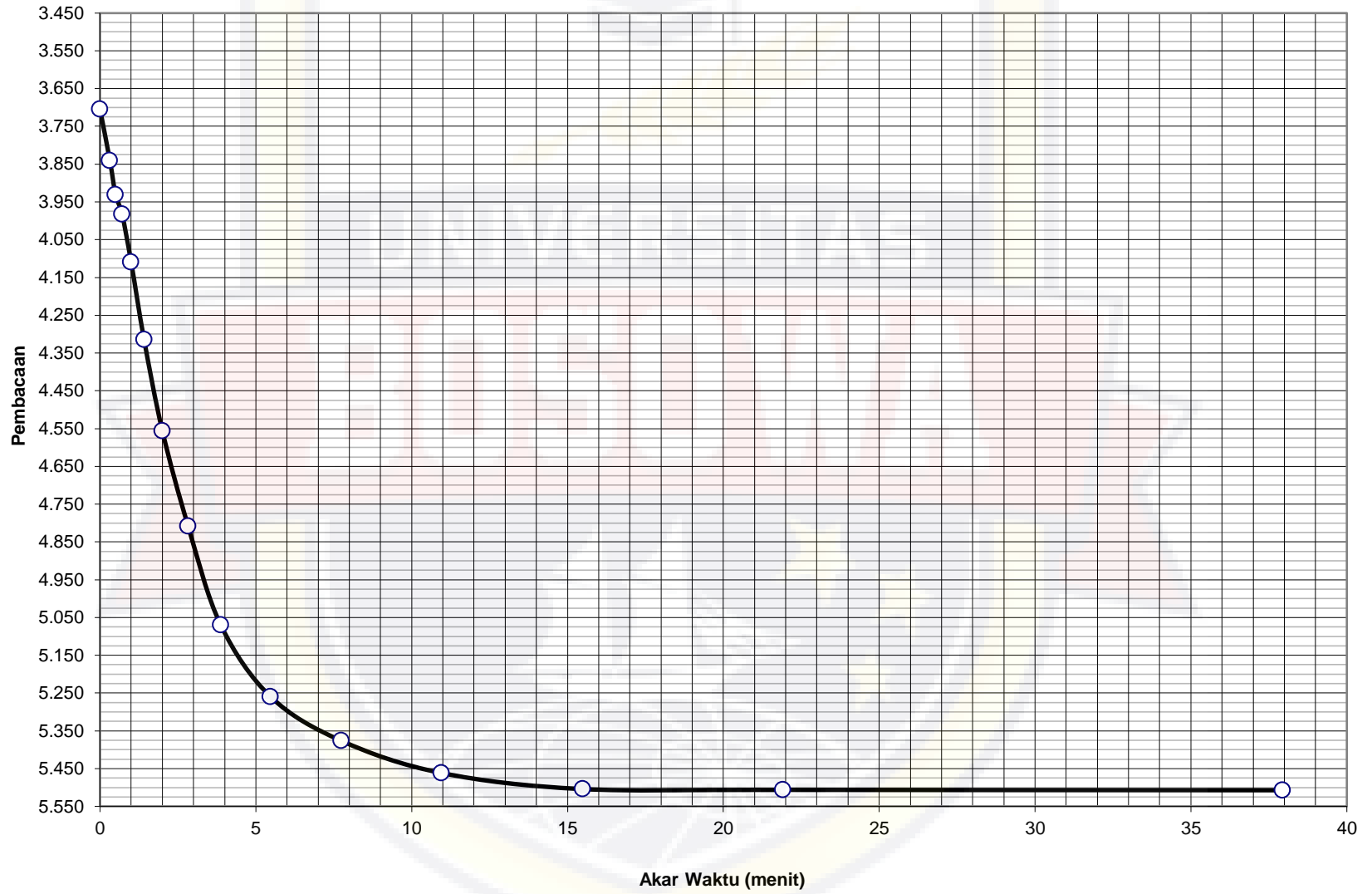
Taylor's Method
Tekanan 1 kg/cm²
T.A 70% + F.A 30%
sample 1



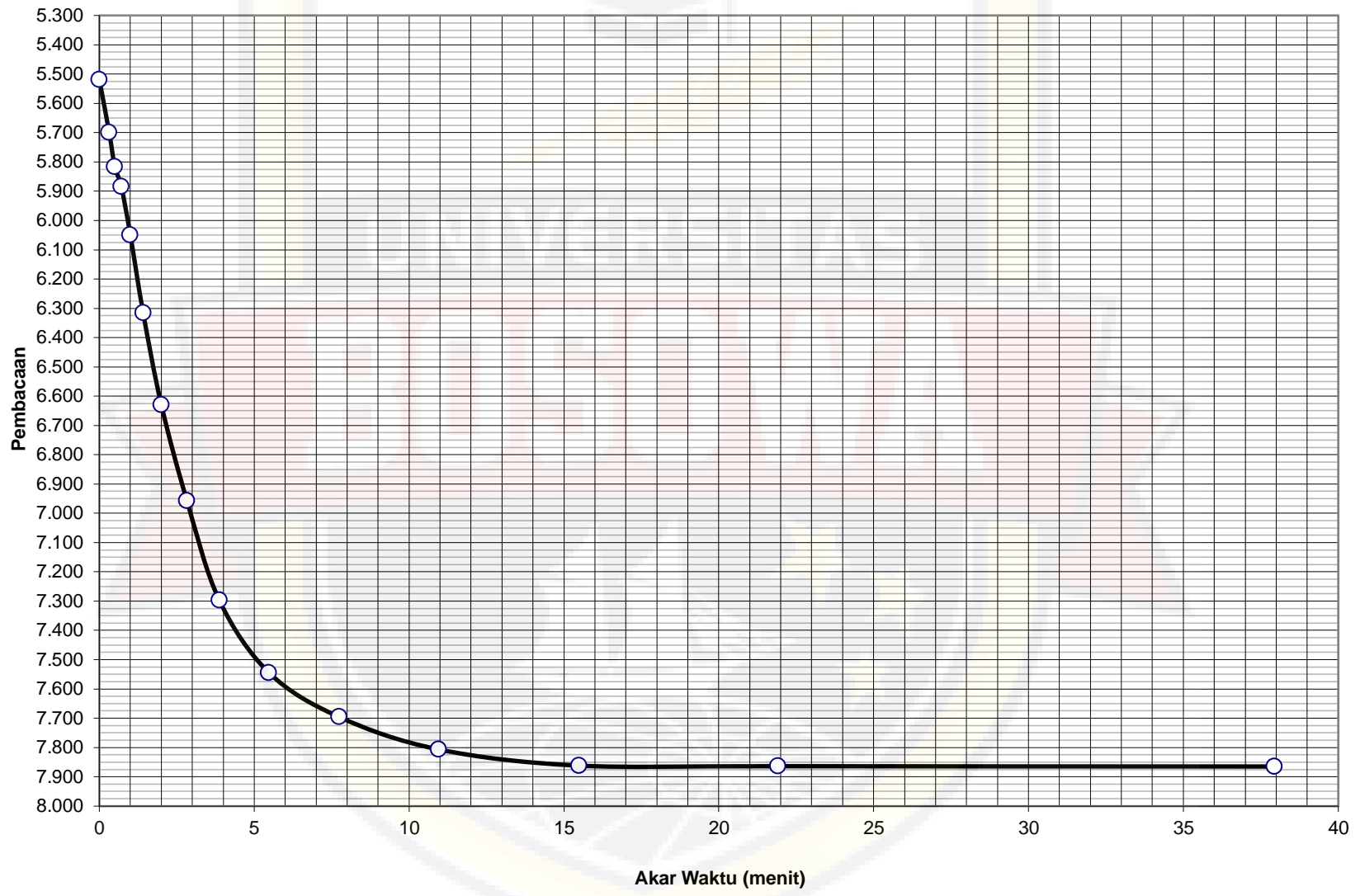
Taylor's Method
Tekanan 2 kg/cm²
T.A 70% + F.A 30%
sample 1



Taylor's Method
Tekanan 4 kg/cm²
T.A 70% + F.A 30%
sample 1



Taylor's Method
Tekanan 8 kg/cm²
T.A 70% + F.A 30%
sample 1





Pekerjaan : Penelitian Tugas Akhir
Nama : Muhammad Aidul
Stambuk : 45 12 041 009
Judul : Analisa Nilai Konsolidasi Pada Tanah Lempung Lunak Yang Di Campur Dengan FLY ASH

PENGUJIAN KONSOLIDASI
(SNI 2812:2011)
T.A 70% + F.A 30% (Sample 2)

Berat Ring, W_1	:	63.1	gram
Berat Tanah Basah + Ring, W_2	:	173.45	gram
Berat Tanah Kering + Ring, W_3	:	162.4	gram
Volume Ring, V	:	66.33	cm ³
Kadar Air, $\omega = (W_2 - W_3) / (W_3 - W_1) \cdot 100\%$:	11.13	%
Berat Volume Tanah Basah, $\gamma_{wet} = (W_2 - W_1) / V$:	1.66	gram/cm ³
Berat Volume Tanah Kering, $\gamma_{dry} = \gamma_{wet} / (1 + \omega)$:	1.497	gram/cm ³

Beban (kg)	0.825	1.65	3.3	6.6	13.2	26.4	6.6	0.825
Tekanan (kg/cm ²)	0.25	0.5	1	2	4	8	2	0.25
0 detik	0.000	0.641	1.410	2.408	3.705	5.519	7.877	7.203
6 detik	0.064	0.715	1.503	2.525	3.864	5.723	7.834	7.059
15 detik	0.096	0.754	1.553	2.590	3.955	5.841	7.800	6.962
30 detik	0.114	0.775	1.581	2.627	4.006	5.908	7.781	6.908
1 menit	0.159	0.829	1.651	2.718	4.134	6.074	7.734	6.772
2 menit	0.231	0.916	1.763	2.864	4.339	6.339	7.658	6.555
4 menit	0.316	1.018	1.896	3.036	4.580	6.653	7.568	6.299
8 menit	0.405	1.125	2.035	3.217	4.833	6.982	7.475	6.031
15 menit	0.497	1.235	2.178	3.403	5.094	7.321	7.378	5.754
30 menit	0.564	1.315	2.283	3.539	5.284	7.569	7.307	5.552
1 jam	0.605	1.365	2.347	3.622	5.400	7.720	7.264	5.429
2 jam	0.635	1.401	2.393	3.683	5.486	7.831	7.232	5.338
4 jam	0.650	1.419	2.417	3.714	5.528	7.886	7.216	5.293
8 jam	0.652	1.421	2.419	3.716	5.530	7.888	7.216	5.291
24 jam	0.653	1.422	2.420	3.717	5.531	7.889	7.215	5.291

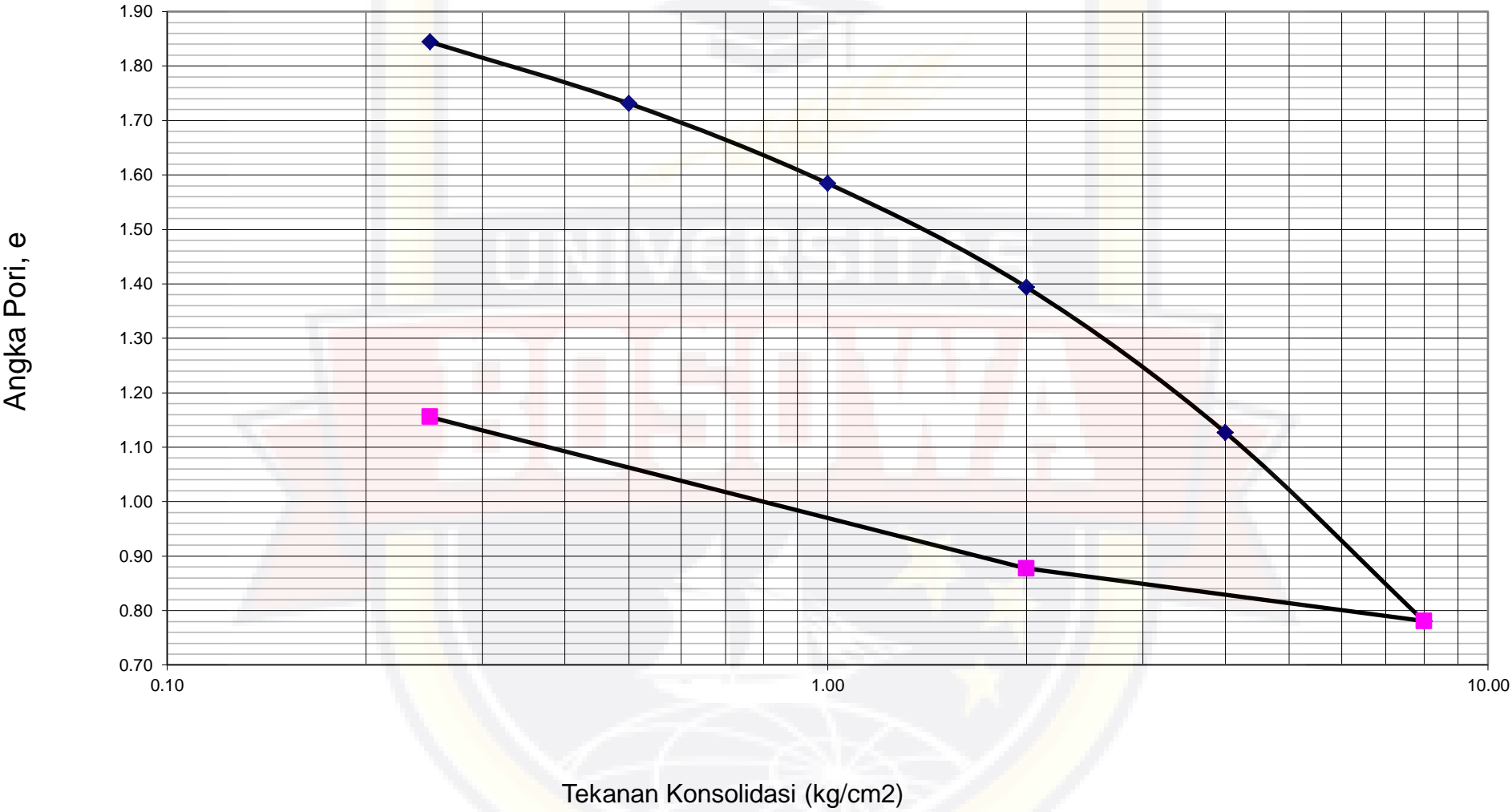
Diperiksa Oleh :

Hasrullah,ST
Asisten Lab

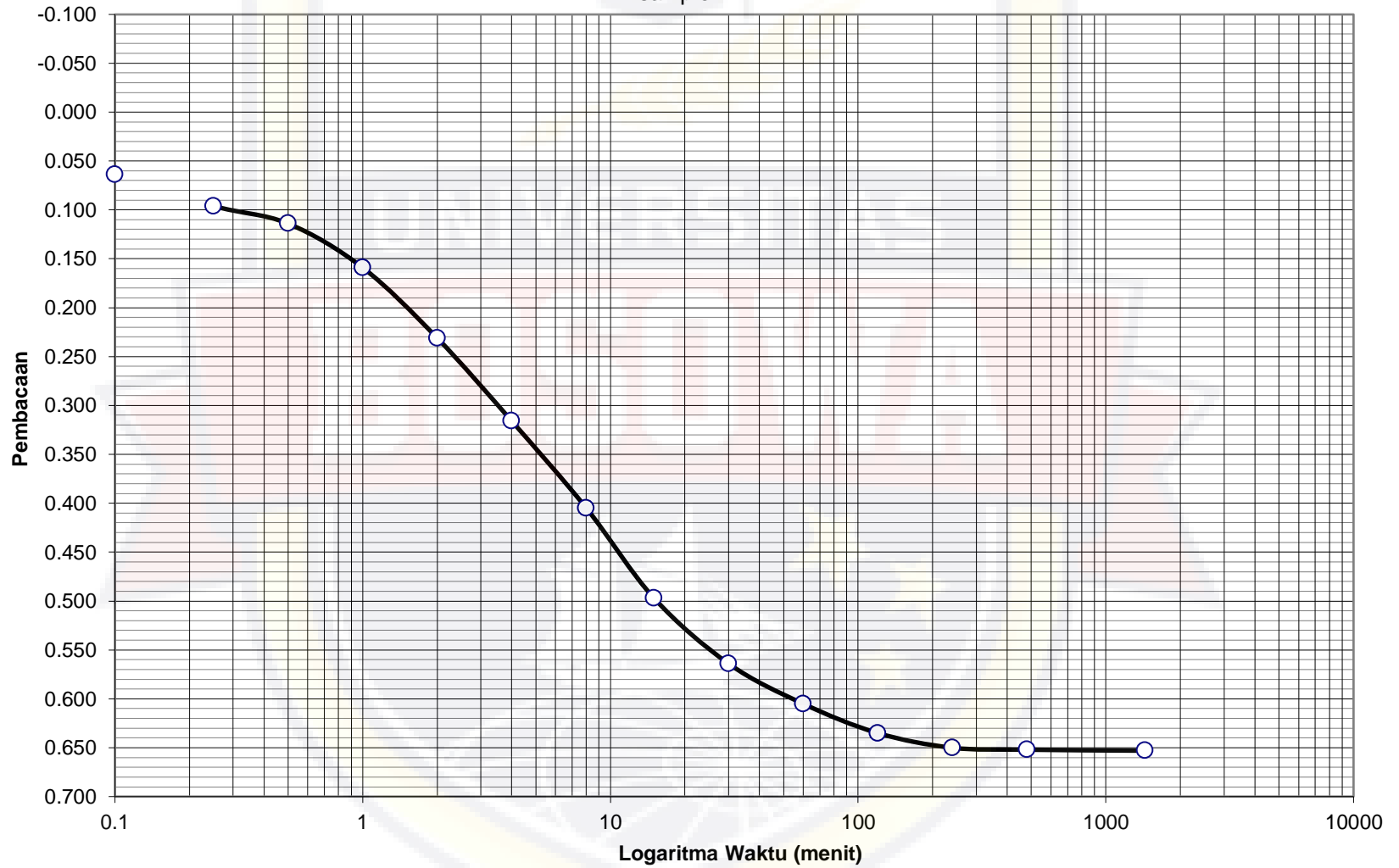
Makassar, 22 Februari 2019
Dibuat oleh :

Muhammad Aidul
Mahasiswa

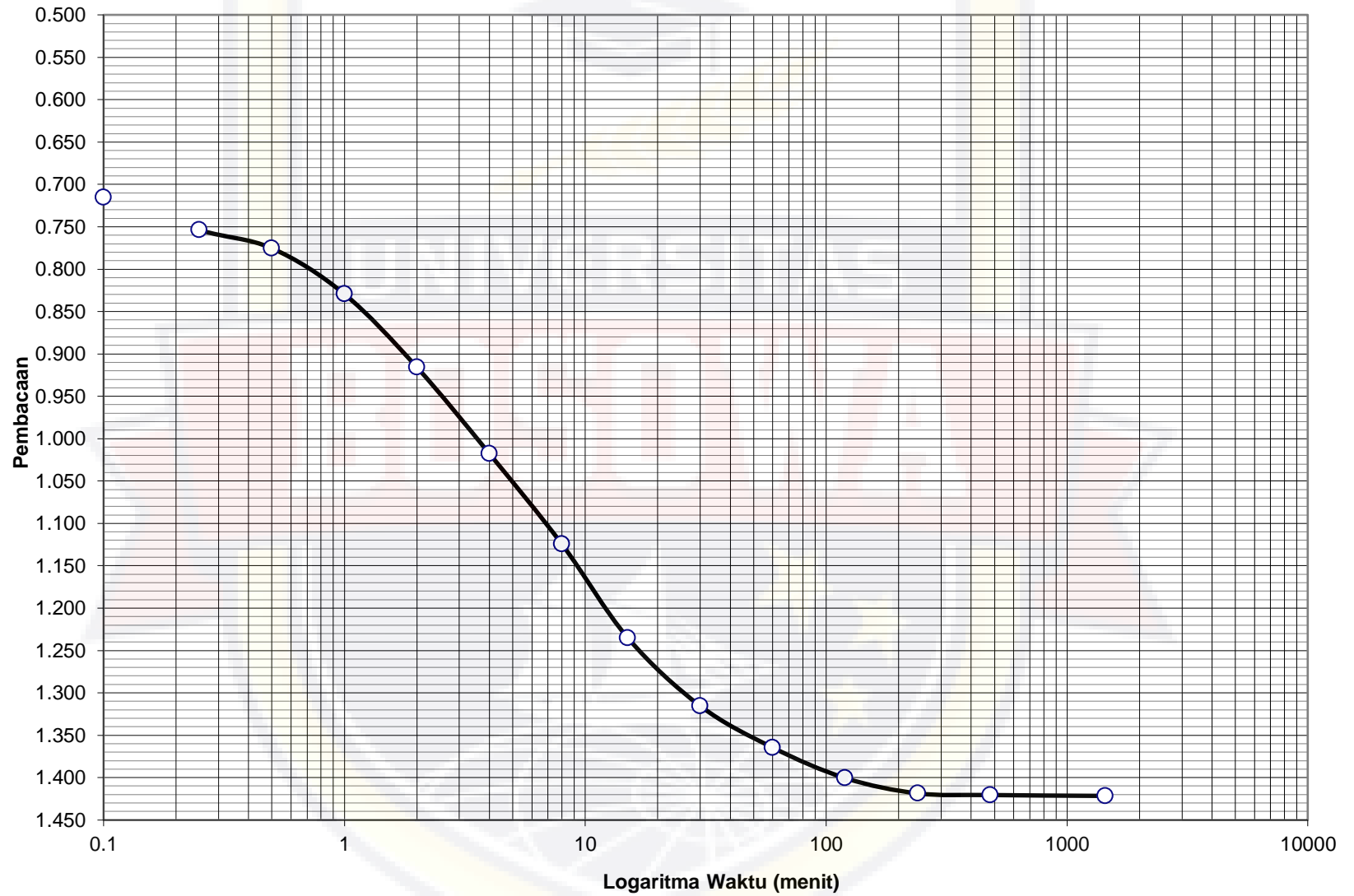
Grafik Hubungan antara Angka pori dengan Tekanan Konsolidasi
T.A 70% + F.A 30% sample 2



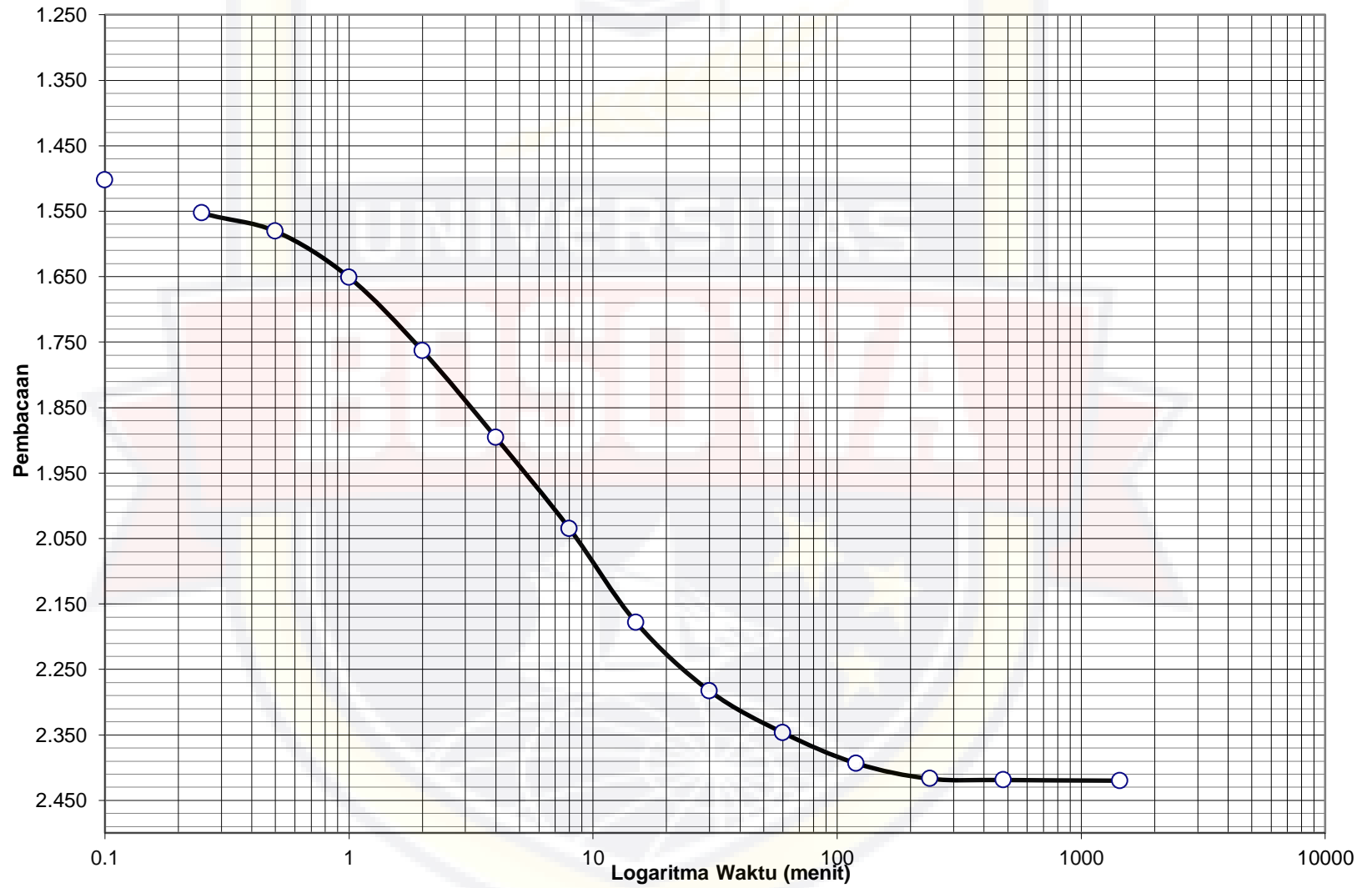
Casagrande Method's
Tekanan 0,25 kg/cm²
T.A 70% + F.A 30%
sample 2



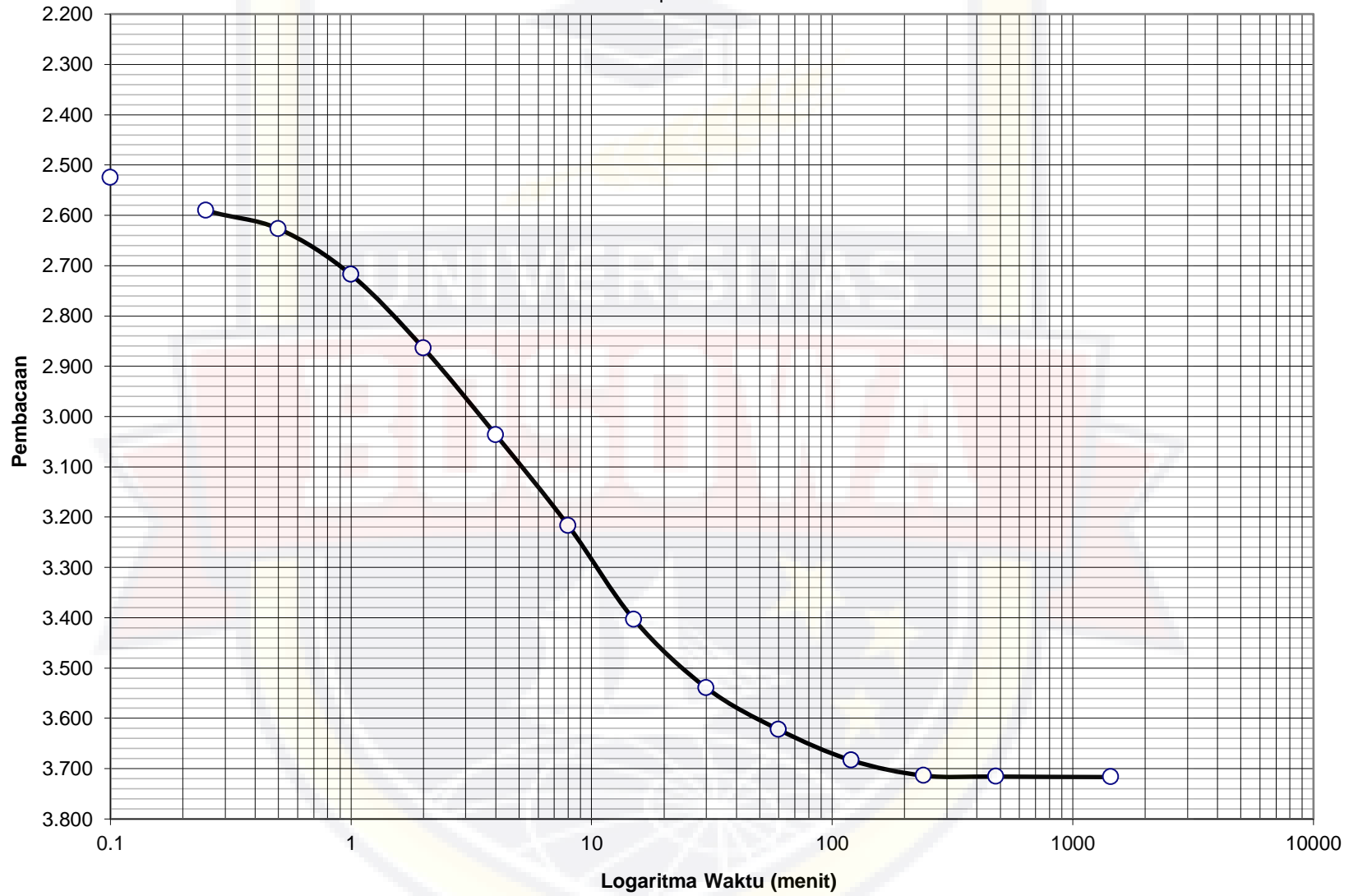
Casagrande Method's
Tekanan 0,5 kg/cm²
T.A 70% + F.A 30%
sample 2



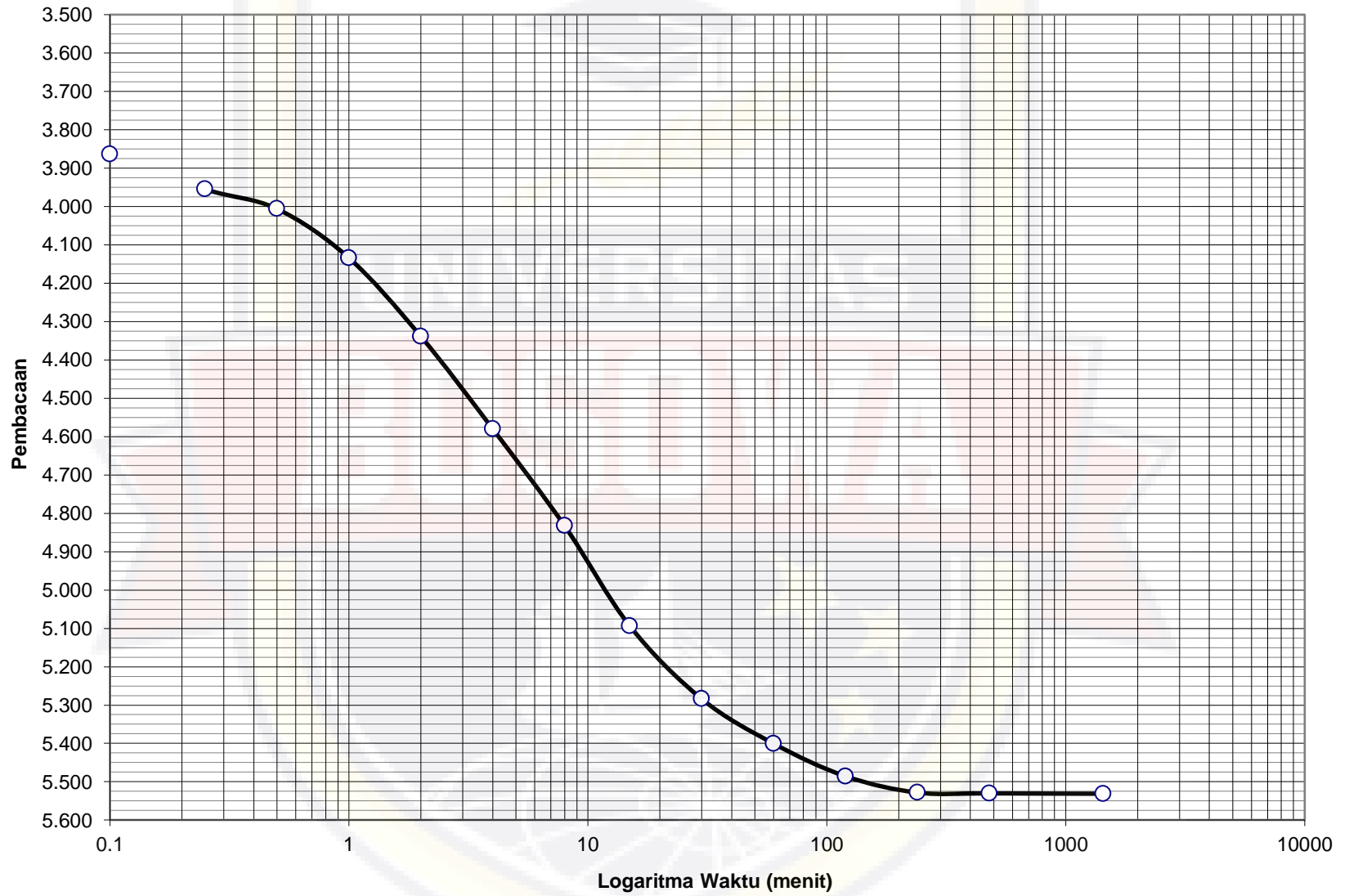
Casagrande Method's
Tekanan 1 kg/cm²
T.A 70% + F.A 30%
sample 2



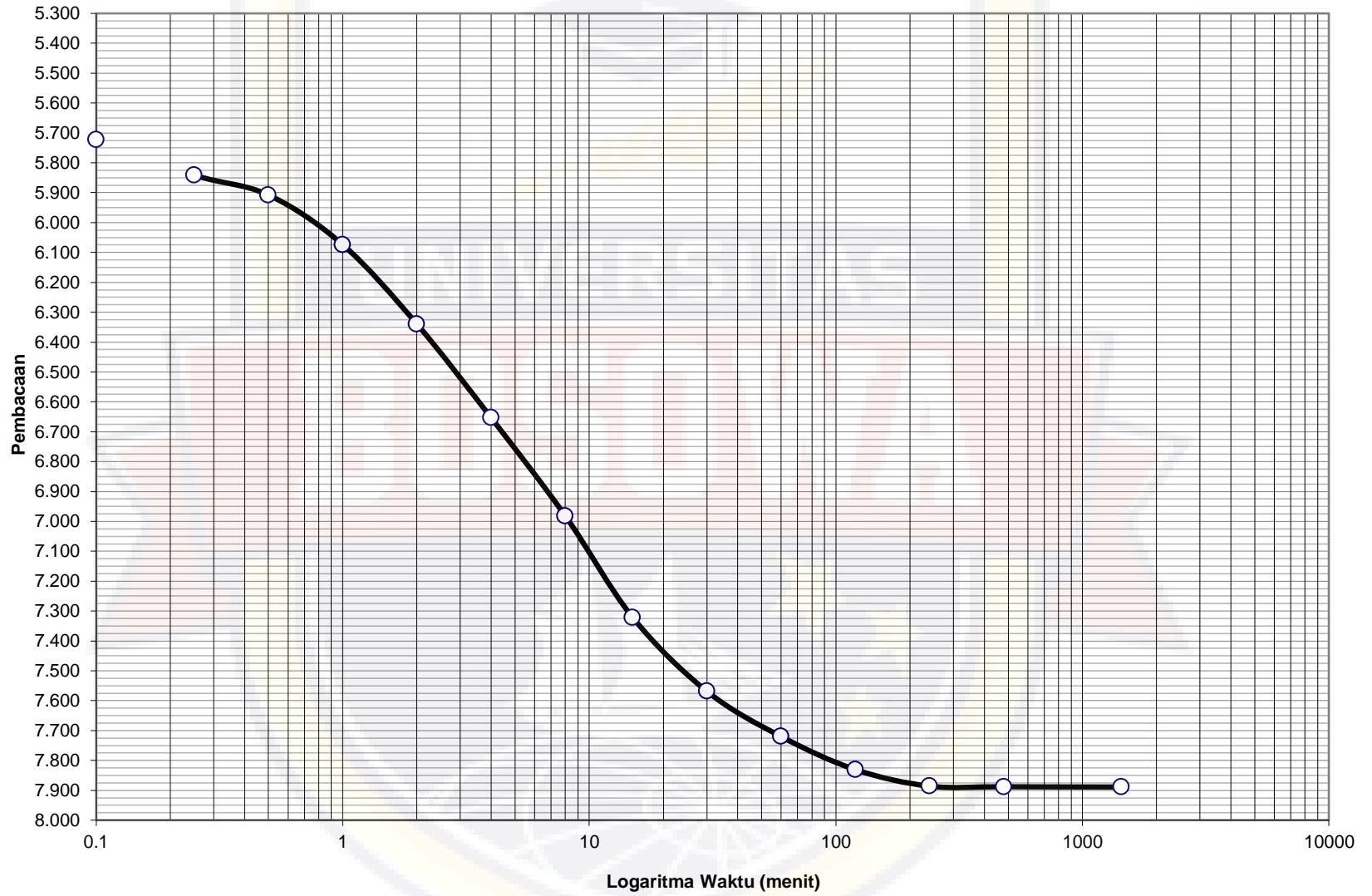
Casagrande Method's
Tekanan 2 kg/cm²
T.A 70% + F.A 30%
sample 2



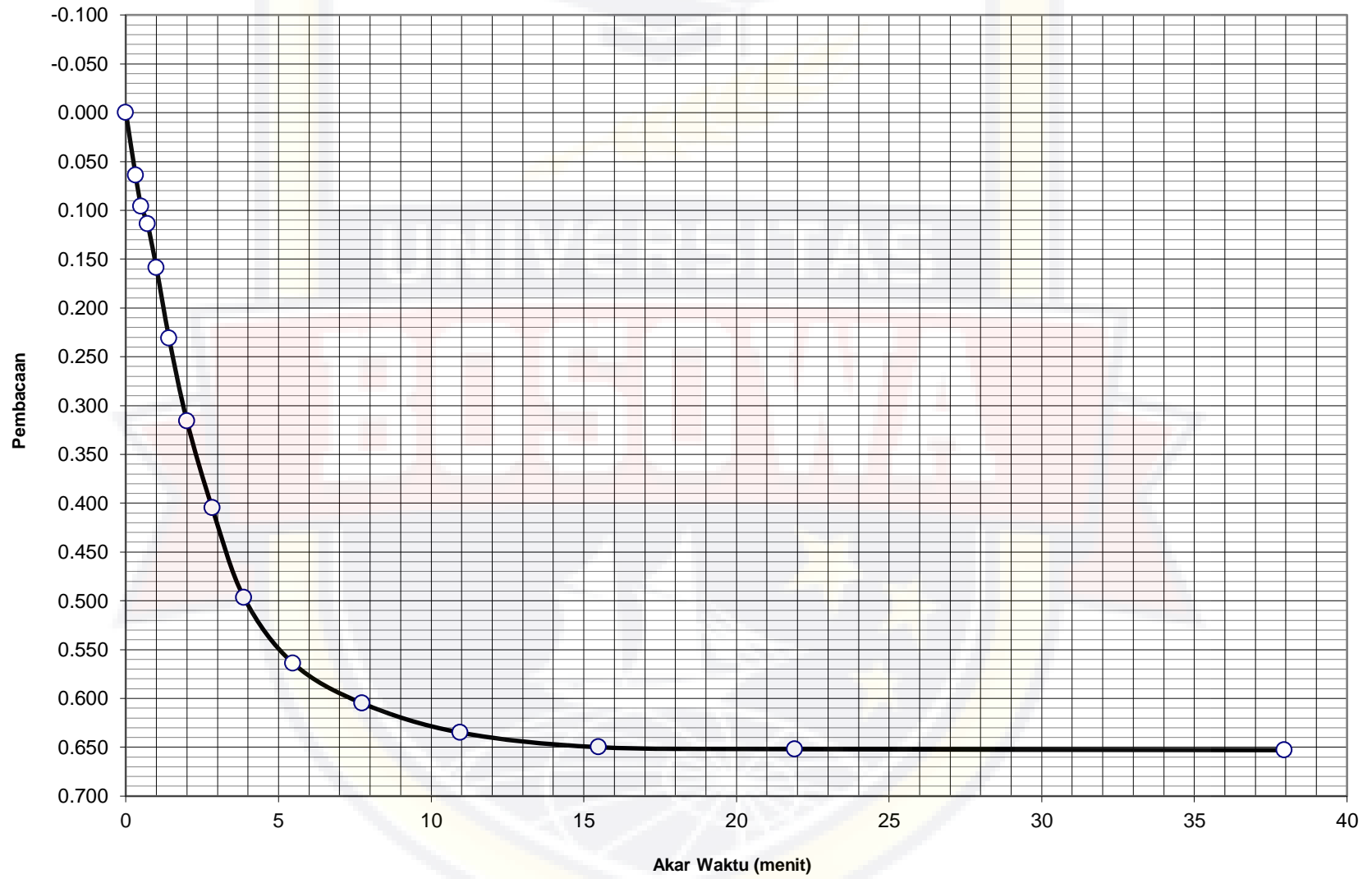
Casagrande Method's
Tekanan 4 kg/cm²
T.A 70% + F.A 30%
sample 2



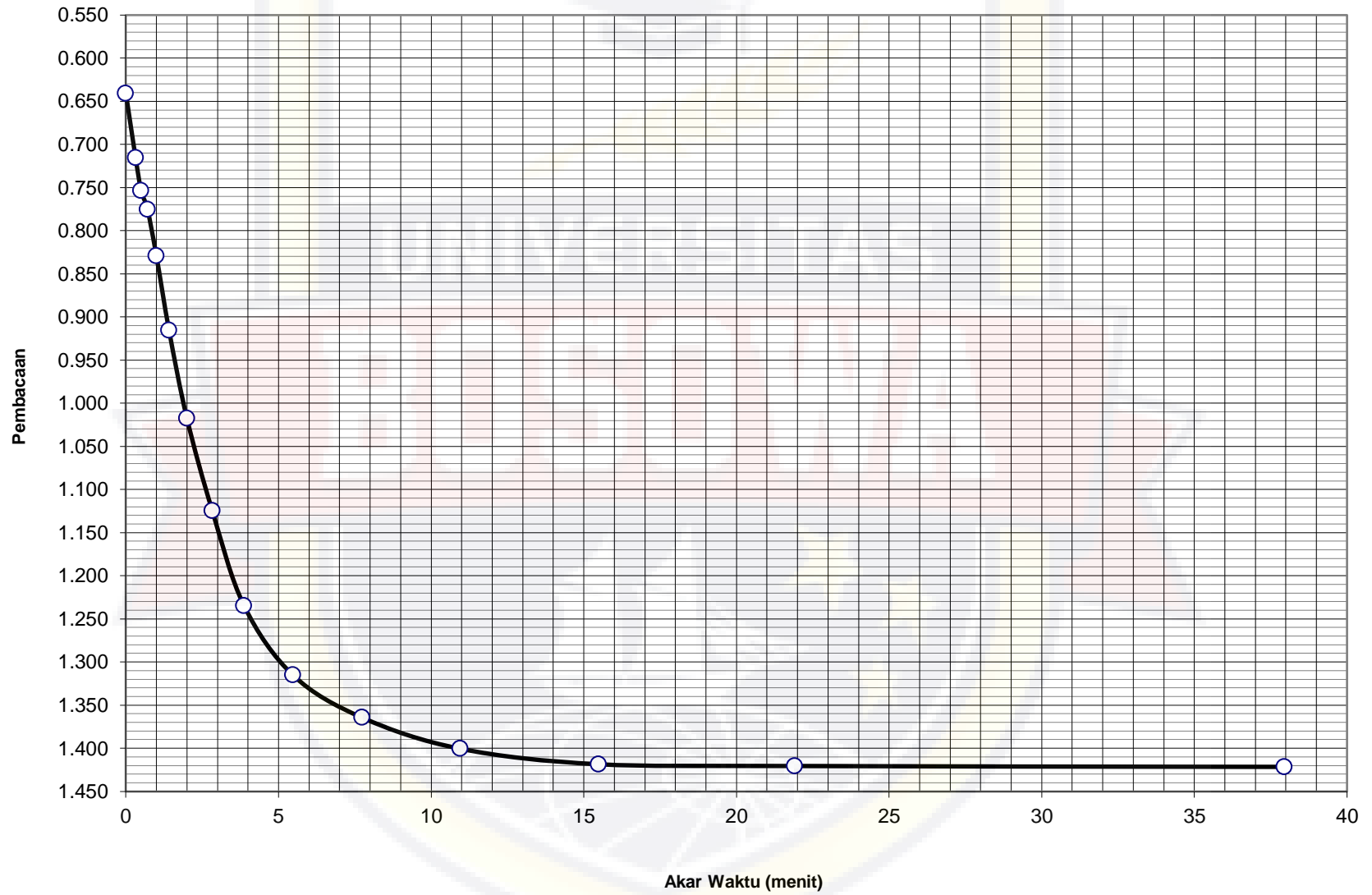
Casagrande Method's
Tekanan 8 kg/cm²
T.A 70% + F.A 30%
sample 2



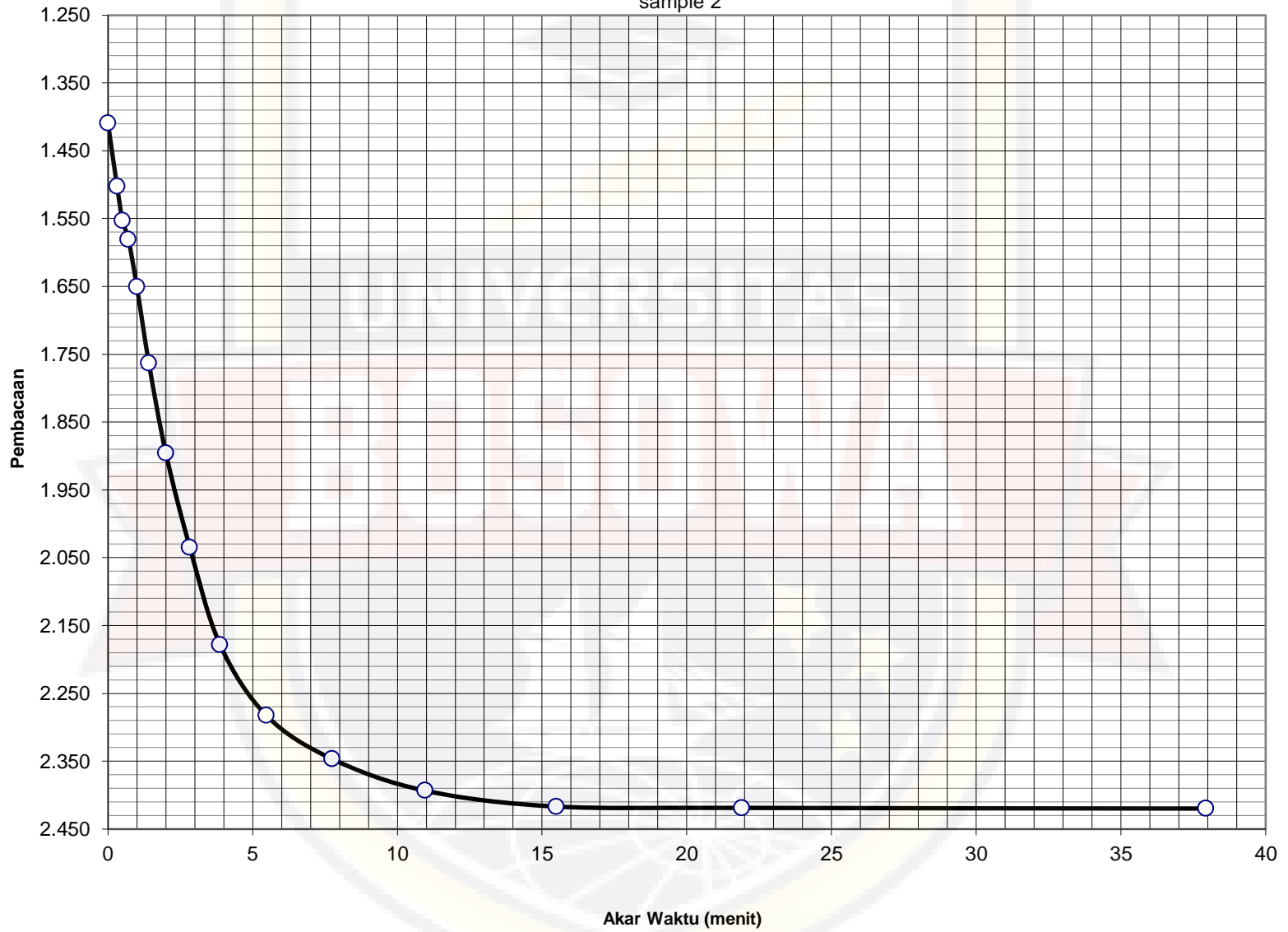
Taylor's Method
Tekanan 0,25 kg/cm²
T.A 70% + F.A 30%
sample 2



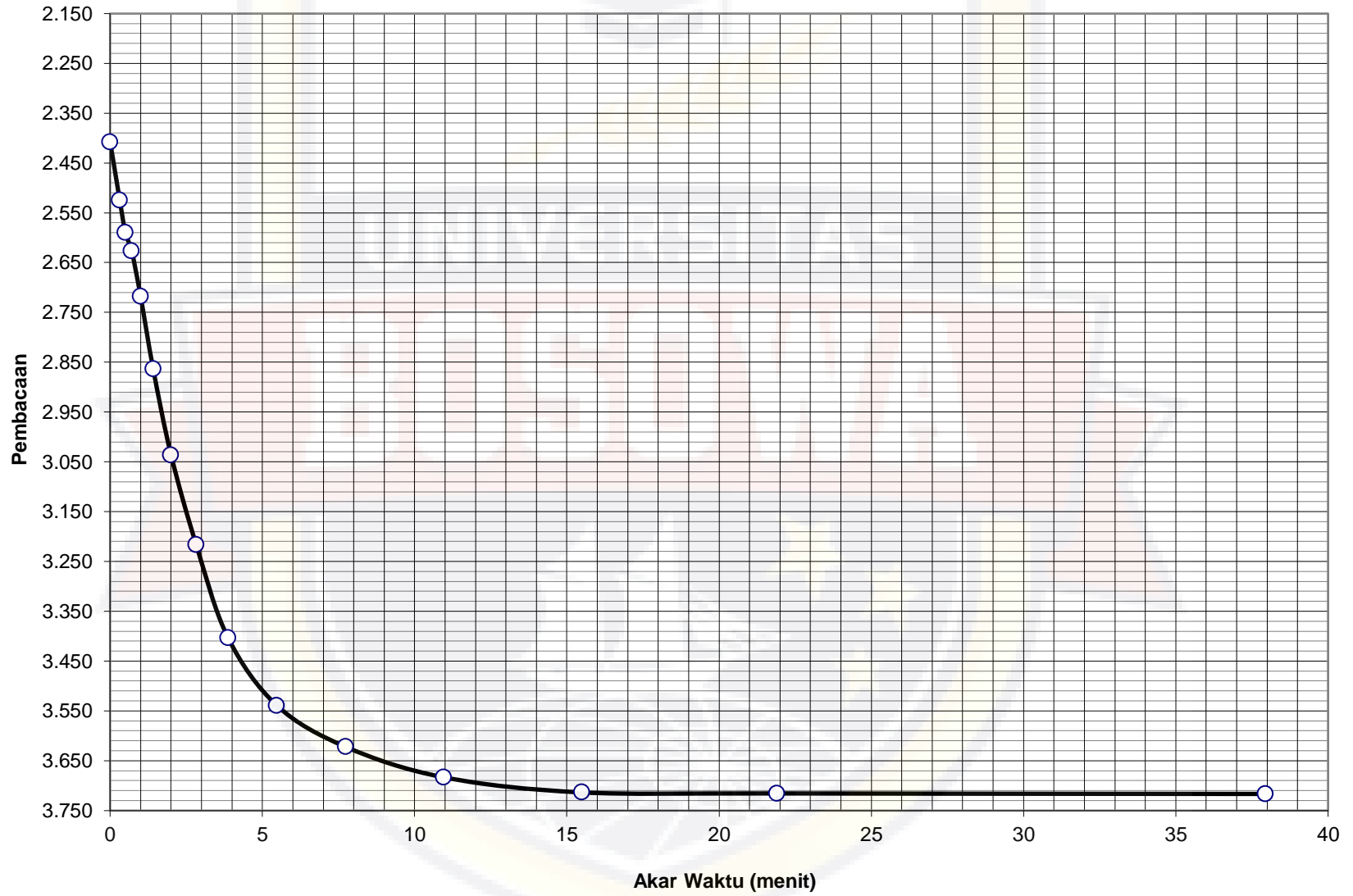
Taylor's Method
Tekanan 0,5 kg/cm²
T.A 70% + F.A 30%
sample 2



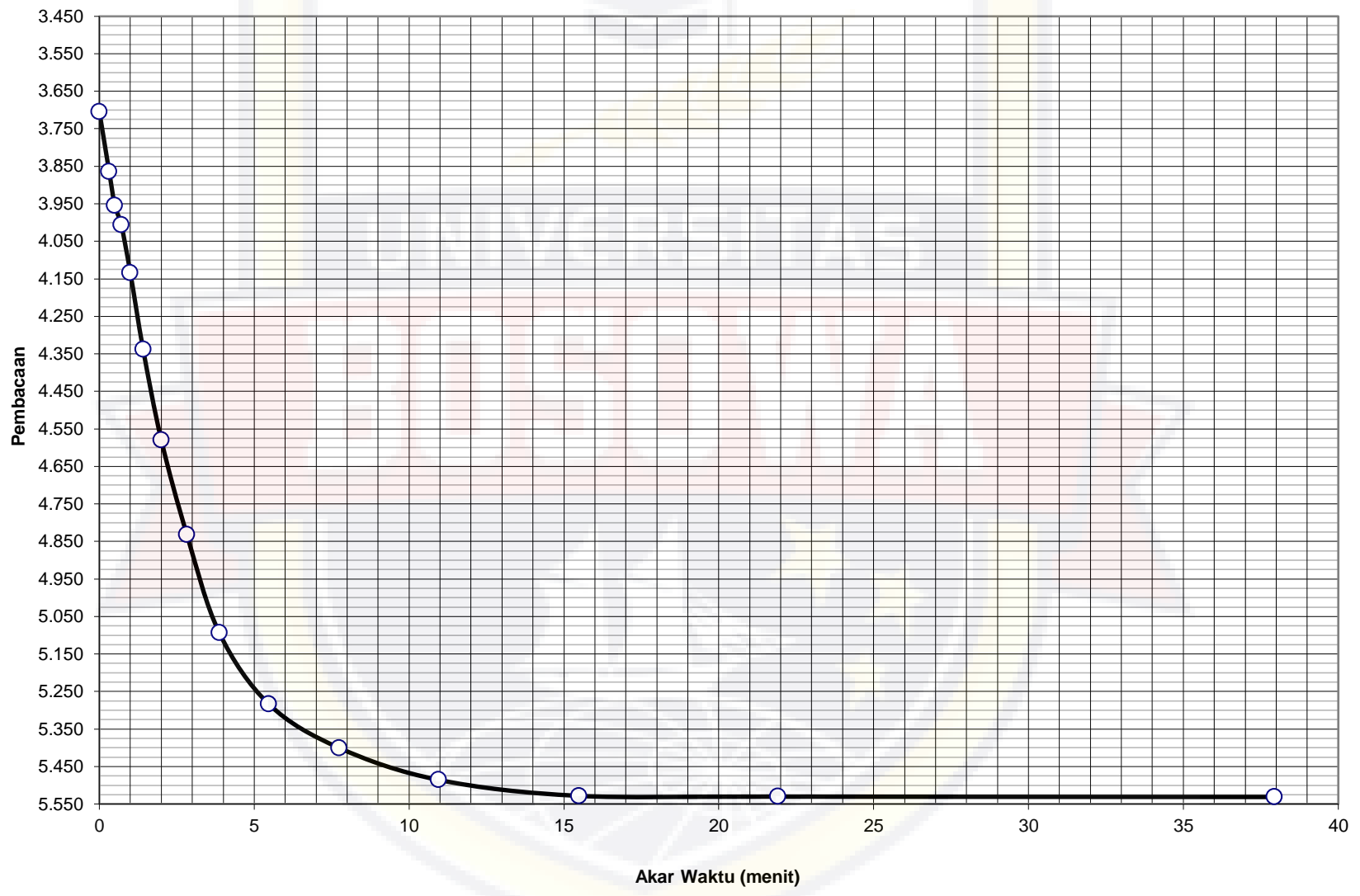
Taylor's Method
Tekanan 1 kg/cm²
T.A 70% + F.A 30%
sample 2



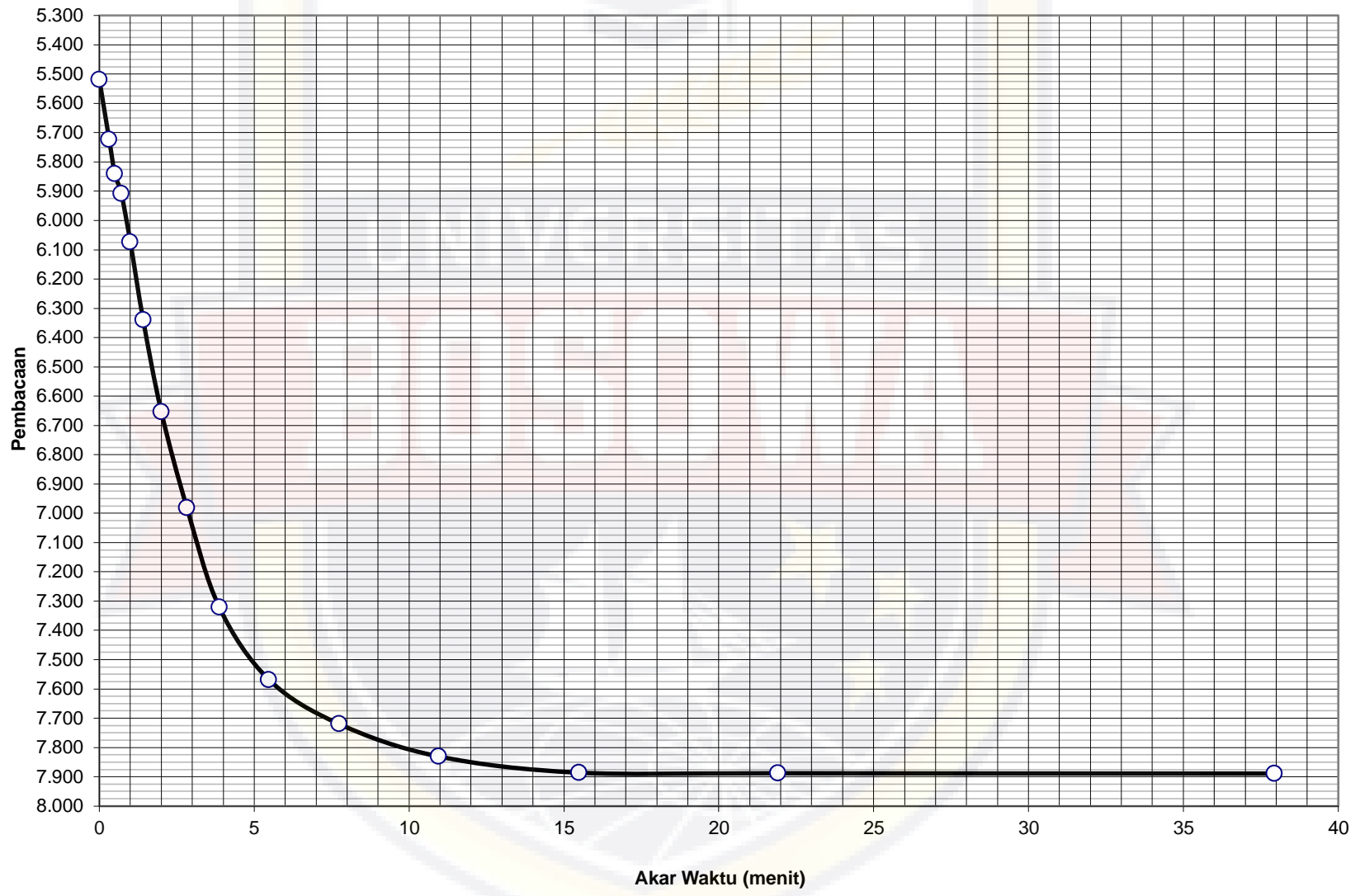
Taylor's Method
Tekanan 2 kg/cm²
T.A 70% + F.A 30%
sample 2



Taylor's Method
Tekanan 4 kg/cm²
T.A 70% + F.A 30%
sample 2



Taylor's Method
Tekanan 8 kg/cm²
T.A 70% + F.A 30%
sample 2





DOKUMENTASI

DOKUMENTASI PENGUJIAN



Pemanasan Benda Uji (Pengujian Berat Jenis)



Pembersihan Kadar Lumpur (Analisa Saringan Basah)



Analisa Saringan



Pembacaan Hidrometer



Pengujian Batas-Batas ATL (Batas Cair)



Pemadatan Benda Uji (Kompaksi)



Pengujian Konsolidasi

BOSOWA

