

SIDANG TUGAS AKHIR (P3)

Surabaya, 6 Agustus 2014

ANALISA KEANDALAN PADA PIPA BAWAH LAUT AKIBAT *FREE SPANNING* DAN REKTIFIKASINYA

Oleh: Wahyu Ignas Dwi Putra(4310.100.081)

Dosen Pembimbing:

Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc

Prof. Ir. Daniel M. Rosyid Ph.D., M.RINA

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

2014



DAFTAR ISI

PENDAHULUAN
METODOLOGI PENELITIAN
HASIL DAN DISKUSI
PESIMPULAN

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

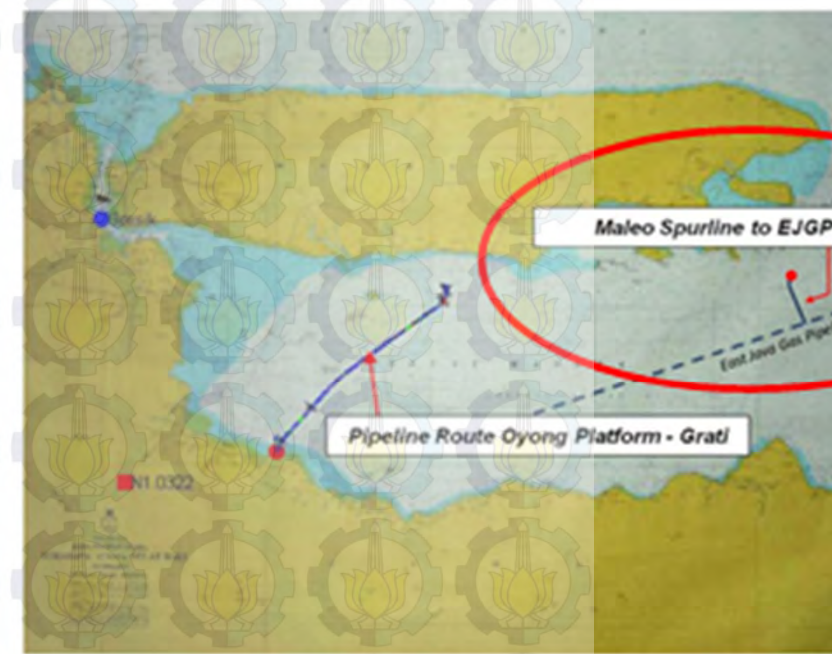
2014



PENDAHULUAN

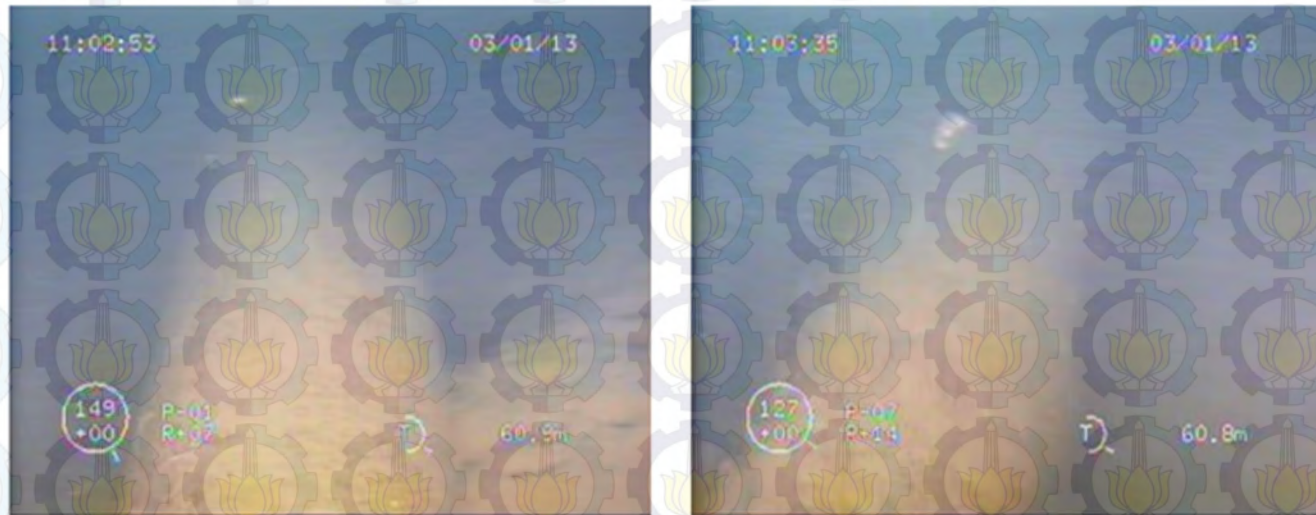
Bawah laut merupakan alat transportasi minyak dan gas yang sangat sarat akan modal dan profit. Tanpa dibutuhkan desain serta perawatan yang teliti, pipa bawah laut dapat berfungsi secara efektif. Salah satu penyebab pipa mengalami kegagalan adalah *scouring*.

Salah satu kasus pada pipa yang mengalami *scouring* adalah jalur pipa bawah laut dari *platform* maleo ke P (East Java Gas Pipeline) sepanjang 7,535 km. Setelah dilakukan inspeksi visual dengan menggunakan ROV pada awal Januari 2013 didapatkan laporan bahwa terdapat 179 *freespan* dengan *freespan* terpanjang 36



Peta Lokasi Jalur Pipeline dari Maleo Field -

Kegagalan pada pipa bawah laut dapat berupa overstress, buckling dan fatigue. Pada kasus ini keandalan pipa akan dihitung terhadap tegangan ekuivalen dan tegangan longitudinal dengan menggunakan simulasi *monte carlo*.



Hasil Inspeksi Visual pada Pipa Terkena *Scouring*

Tabel 2.1 Pipeline Material Properties Data

Parameters	Units	Description
Outside Diameter	Mm	355.6 (14 inch)
Line Pipe Wall Thickness	Mm	14.3
Material	-	API 5L Grade X65 PSL 2 CS
SMYS ¹⁾	MPa	448
SMTS ¹⁾	MPa	531
Young Modulus	MPa	2.07×10^5
Poison Ratio	-	0.3
Steel Density	kg/m ³	7850
Content density (max. at 1500psig and 75 MMscfd)	kg/m ³	85 ³⁾

Parameters	Units	Description
Coefficient of Thermal Expansion	/ °C	1.17×10^{-5}
Pipeline Service	-	Gas

Table 2.2 Pipeline Corrosion Coating Design Data

Item	Unit	Description
Material	-	Asphalt Enamel
Corrosion Coating Thickness	Mm	4.5
Corrosion Coating Density	kg/m ³	1300
Corrosion Coating Cutback	Mm	150

Table 2.3 Pipeline Concrete Coating Design Data

Data	Unit	Description
Concrete Coating Thickness	Mm	30
Concrete Coating Density	kg/m ³	2800
Corrosion Coating Cutback	Mm	225

Untuk menghindari terjadinya kegagalan pada pipeline, perlu dilakukan *aktivifikasi* atau pembetulan dengan penambahan *support* pada *freespan*. Pertimbangan desain *support* nantinya akan disesuaikan dengan kondisi lingkungan agar scouring tidak terjadi pada *support*. *Support* nantinya akan menggunakan tipe *concrete grout bag* dengan bentuk seperti pyramid agar tahan terhadap *scouring*.



Perumusan Masalah

Permasalahan yang di bahas pada penelitian tugas akhir ini berdasarkan data pipa pada tersebut :

Berapa tegangan longitudinal dan tegangan ekuivalen yang terjadi pada *free span* terpanjang?

Berapa indeks keandalan dari *free span* terhadap tegangan longitudinal dan tegangan ekuivalen?

Bagaimana penempatan, dimensi desain, serta stabilitas *support freespan* yang paling efektif?

Tujuan

Adapun tujuan yang dicapai dalam penelitian tugas akhir ini berdasarkan data pipa pada tabel adalah

1. Mengetahui tegangan ekuivalen pada *free span* terpanjang.
2. Mengetahui indeks keandalan dari *free span* terhadap tegangan longitudinal dan tegangan ekuivalen.
3. Menentukan penempatan dan dimensi desain *support freespan* yang paling efektif.

Batasan Masalah

- . Menggunakan studi kasus pipa bawah laut dari Maleo *Field* sampai EGJI (*East Java Gas Pipeline*)
- . Code yang digunakan untuk menghitung tegangan adalah DNV RP F105 dan DNV RP F101
- . Pengaruh *marine growth* terhadap pipa diabaikan
- . Biaya pembuatan *support* dan instalasinya pada *Freespan* diabaikan
- . Tidak memperhitungkan beban gempa
- . Perhitungan beban yang terjadi pada *support* menggunakan *software* AutoPIPE V8i

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram alir secara umum

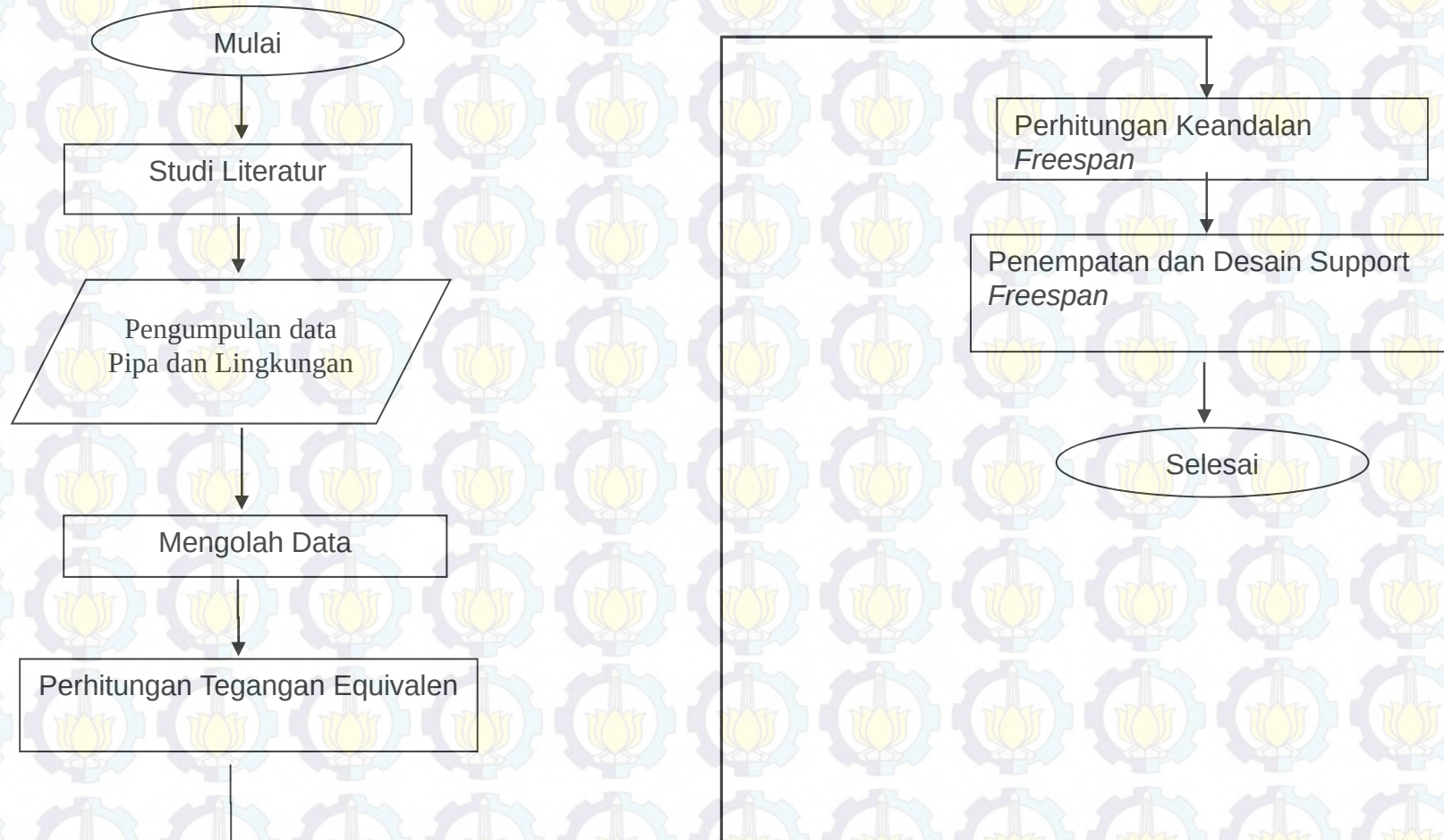


Diagram Alir Perhitungan Keandalan *Freestran* dengan simulasi *monte carlo*

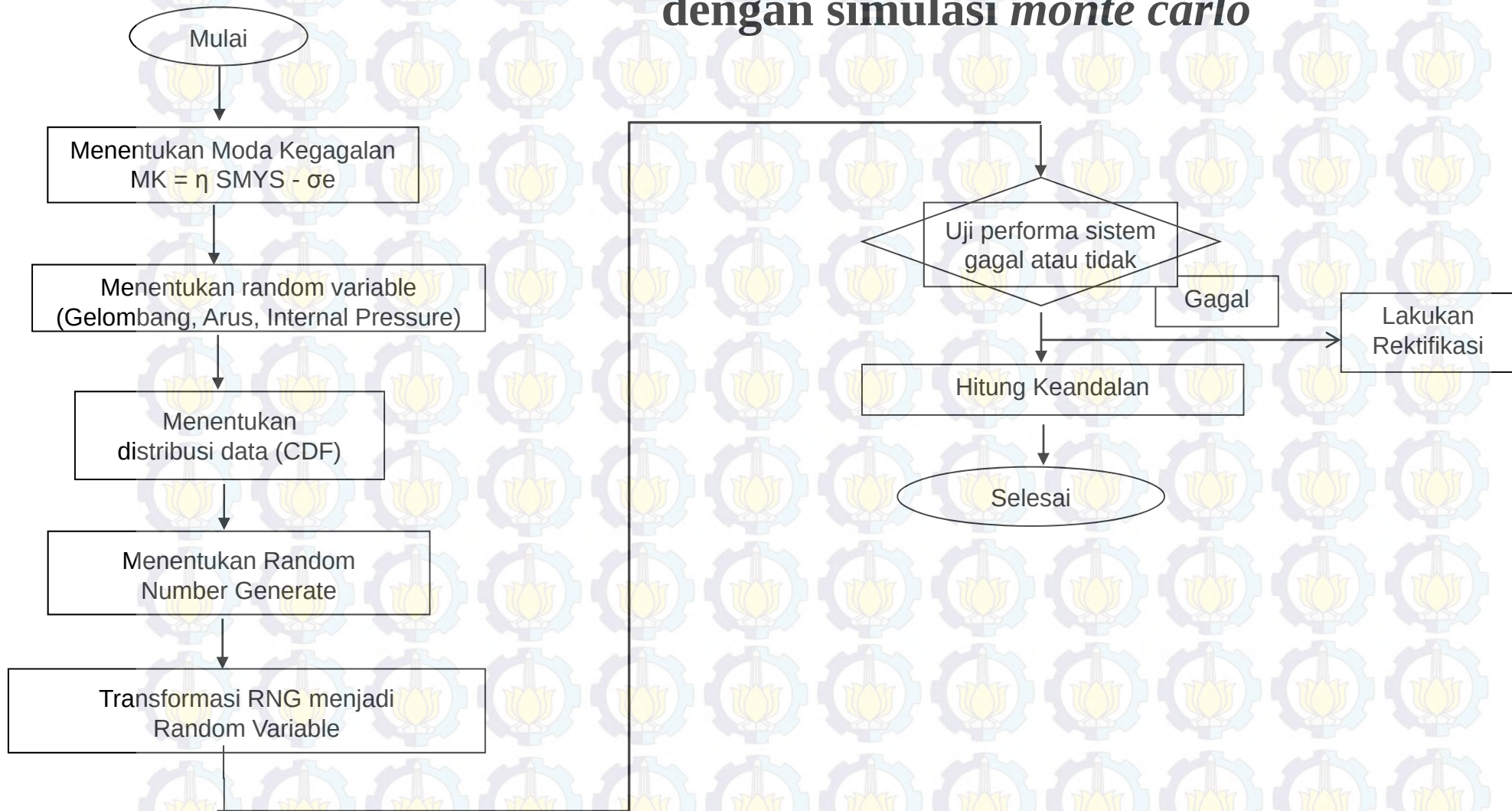
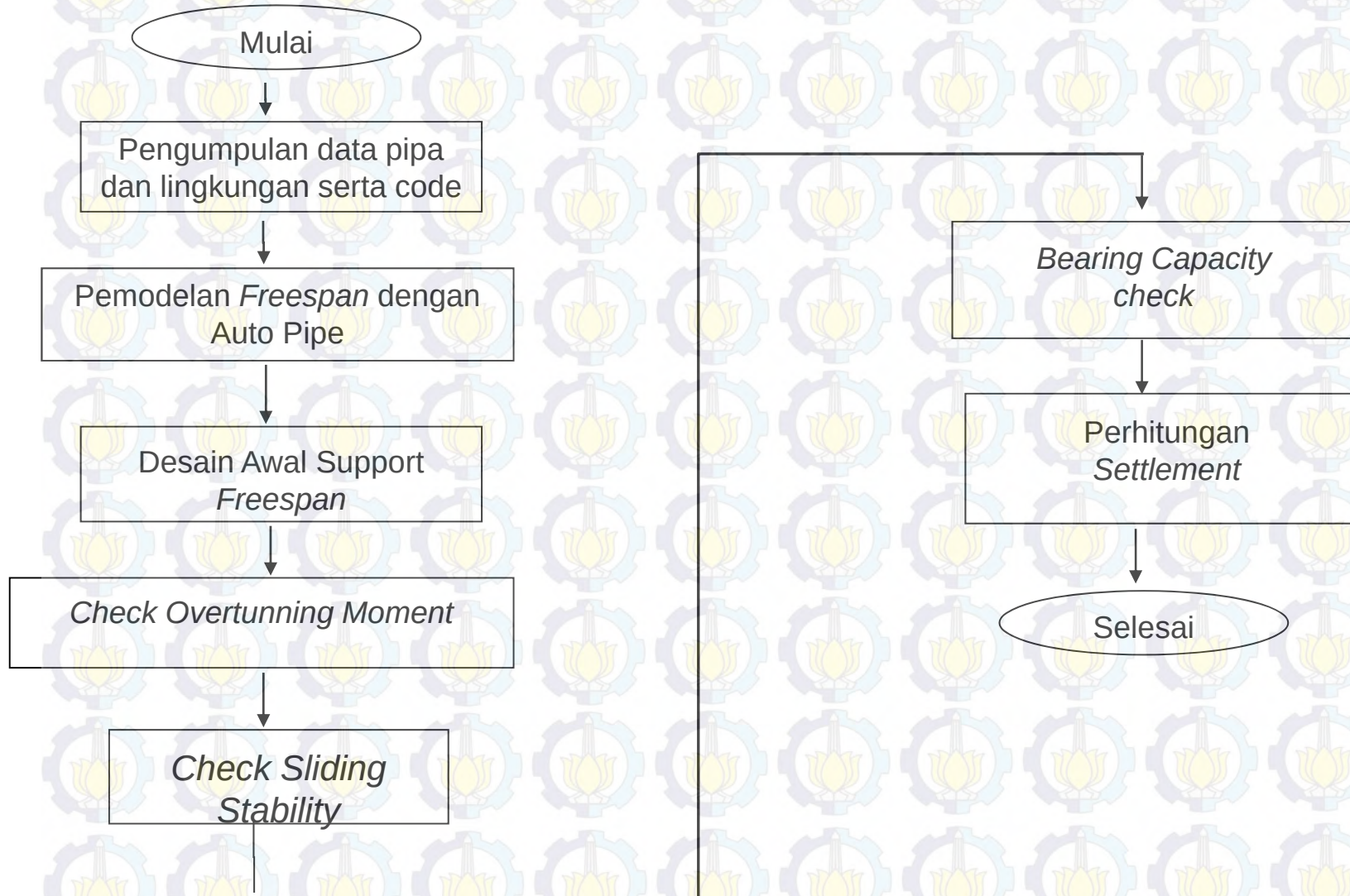
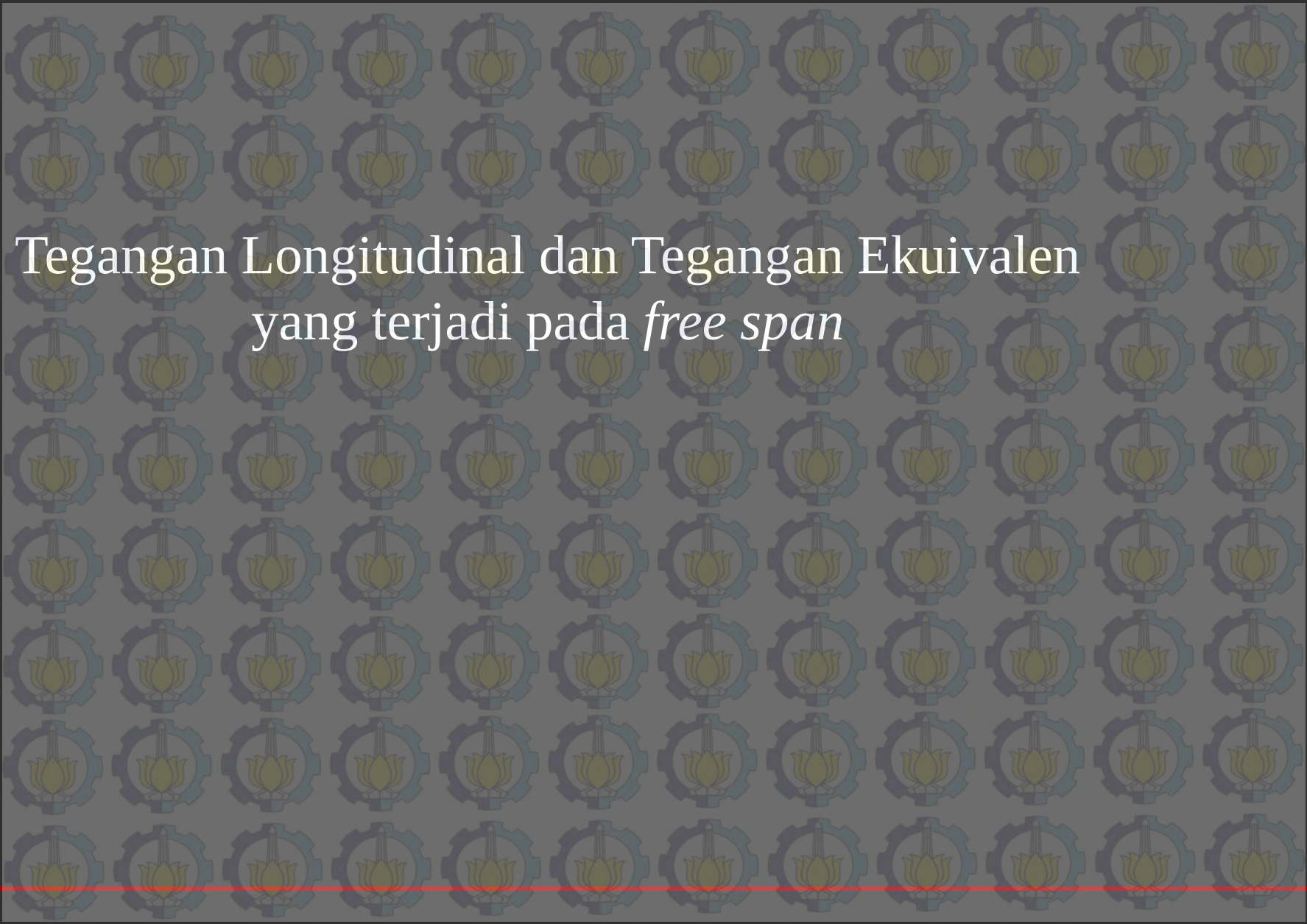


Diagram Alir Analisa Support





Tegangan Longitudinal dan Tegangan Ekuivalen
yang terjadi pada *free span*

Tegangan Ekuivalen

Tegangan ekuivalen disini merupakan resultan dari *hoop stress* dan *longitudinal stress*.

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_h^2 + \sigma_l^2 - \sigma_h \sigma_l}$$

σ_h = *Hoop stress*

σ_l = *Longitudinal Stress*

Tegangan Longitudinal

$$\sigma_l = \sigma_{l.dyn} + \sigma_{l.m} + \sigma_{l.axial}$$

$\sigma_{l.dyn}$ = Tegangan longitudinal akibat beban lingkung

$\sigma_{l.m}$ = Tegangan longitudinal akibat momen

$\sigma_{l.axial}$ = Tegangan longitudinal akibat gaya aksial

Tegangan longitudinal akibat beban lingkungan ($\sigma_{l.dyn}$)

Kumpulan Data Pipa dan lingkungan yang akan di input dalam perhitungan

Penentuan Teori Gelombang (Kecepatan partikel disebabkan oleh Gelombang)

Perhitungan Properties Pipa

Panjang Efektif Free Span

Frekuensi natural Span

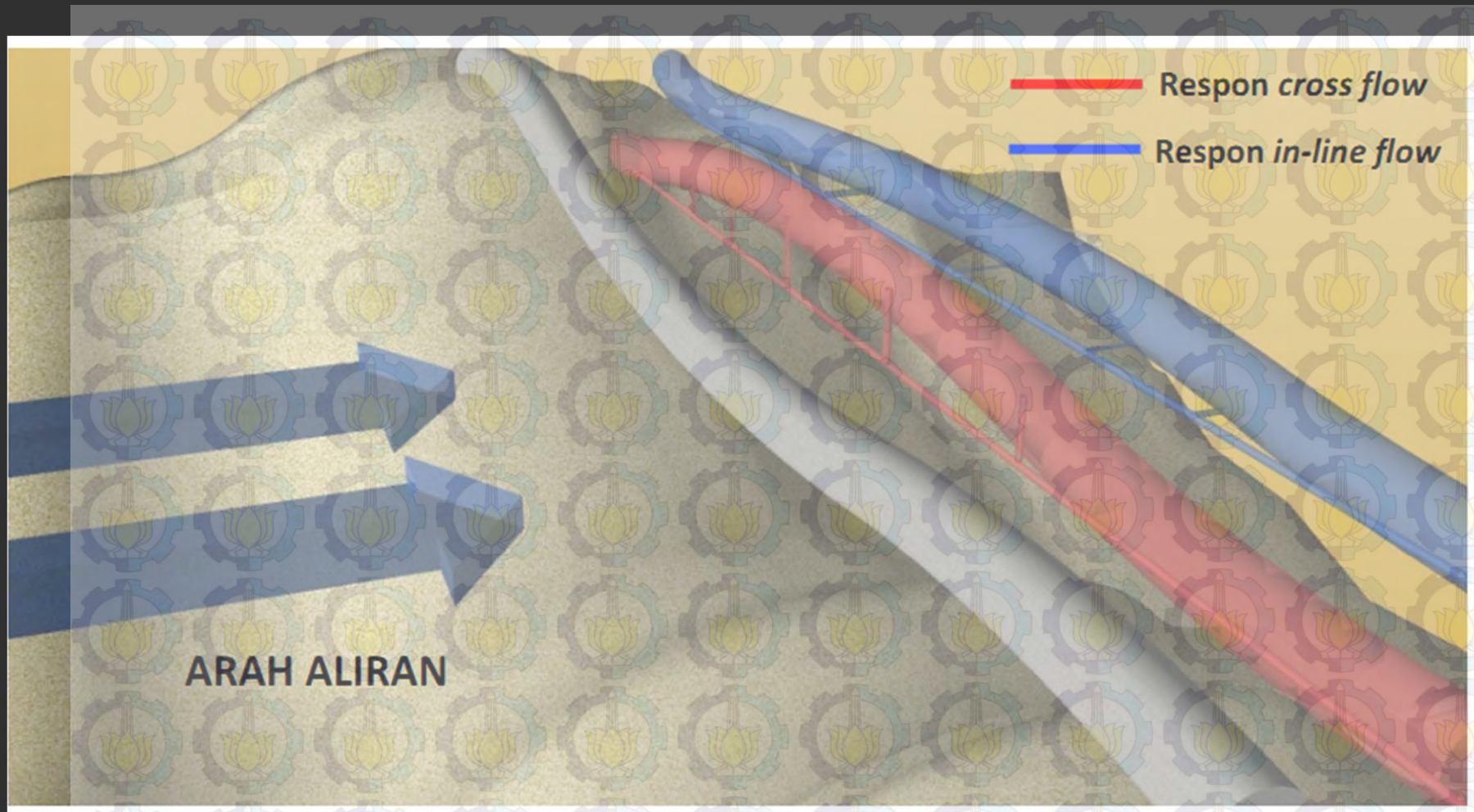
Reduced Velocity

Perhitungan Amplitudo VIV

Maksimum Amplitudo Tegangan

Range Tegangan

Tegangan Dinamis

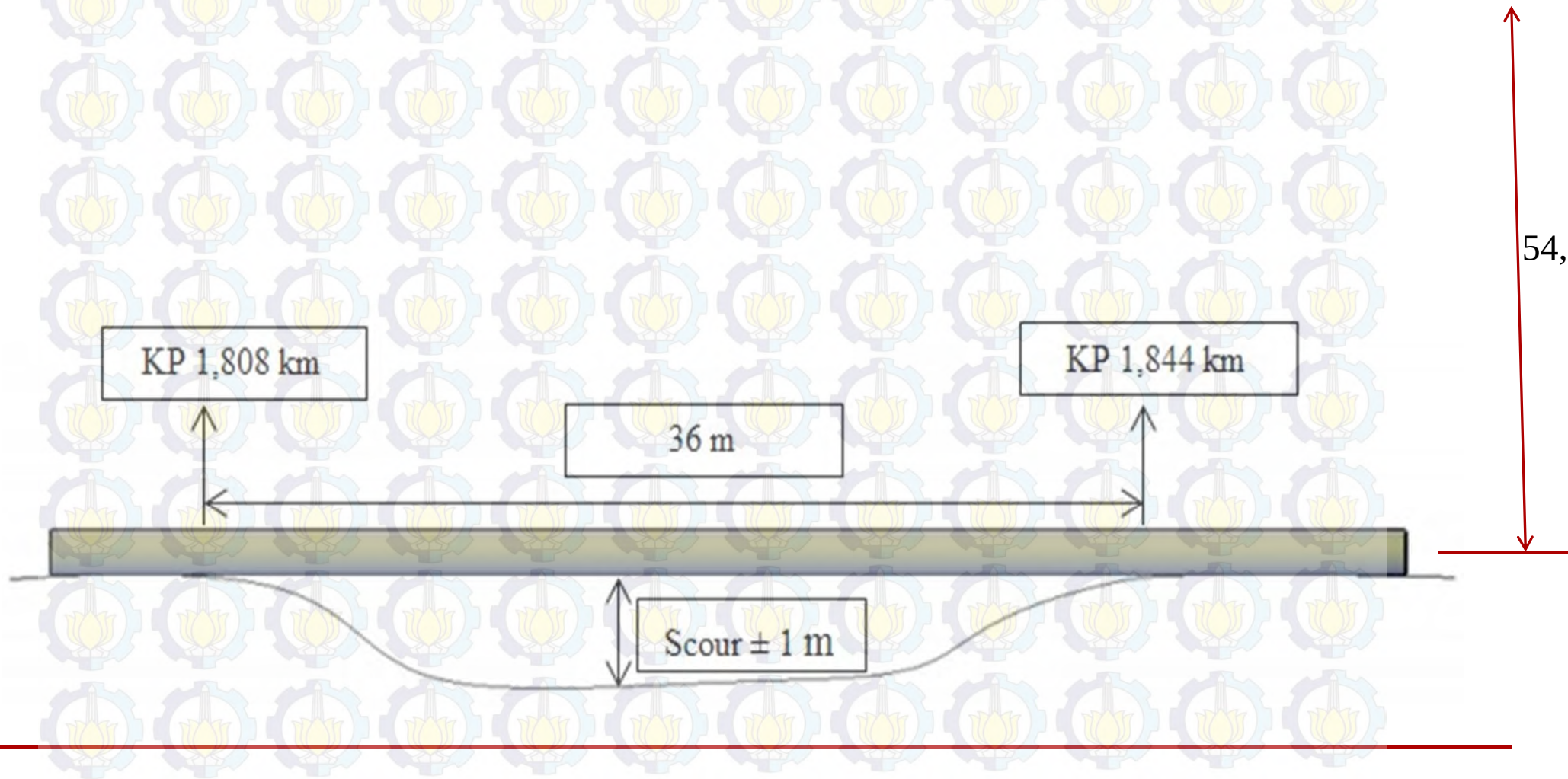


Ilustrasi respon dinamik free span

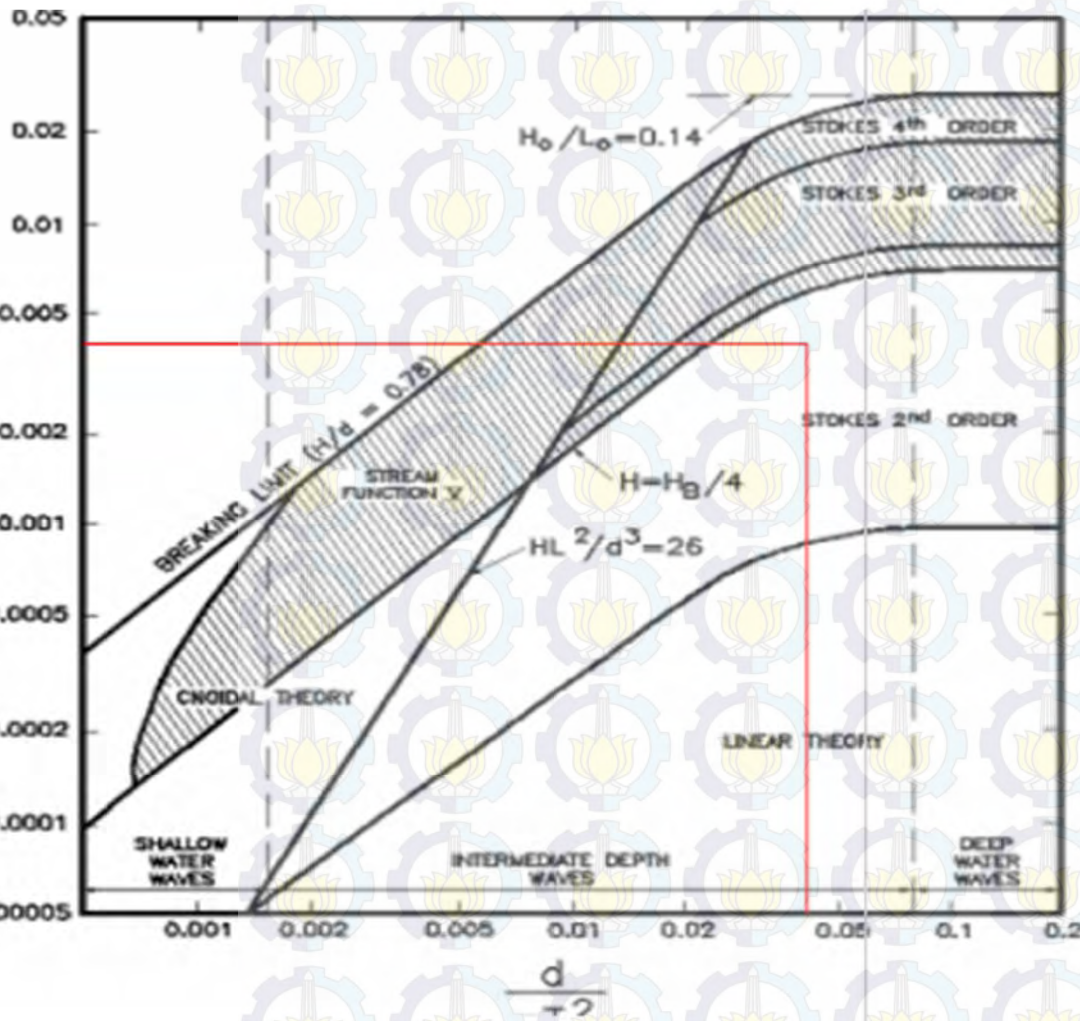
Data inputan

Parameter	Units	Symbol	Value
Kedalaman laut	m	d	55
Kedalaman pipa di laut	m	y	54,788
Tinggi Gelombang Signifikan	m	Hs	5.19
Periode Gelombang	s	Ts	11.46
Panjang Gelombang	m	Lw	194.91
Kedalaman Scouring	m	e	1
Kecepatan arus di permukaan	m/s	U	1.03
Design Internal Pressure	Mpa	Pi	13.89
Residual Lay Tension	kN	Heff	450

Elevasi Pipa



Penentuan Teori Gelombang



Stokes Orde 2

Parameter	Unit	Simbol	Nilai
Kecepatan Partikel akibat gelombang	m/s	Uw	0.482
Kecepatan arus pada pipa	m/s	Uc	0.490

Perhitungan total *Longitudinal Stress*

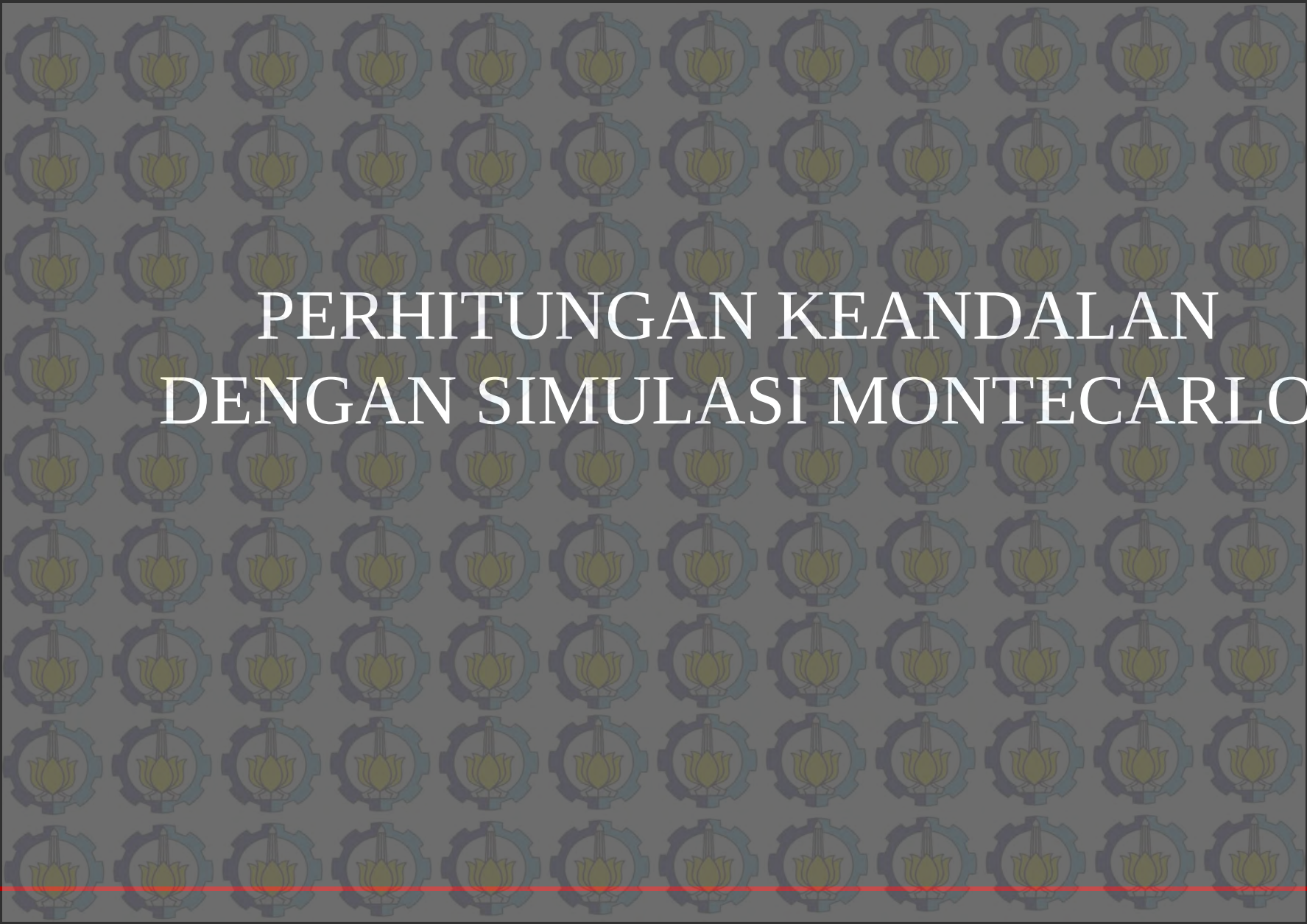
Parameter		Satuan	Simbol	Nilai
Tegangan longitudinal dinamis	<i>In line</i>	MPa	$\sigma_{dyn IL}$	13.24
	<i>Cross Flow</i>		$\sigma_{dyn CF}$	19.01
Tegangan longitudinal momen	<i>In line</i>	MPa	σ_{mIL}	191.9
	<i>Cross Flow</i>		σ_{mCF}	185
Tegangan longitudinal aksial		MPa	σ_{axial}	133.5
Total Tegangan longitudinal	<i>In line</i>	MPa	$\sigma_{l IL}$	299.5
	<i>Cross Flow</i>		$\sigma_{l CF}$	302.8

Perhitungan Hoop Stress

Parameter	Satuan	Simbol	Nilai
Tekanan Internal	MPa	P_i	13.89
Tekanan Eksternal	MPa	P_e	0.563
Diameter Pipa	m	D_i	0.356
<i>Wall Thickness</i>	m	t_{nom}	0.014
<i>Hoop Strees</i>	MPa	σ_h	159

Perhitungan Ekuivalen Stress

Parameter		Satuan	Simbol	Nilai
Total Tegangan Longitudinal	In Line	MPa	$\sigma_{l IL}$	299.5
	Cross Flow		$\sigma_{l CF}$	320.8
Hoop Stress		MPa	σ_h	159
Ekuivalen Stress	In Line	MPa	σ_{eIL}	263.1
	Cross Flow		$\sigma_{e CF}$	260.4



PERHITUNGAN KEANDALAN DENGAN SIMULASI MONTECARLO

Moda kegagalan terhadap tegangan longitudinal arah *line*

$$K = \eta \times SMYS - \sigma_{l_{IL}} \quad (11)$$

$$\text{Maka,}$$

$$= \frac{1}{2} \left(2 \cdot A_{CF} \cdot \frac{A_z}{D} \cdot \psi \alpha_{IL} \cdot \gamma_s \right) + \frac{W_{sub} \cdot L f s^2 \cdot D_t}{16 \cdot I_{steel}} + \frac{S_{eff} + P_i \cdot A_i - P_e \cdot A_e}{A_s}$$

Moda kegagalan terhadap tegangan longitudinal arah *Cross flow*

$$K = \eta \times SMYS - \sigma_{l_{CF}} \quad (12)$$

$$\text{Maka,}$$

$$= \frac{1}{2} \left(2 \cdot A_{IL} \cdot \frac{A_y}{D} \cdot R_k \cdot \gamma_s \right) + \frac{W_{sub} \cdot L f s^2 \cdot D_t}{16 \cdot I_{steel}} + \frac{S_{eff} + P_i \cdot A_i - P_e \cdot A_e}{A_s}$$

c. Moda kegagalan terhadap tegangan ekuivalen arah *line*

$$MK = \eta \times SMYS - \sqrt{\sigma_{l_{IL}}^2 + \sigma_h^2 - \sigma_{l_{IL}} \sigma_h^2} \quad (13)$$

c. Moda kegagalan terhadap tegangan ekuivalen arah *Cross flow*

$$MK = \eta \times SMYS - \sqrt{\sigma_{l_{CF}}^2 + \sigma_h^2 - \sigma_{l_{CF}} \sigma_h^2} \quad (14)$$

Rand variable	Distribusi	Mean	StdDeviasi
Tinggi Gelombang (Hs)	Weibull	0.3028	0.35
Kecepatan arus (Uc)	Weibull	0.4690	0.0469
Tekanan Internal (Pi)	Normal	12.6	1.26
$\eta \cdot SMYS$	Normal	358.4	35.84
Inersia Pipa (I_{steel})	Normal	0.0224	0.0112

SIMULASI MONTECARLO IN LINE

da kegagalan (Tegangan Ekuivalen)

$$\eta \times SMYS - \sigma_e$$

$$\sigma_l = \sigma_{L_{dyn}} + \sigma_{L_m} + \sigma_{L_{axial}}$$

$$\eta \times SMYS - \sqrt{\sigma_l^2 + \sigma_h^2 - \sigma_l^2 \sigma_h^2}$$

$$\sigma_h = (P_i - P_e) \frac{D_s - t_{nom}}{2 t_{nom}}$$

$$\frac{1}{2} (2 \cdot A_{CF} \cdot \frac{A_z}{D} \cdot \psi \alpha l L \cdot \gamma_s) + \frac{W_{sub} \cdot L f s^2 \cdot D_t}{16 \cdot I_{steel}} + \frac{S e f f + P_i \cdot A_i - P_e \cdot A_e}{A_s}$$

Rand variable	Distribusi	Mean	StdDeviasi
Tinggi Gelombang (Hs)	Weibull	0.3028	0.35
Kecepatan arus (Uc)	Weibull	0.4690	0.0469
Tekanan Internal (Pi)	Normal	12.6	1.26
$\eta \cdot SMYS$	Normal	358.4	35.84
Inersia Pipa (I_{steel})	Normal	0.0224	0.0112

Input

merged weight

ude Reduction due to damping

factor on stress range

diameter

e Diameter

factor on SMYS (use high)

ed Minimum Yield Stress

ude Stress In Line

tional Internal Pressure

Simbol

Nilai

Satuan Data Input

W_{sub}

913,16 N/m

Inertia Steel

R_k

0,985

Efektif axial force

γ_s

1,3

Eksternal Pressure

D_t

0,425 m

Internal Cross Section Area

D_s

0,356 m

Eksternal Cross Section Area

η

0,8

Area of Steel

SMYS

448 Mpa

Wall Thickness

AIL

98,9 MPa

Length Freespan

P_i

12,6 MPa

Natural Frequency

Simbol

Nilai

I_{steel}

0,02236 m

S_{eff}

960,3 k

P_e

0,5629 M

A_i

0,084 m

A_e

0,142 m

A_s

0,015 m

t_{nom}

0,014 m

L_{fs}

36 m

f_n

0,683

SIMULASI MONTECARLO

Keandalan terhadap tegangan ekuivalen arah In line

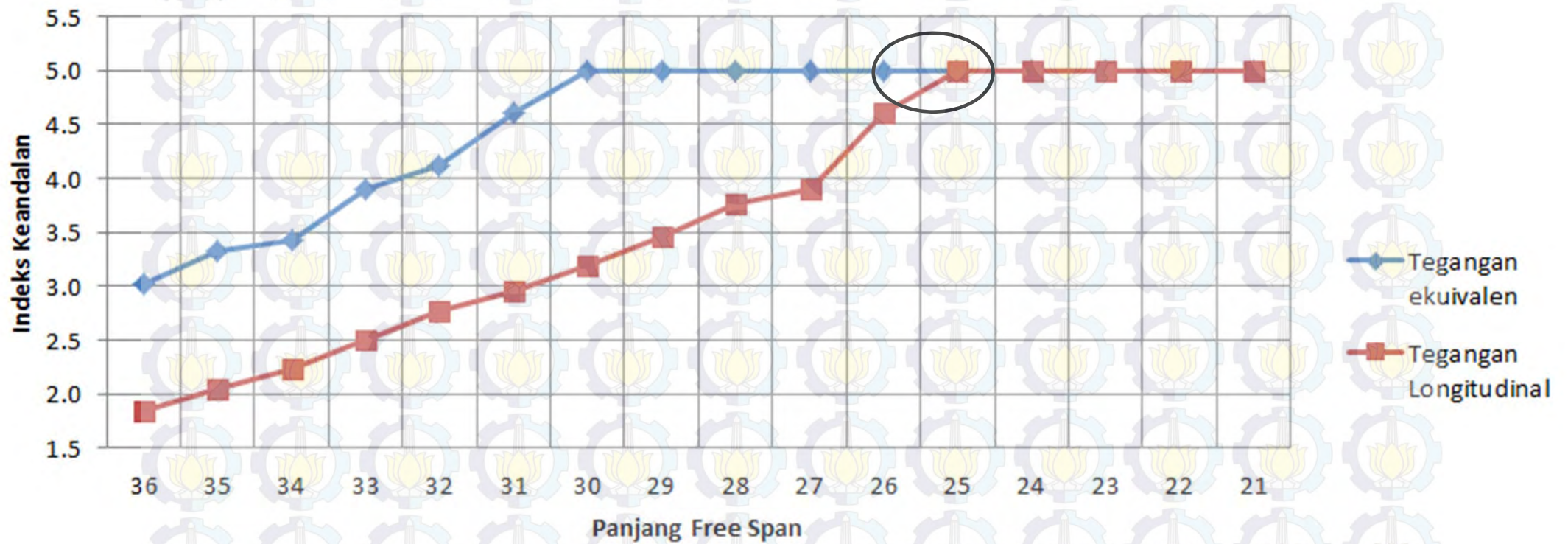
Uw	Uc	α	$\psi\alpha_{IL}$	VR	VRd,IL	Ay/D	$\sigma_{L_{o/m}}$	Isteel	σ_{L_m}	Pi	$\sigma_{L_{axial}}$	$\sigma_{L_{total}}$	σ_h	σ_e	$\eta \cdot SMYS$
0,297782	0,588224	0,663906	0,546352	2,2713081	3,17983	0,145826	10,24139	0,02236	140,5883	13,06541	131,85751	282,687149	152,709235	245,0779	365,479773
0,218687	0,444935	0,670464	0,568215	1,7079435	2,39112	0,148212	10,8255	0,023364	134,5459	13,06541	131,85751	277,228931	152,709235	240,5007	367,392340
0,170046	0,369157	0,684635	0,61545	1,4001843	1,96026	0,105126	8,316753	0,021696	144,8891	12,07208	126,29488	279,500685	140,576453	242,0561	361,695889
0,276134	0,709738	0,719909	0,733031	2,6235917	3,67303	0,133555	12,58446	0,022874	137,4294	12,62872	129,41203	279,425912	147,375337	242,1112	371,926112
0,147747	0,384472	0,722394	0,741312	1,4189414	1,98652	0,107752	10,2678	0,022656	138,75	11,7827	124,67431	273,69213	137,041802	237,0244	393,968351
0,121433	0,55881	0,821486	1,071621	1,9700355	2,75805	0,15632	21,53312	0,022748	138,1899	12,21599	127,10077	286,823826	142,334195	248,3991	343,140342
0,252078	0,575293	0,695326	0,651088	2,1637986	3,02932	0,149571	12,51808	0,021176	148,4467	13,72172	135,53285	296,497597	160,725607	257,0774	344,293088
0,31223	0,516545	0,623263	0,410877	2,0793316	2,91106	0,152513	8,055072	0,019528	160,9751	12,17042	126,84558	295,875718	141,777604	256,3099	362,581513

0,094657	0,630194	0,869412	1,231373	2,1953789	3,07353	0,148471	23,50076	0,019571	160,6234	11,96766	125,71011	309,834224	139,300998	268,7783	351,1577
0,246167	0,468091	0,655353	0,517844	1,8219749	2,55076	0,161477	10,74884	0,021795	144,2343	12,54031	128,91693	283,900116	146,295455	245,9031	386,370
0,429431	0,328588	0,433483	0	1,8627947	2,60791	0,160055	0	0,02576	122,0328	12,69827	129,80154	251,834353	148,224919	219,2328	383,7860
0,178161	0,451395	0,717005	0,723351	1,6718034	2,34052	0,143152	13,31066	0,025949	121,1414	12,37692	128,00199	262,454044	144,299877	227,6675	342,4718
0,178161	0,451395	0,717005	0,723351	1,6718034	2,34052	0,143152	13,31066	0,025949	121,1414	12,37692	128,00199	262,454044	144,299877	227,6675	351,0135
0,250894	0,405253	0,617625	0,392083	1,6420013	2,2988	0,13898	7,004595	0,021422	146,7436	12,45189	128,42179	282,169985	145,215496	244,4013	407,8645
0,338381	0,46398	0,578268	0,260894	1,9783458	2,76968	0,15603	5,232691	0,020887	150,5011	13,50437	134,31571	290,049525	158,070865	251,5288	441,3667
0,268885	0,406183	0,601692	0,338973	1,6781246	2,34937	0,144037	6,276138	0,02292	137,1511	13,00675	131,529	274,956285	151,992717	238,5611	334,3451
0,094949	0,480354	0,834959	1,11653	1,6868422	2,36158	0,145258	20,84788	0,020234	155,3621	12,49375	128,65623	304,866234	145,726853	264,1071	422,4551

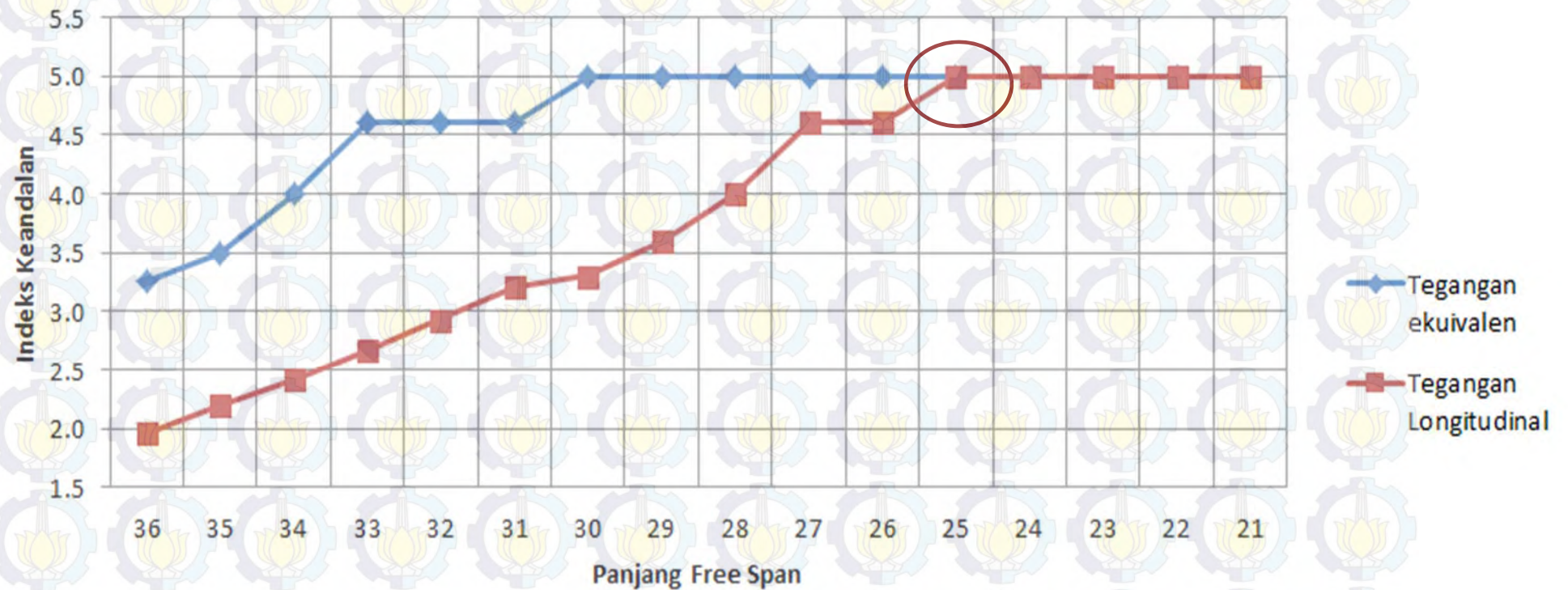
	n	Peluang
Simulasi	20000	1
Sukses	19962	0,9981
Gagal	38	0,0019

Indeks Keandalan **3,02227639**

Indeks Keandalan Arah In Line



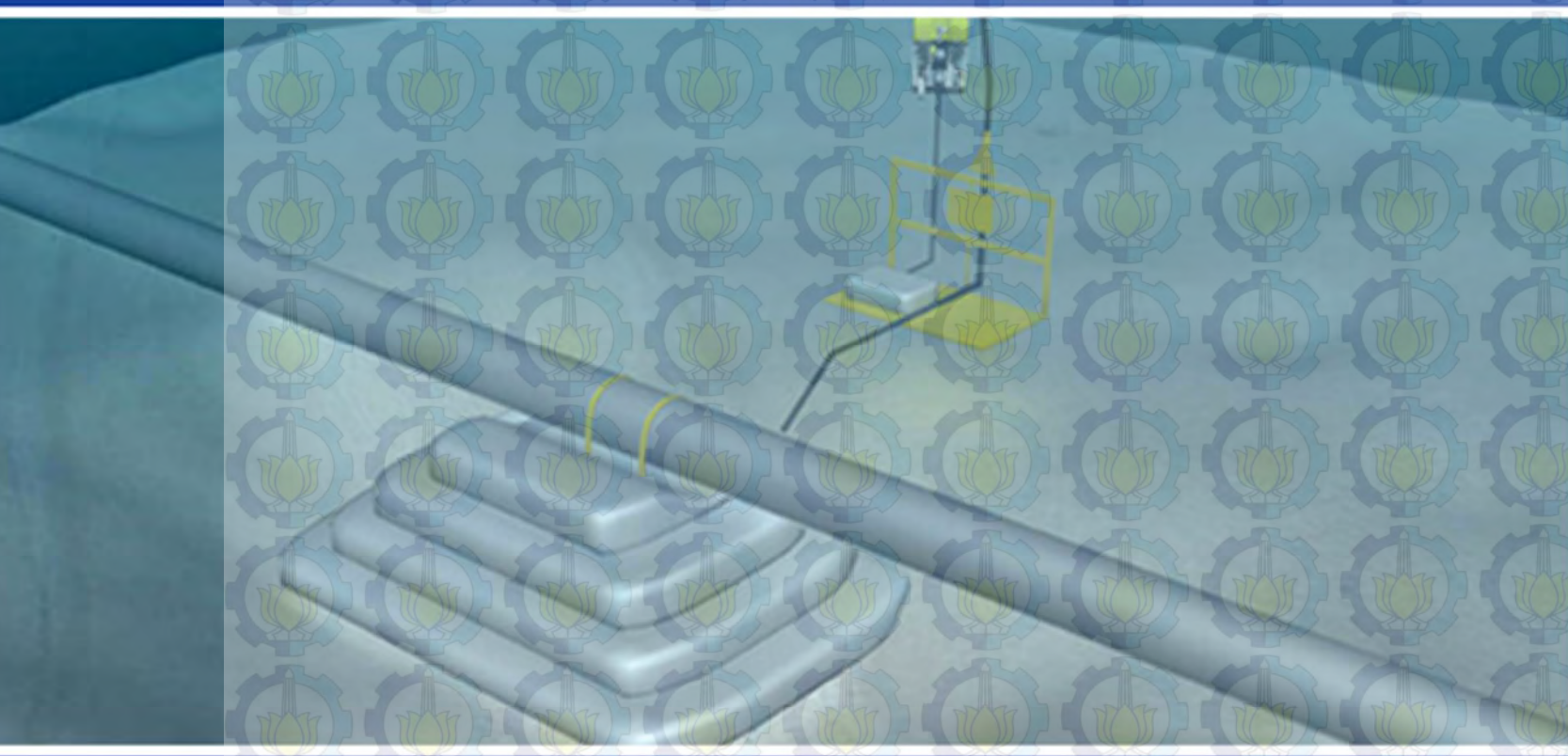
Indeks Keandalan Arah Cross Flow





DESAIN SUPPORT

pe Pyramid (<http://www.formshore.com>)



Advantages

Cost effective

Anti scour design

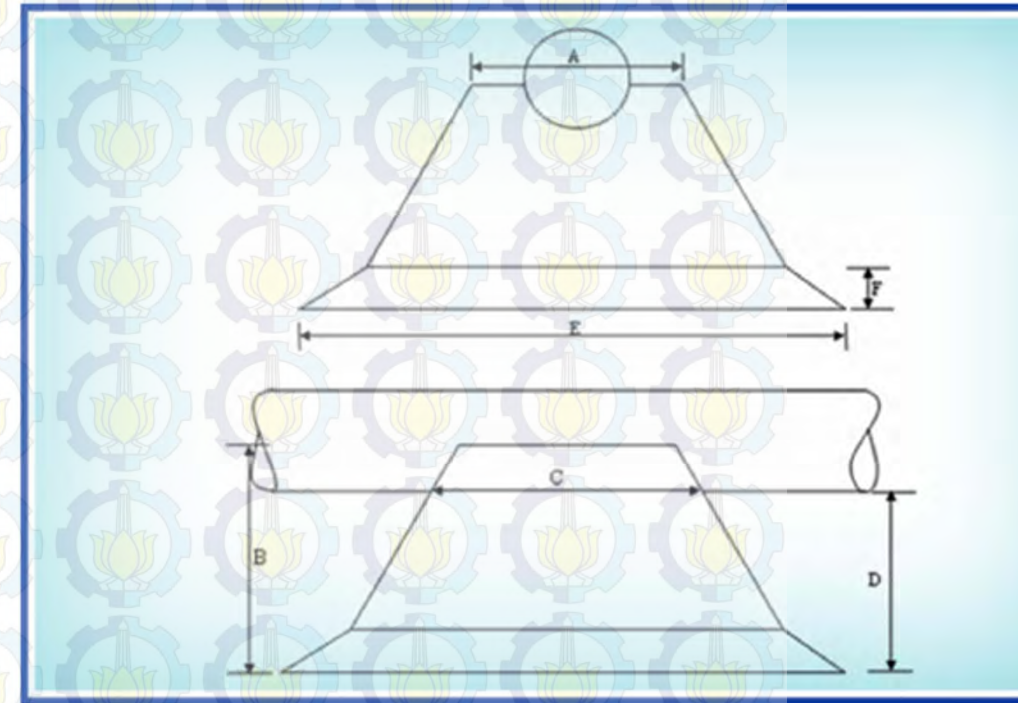
Superior support coverage

DIMENSI PYRAMID PIPELINE SUPPORT

The industry's choice for free span rectification

Suitable for Pipelines with external diameter from 12 to 24 inches

	Top Width A	Formwork Height B	Support Length C	Maximum Support Height D	Formwork Base E	Base Height F	Total Volume m3
/ 50	1000	700	1200	500	2200	200	1.18
/ 75	1000	950	1200	750	2400	200	1.89
/ 100	1000	1200	1200	1000	2600	200	2.78
/ 125	1000	1450	1200	1250	2800	200	3.87
/ 150	1000	1700	1200	1500	3000	200	5.17
/ 175	1000	1950	1200	1750	3200	200	6.71
/ 200	1000	2200	1200	2000	3400	200	8.51
/ 225	1000	2450	1200	2250	3600	200	10.58
/ 250	1000	2700	1200	2500	3800	200	12.95



Legends

A Top Width

D Maximum Support Height

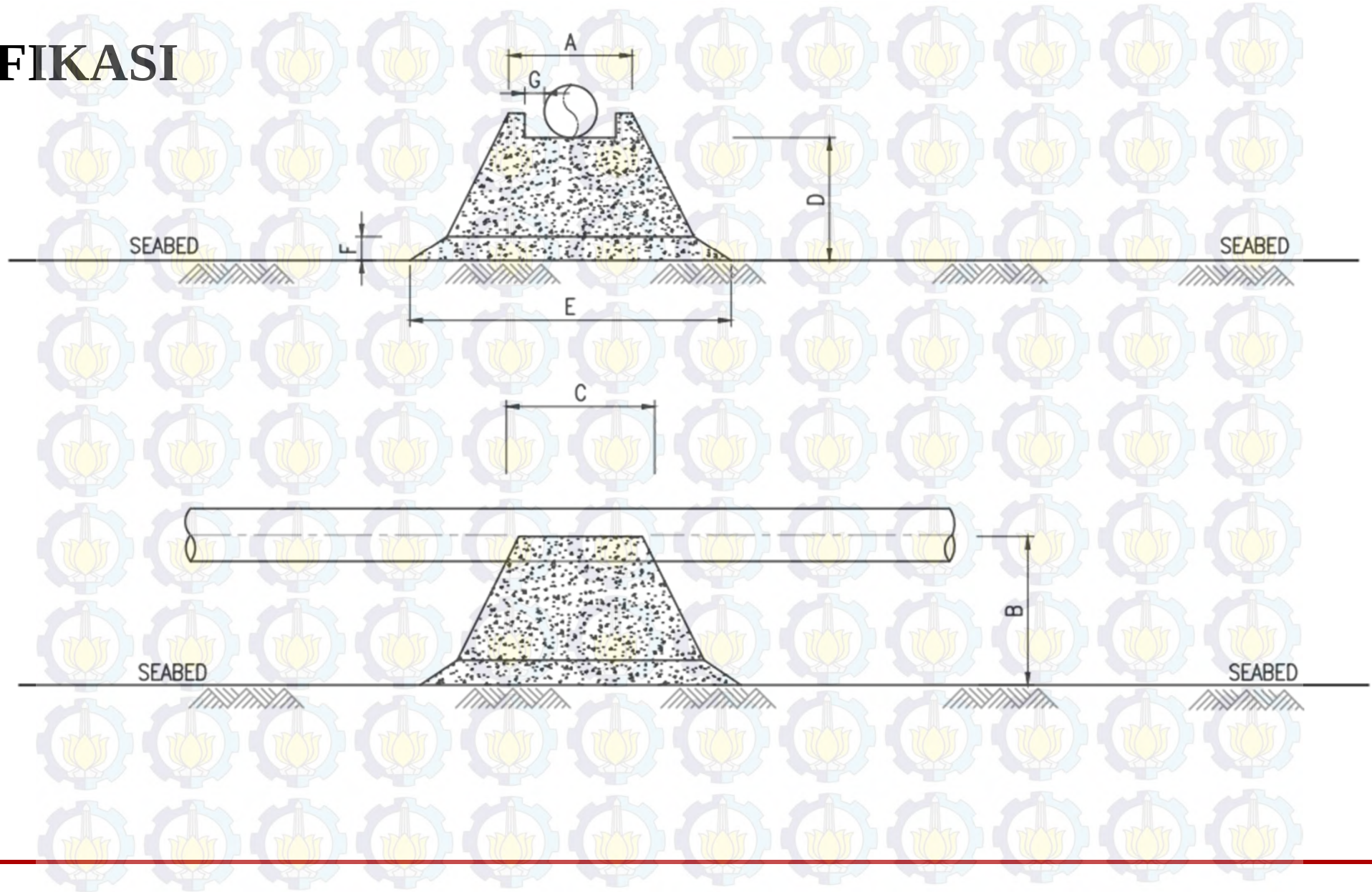
B Formwork Height

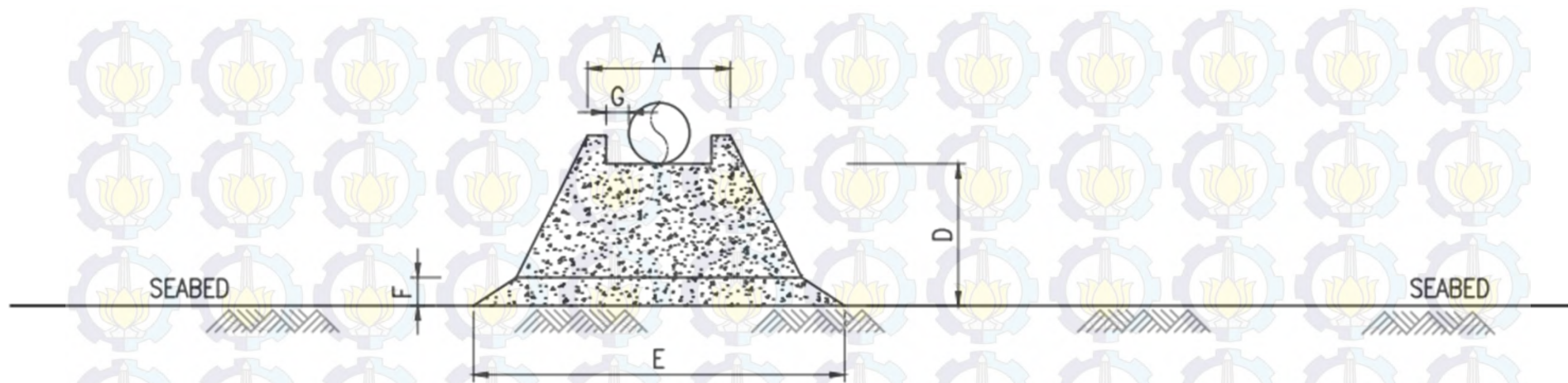
E Formwork Base

C Support Length

F Base Height

MODIFIKASI





DIMENSION OF PYRAMID PIPELINE SUPPORTS

MODEL	Top Width A	Formwork Height B	Support Length C	Maximum Support height D	Formwork Base E	Base Height F	Gap stopper-pipe G
F SPS 60/100	1000	1200	1200	1000	2600	200	157

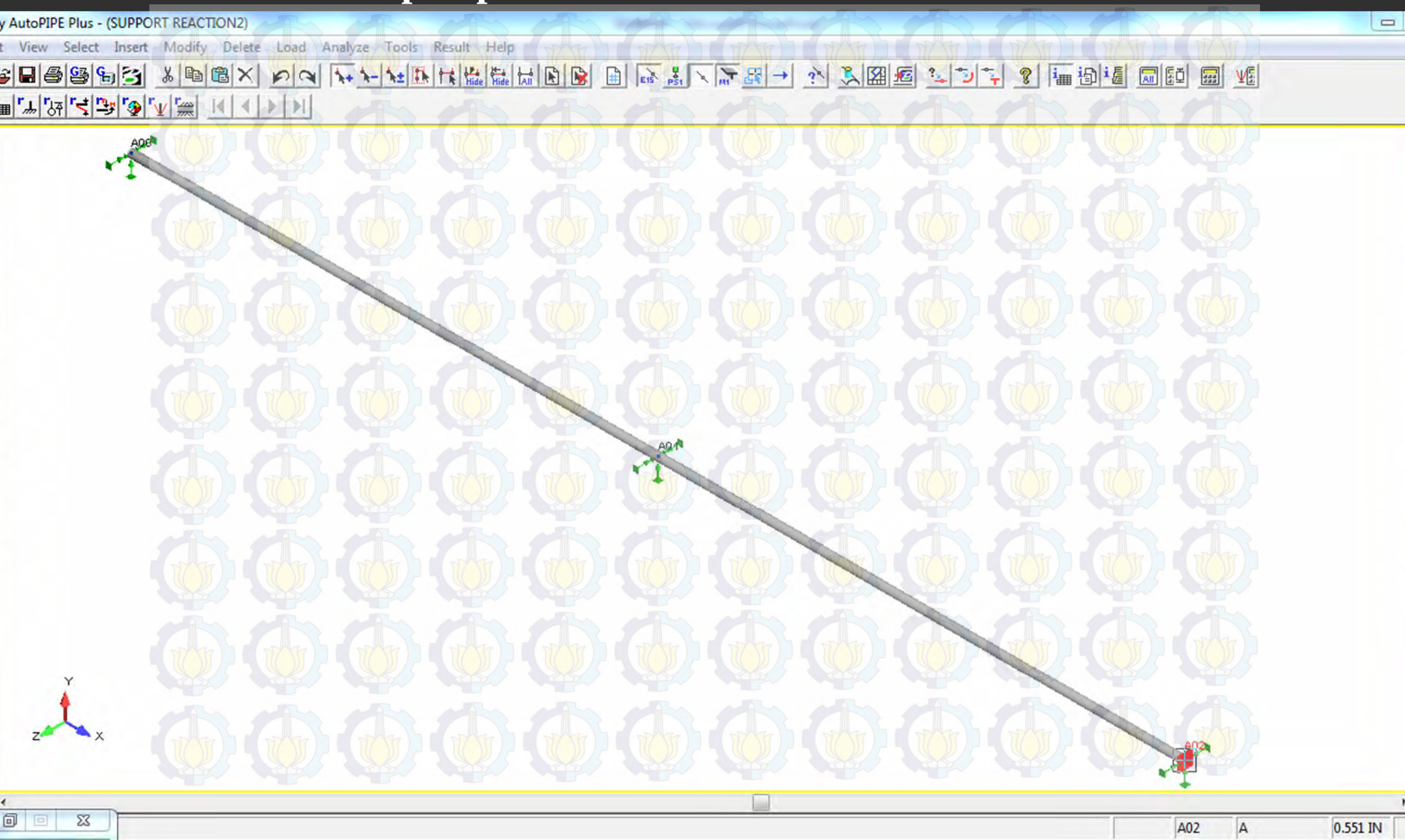
UNIT : mm

OUTER DIAMETER OF PIPE : 16.7 inch

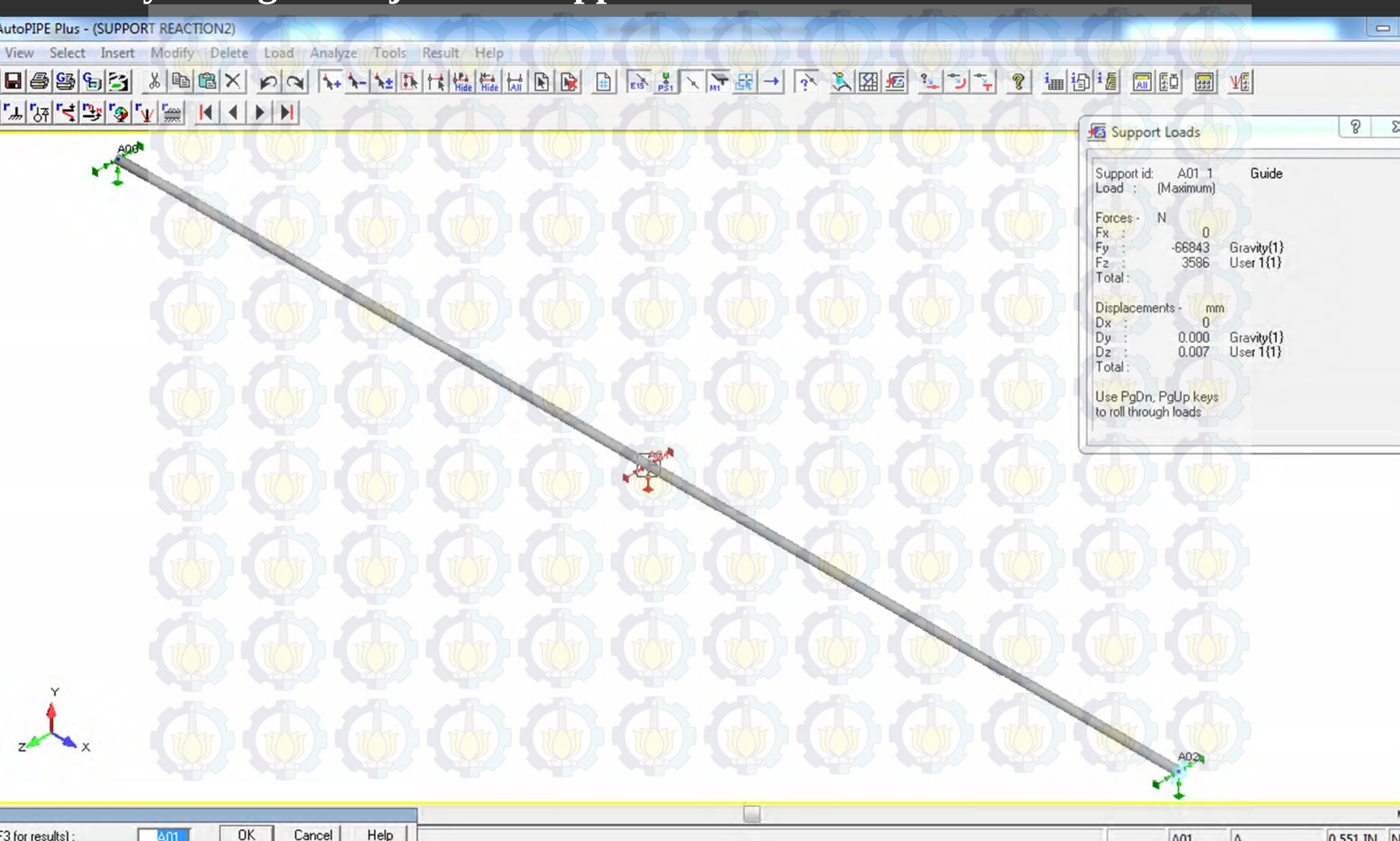
STABILITAS SUPPORT

- ➡ Overturning Moment
- ➡ Sliding Force
- ➡ Bearing Capacity Check
- ➡ Settlement

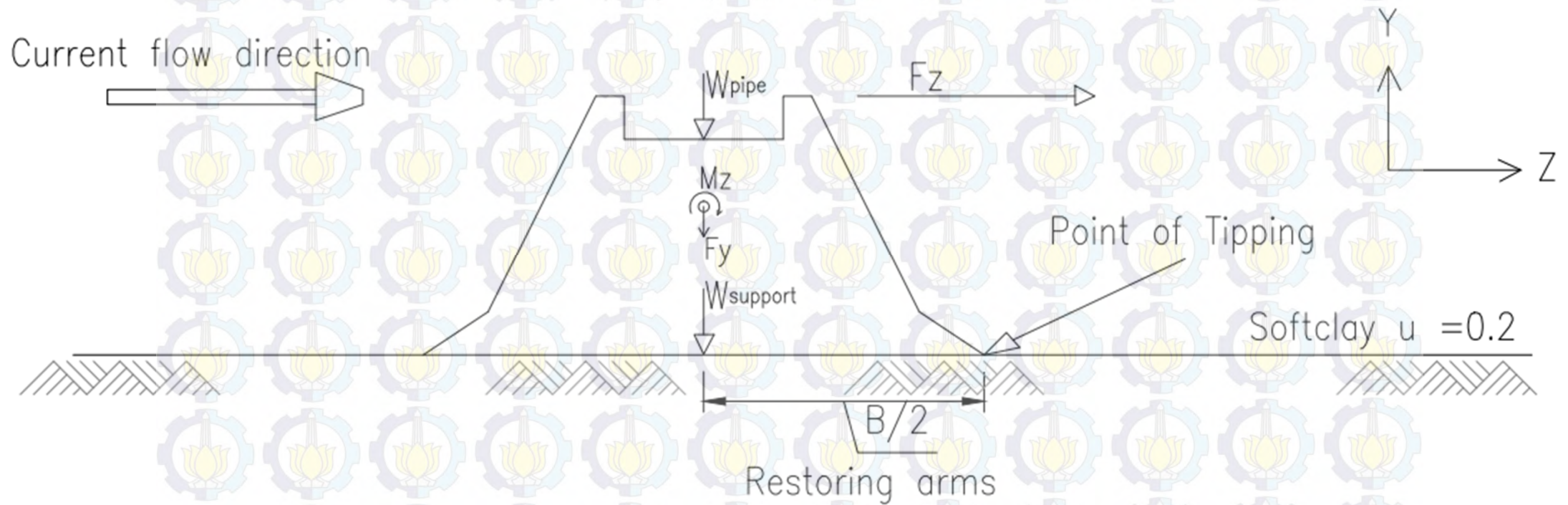
Pemodelan Free Span pada AutoPIPE



Gaya Yang Bekerja Pada Support



MECHANICAL MODEL



Perhitungan *Total Horizontal Load* pada *Support*

Parameter	Satuan	Simbol	Nilai
<i>Drag Coefficient</i>		C_D	0.7
<i>Inertia Coefficient</i>		C_M	1.3
<i>Drag Force</i>	kN	F_d	3.32
<i>Inertia Force</i>	kN	F_i	16.8
<i>Wave Load on Support</i>	kN	F_H	20.07
<i>Horizontal Force AutoPIPE</i>	kN	F_z	3.246
<i>Total Horizontal Force</i>	kN	$F_{H_{tot}}$	23.22

Perhitungan *Total Vertical Load* pada *Support*

Parameter	Satuan	Simbol	Nilai
<i>Vertical Load AutoPIPE</i>	kN	F_v	66.84
<i>Weight Support</i>	kN	$W_{support}$	43.87
<i>Total Vertical Load</i>	kN	F_v	110.7

Perhitungan *Overturning Moment Check*

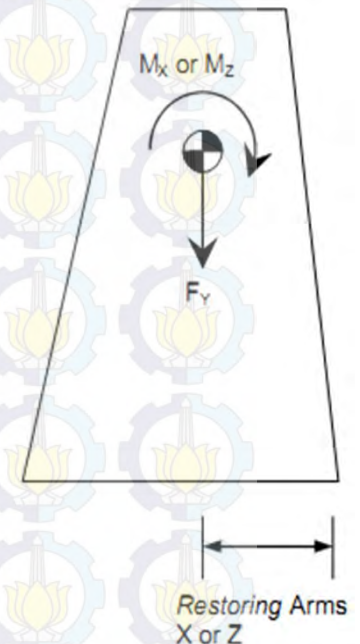
Overturning Moment $M_o := F_{Htot} \cdot H$

Resisting Moment $M_r := F_V \cdot 0.5 \cdot B$

Safety Factor $SF_1 := \frac{M_r}{M_o}$

Check_{ov} := $\begin{cases} \text{"SAFE"} & \text{if } \frac{M_r}{M_o} \geq 1.5 \\ \text{"OVERTURNING NOT SAFE"} & \text{otherwise} \end{cases}$ Check_{ov} = "SAFE"

Parameter	Satuan	Simbol	Nilai
Overturning Moment	kN.m	M_o	27.98
Resisting Moment	kN.m	M_r	143.9
Ratio M_o/M_r		SF_1	5.143



Overturning moment pada support dikatakan aman apabila rasio antara *Resisting Momen* dan *Overturning Moment* lebih dari 1.5. Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa *support* aman dari *overturning moment*

SLIDING FORCE

Parameter	Satuan	Simbol	Nilai
<i>Drag Force</i>	kN	F_{d_sl}	1.532
<i>Inertia Force</i>	kN	F_{i_sl}	18.29
<i>Wave Load on Support</i>	kN	F_{H_sl}	19.82
<i>Horizontal Load AutoPIPE</i>	kN	F_z	3.246
<i>Total Horizontal Force</i>	kN	F_{Htot_sl}	21.53
<i>Total Vertical load</i>	kN	F_v	110.7
<i>Friction coefficient Clay</i>		μ	0.2
<i>Vertical Load with friction</i>	kN	F_{fric}	38.748
Rasio F_{fric}/F_H		SF_2	1.8

Support aman dari sliding force apabila rasio antara total gaya vertikal dengan total gaya horizontal lebih dari 1.5 sehingga dari hasil perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa support aman dari sliding force.

Safety Factor For SLiding

$$SF_2 := \frac{F_{fric}}{F_{Htot_sl}}$$

$$\frac{F_{fric}}{F_{Htot_sl}} = 1.8$$

$$Check_{s1} := \begin{cases} \text{"SAFE"} & \text{if } SF_2 \geq 1.5 \\ \text{"SLIDING NOT SAFE"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Check_{s1} = \text{"SAFE"}$$

Bearing capacity of Soil

Parameter	Satuan	Simbol	Nilai
Effective friction angle	°	ϕ	0
Bearing capacity factor		N_c	5.14
		N_γ	0
Undrained Shear strength	kPa	C_1	2
Width of Support	m	B	2.6
Bearing capacity safety factor		FOS	2.5
Ultimate Bearing Capacity	kPa	Q_{ult}	10.28
Safe Bearing Capacity Of Soil	kPa	SBC	4.112

Perhitungan Bearing Pressure

Parameter	Satuan	Simbol	Nilai
Moment at base support	kN.m	M_{base}	15.939
Eccentricity	mm	e	143.974
Total Vertical load	kN	F_y	110.7
Bearing Pressure at Base Support	kPa	P_{base}	3.773
Unity Check		P_{base}/SBC	0.905

Bearing Pressure

Taking Moment about the base

$$M_{base} := F_{z0} \cdot (H) + F_H \cdot 0.5(H)$$

$$M_{base} = 15.939 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Eccentricity

$$e := \frac{M_{base}}{F_{Vb}}$$

$$e = 143.974 \cdot \text{mm}$$

Total Vertical Load

$$F_{Vb} = 110.708 \cdot \text{kN}$$

Bearing Pressure at Base of Support

$$P_{base} := \frac{F_{Vb}}{(L - 2 \cdot e) \cdot B}$$

$$P_{base} = 3.722 \cdot \text{kPa}$$

Unity Check

$$UC := \frac{P_{base}}{SBC}$$

$$UC = 0.905$$

Unity check yang menunjukkan perbandingan antara bearing pressure dan kapasitas daya dukung tanah sebesar 0.905 menunjukkan bahwa kapasitas daya dukung tanah lebih besar daripada bearing pressure sehingga support dapat dikatakan aman. Namun perlu diketahui besar settlement yang terjadi

Pipe Support Settlement

ement

ement Given

$$S_i = q \cdot B \cdot \left(\frac{1 - \eta^2}{E_s} \right) \cdot I_w$$

re

Intensity of Contact Pressure

$$q := P_{base}$$

$$q = 3.722 \cdot \text{kPa}$$

Least Lateral Dimension

$$B = 2.6 \text{ m}$$

Influence Factor

$$I_w := 0.82$$

Rectangular Shape

r soil : Clay

Poisson ratio

$$\eta := 0.3$$

"Soft Clay"

Elastic Modulus of Soil

$$E_s := 0.5 \cdot \text{MPa}$$

Settlement

$$S_i := q \cdot B \cdot \left(\frac{1 - \eta^2}{E_s} \right) \cdot I_w$$

$$S_i = 14.441 \cdot \text{mm}$$

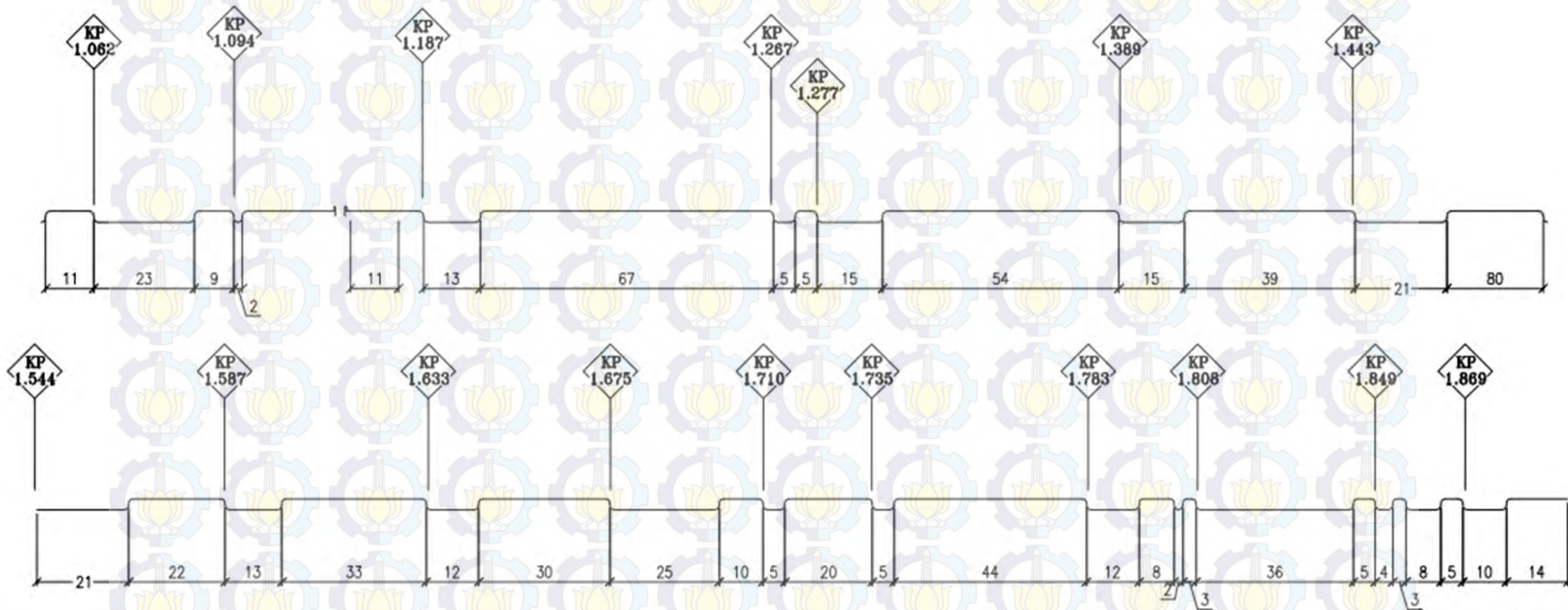
Immediate Settlement

$$S_i = 0.014 \text{ m}$$

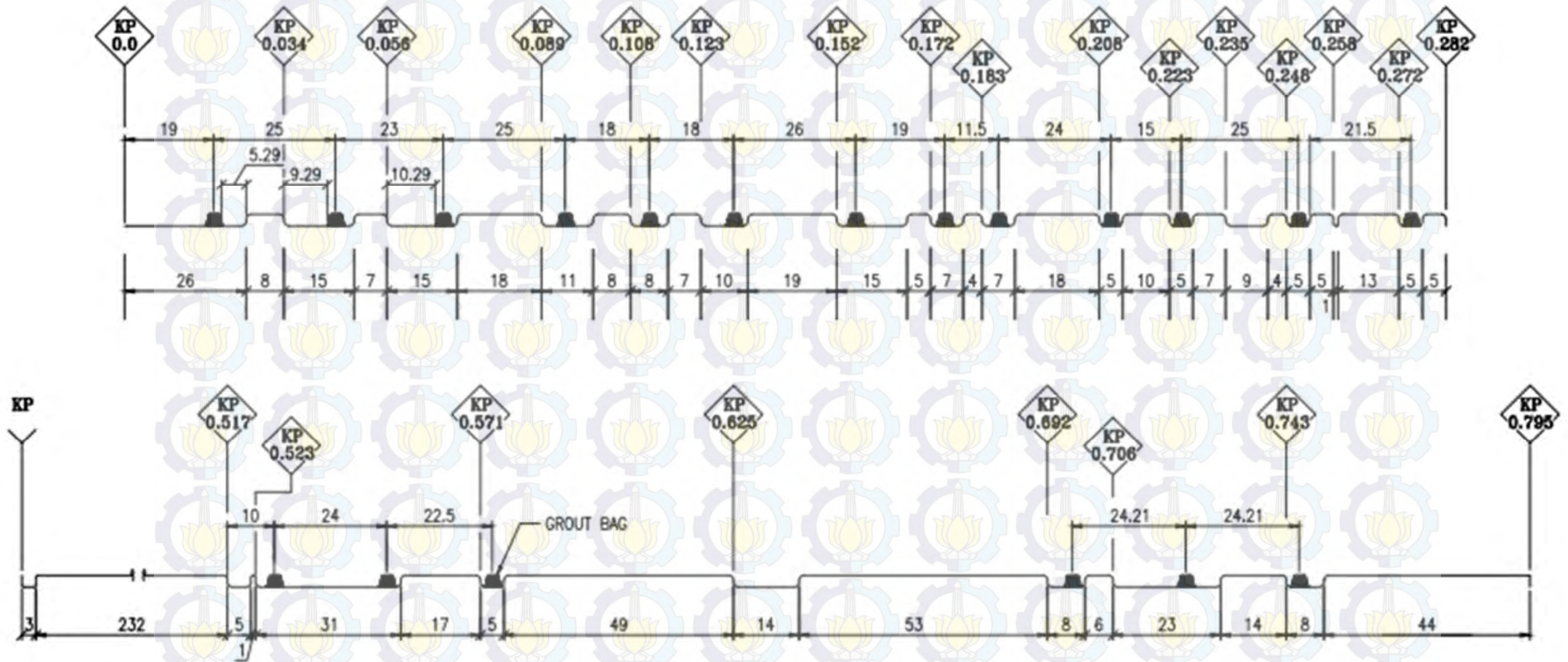
Parameter	Satuan	Simbol	Nilai
Intensity of Contact Pressure	kPa	P_{base}	3.772
Bottom Width	m	B	2.6
Influence factor		I_w	0.82
Poisson ratio of softclay		η	0.3
Elastic Modulus softclay	MPa	E_s	0.5
Settlement	mm	S_i	14.441

Dari hasil perhitungan settlement diatas bahwa settlement yang terjadi pada kondisi tanah softclay adalah sebesar 14.441 mm atau sekitar 14.5 cm.

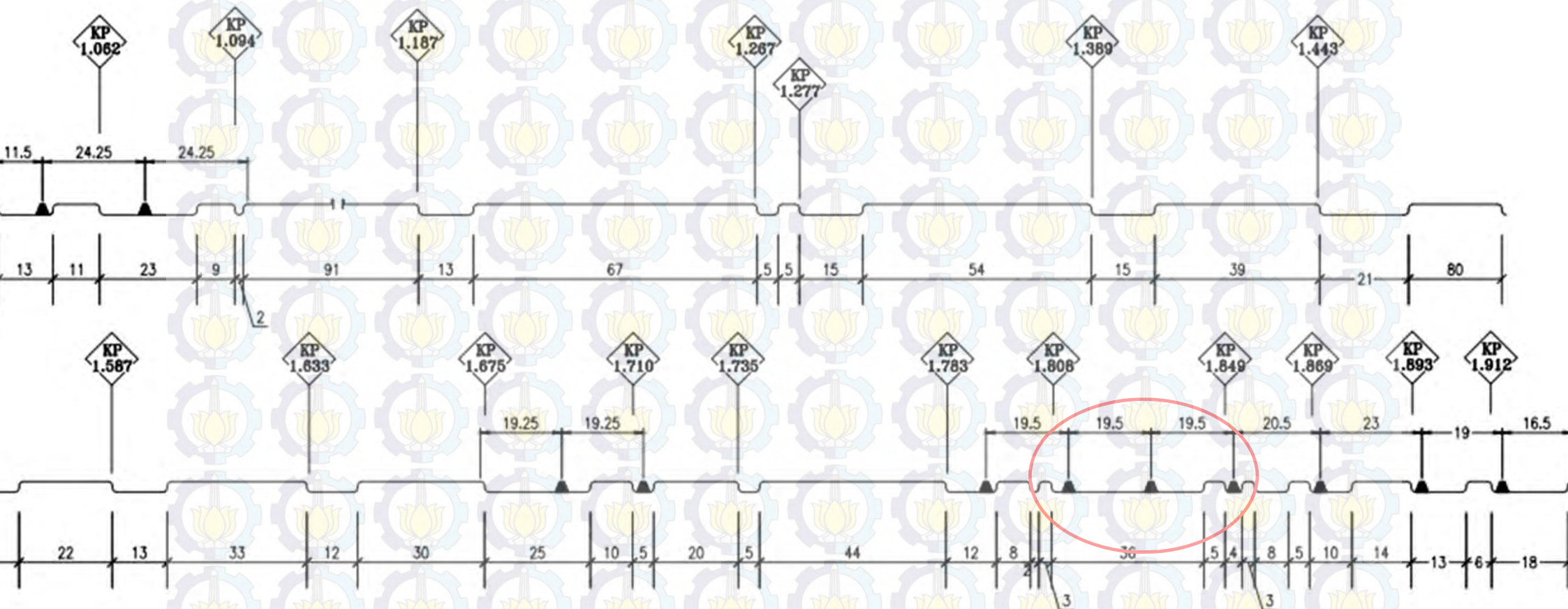
Peta Scouring di beberapa KP



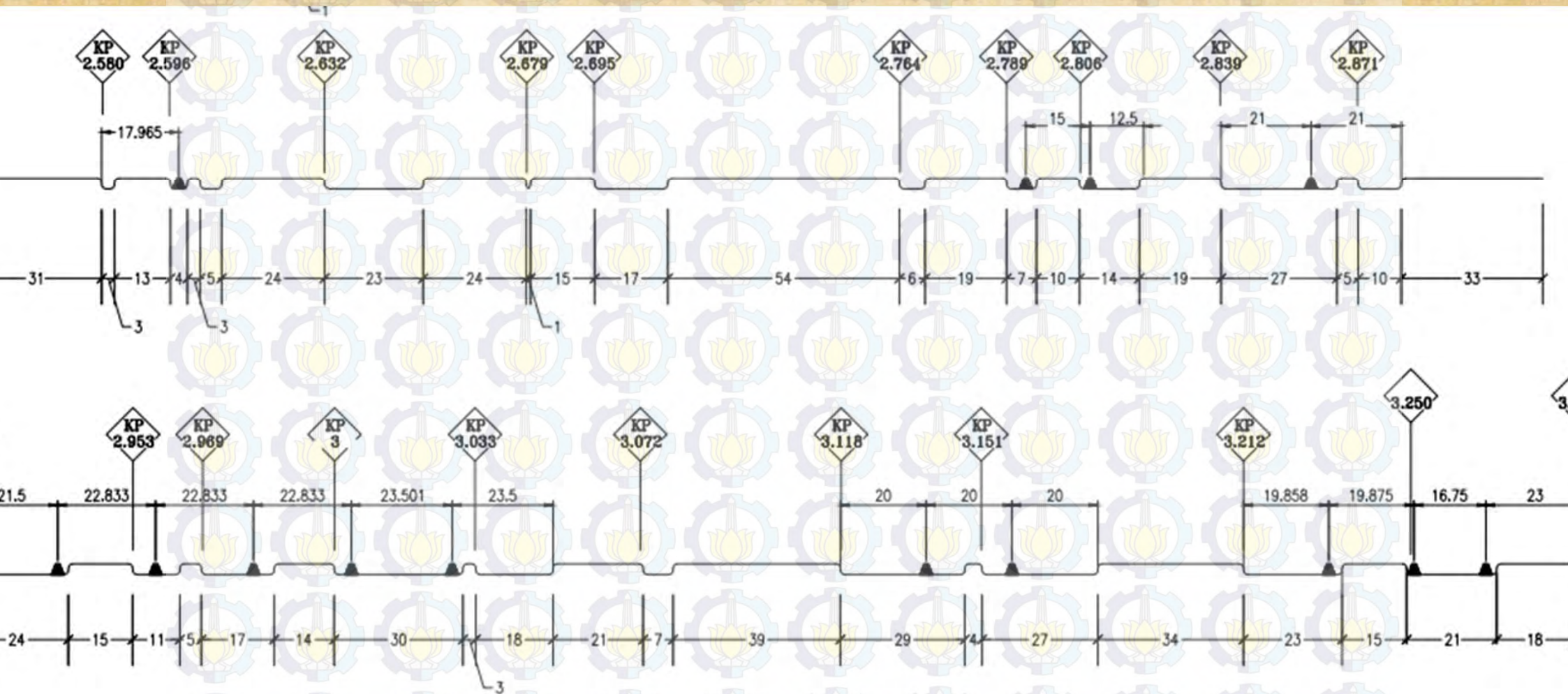
ertifikasi Free Span



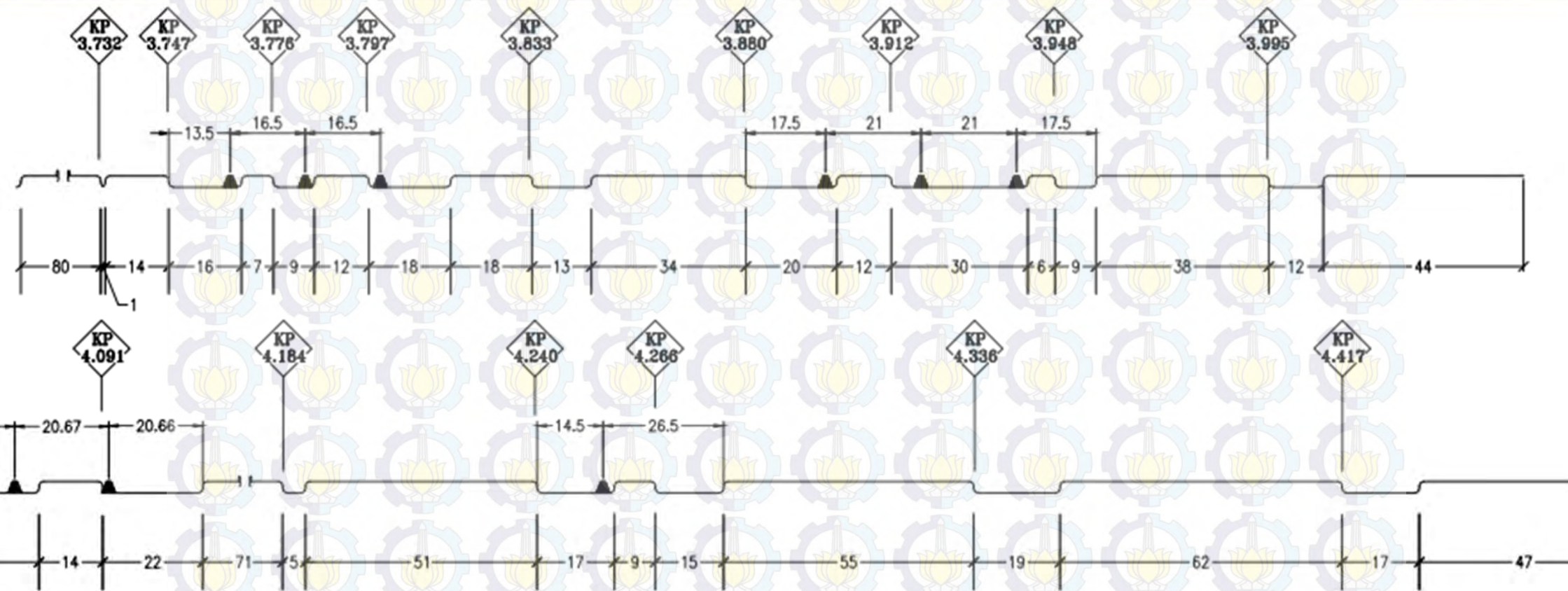
Optimisasi Free Span



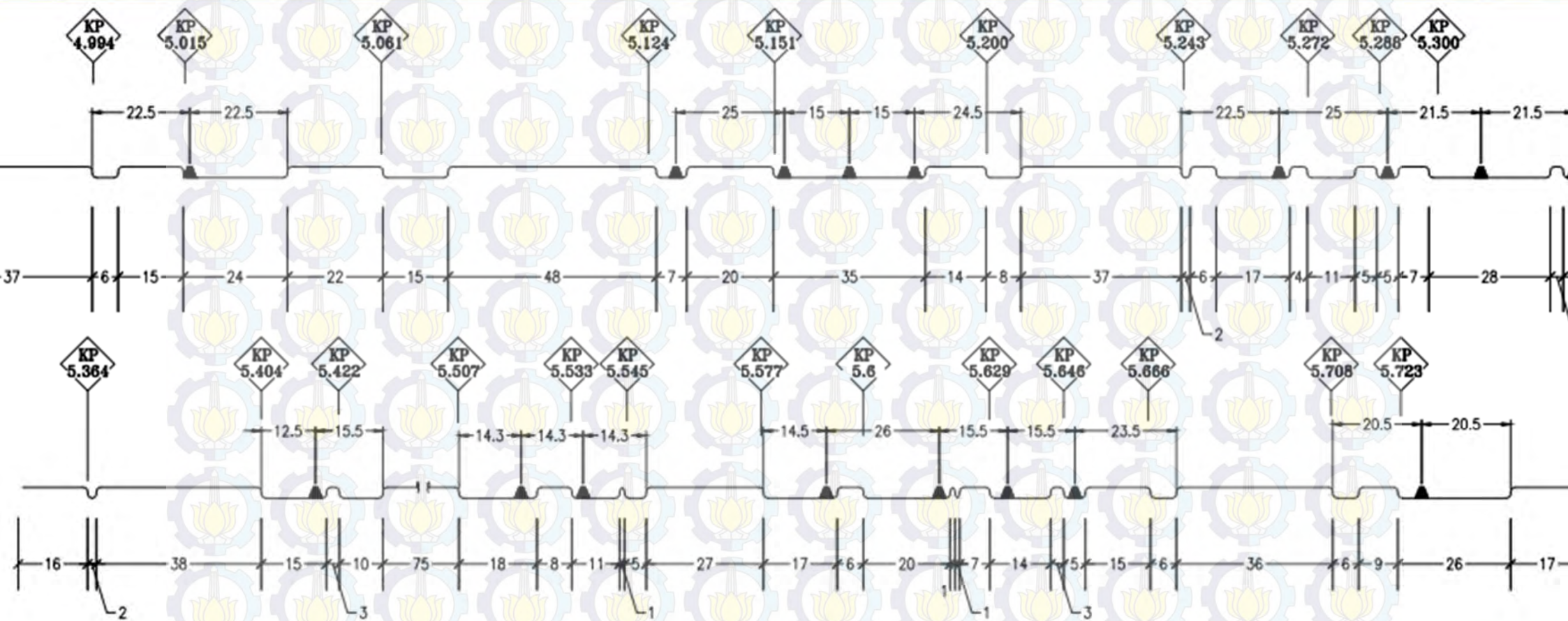
Optimisasi Free Span



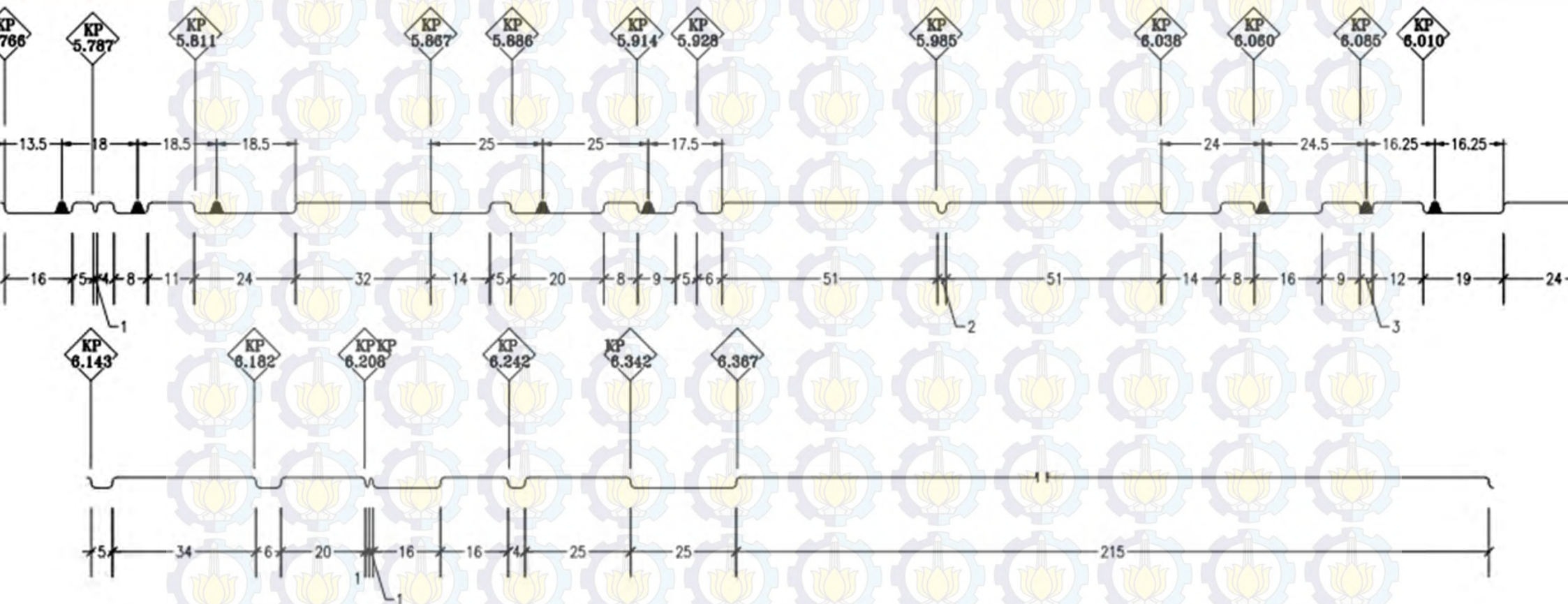
Rektifikasi Pipeline



Rektifikasi Pipeline



Rektifikasi Pipeline



Kesimpulan

Dari analisa beberapa perhitungan yang dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan mengenai analisa *free span* pipa pada *Maleo Field*.

Kesimpulan tersebut diantaranya:

1. Perhitungan tegangan longitudinal dan tegangan ekuivalen pada *free span* terpanjang 6 m pada arah *in line* menghasilkan sebagai berikut.

Tegangan longitudinal : 299.5 MPa

Tegangan ekuivalen: 263.1 MPa

Sedangkan pada arah cross flow didapatkan sebagai berikut:

Tegangan longitudinal : 320. 8 MPa

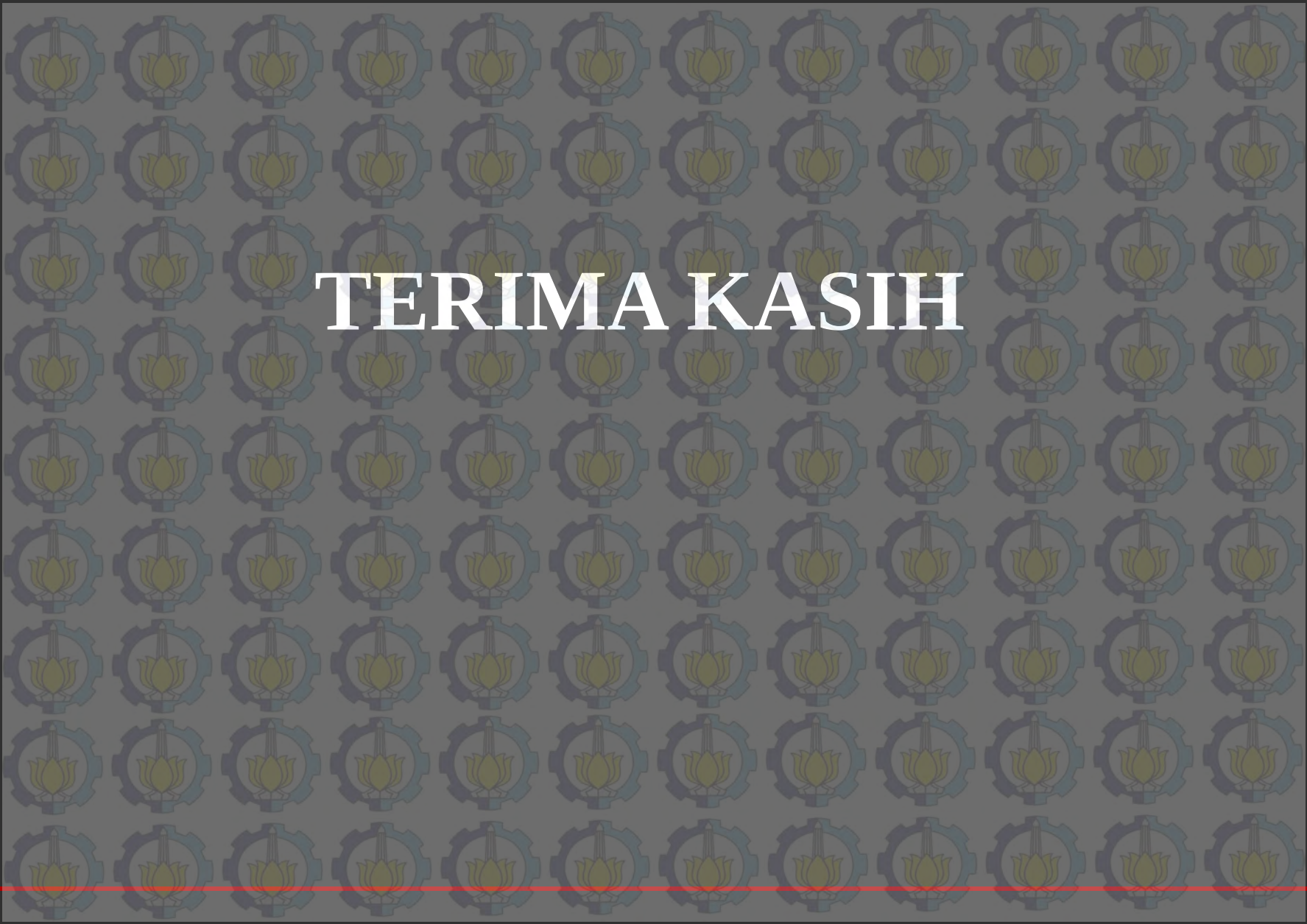
Tegangan ekuivalen: 260.4 MPa

2. Indeks keandalan free span yang dapat diterima oleh industri adalah panjang free span yang lebih kecil dari 30 m tetapi panjang free span yang kurang sama dengan 25 m memiliki indeks keandalan yang konstan sehingga ditetapkan panjang *free span* maksimum yang dipakai dalam rektifikasi adalah 25 m.

3. Tipe support yang digunakan untuk rektifikasi adalah pyramid dengan perhitungan stabilitas yang telah dilakukan menunjukkan bahwa support aman terhadap *overturning momen, sliding force, bearing, settlement*.

Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang kekuatan *stopper* akibat tubrukan dari pipa.
2. Perlu dianalisa *coating* tambahan pada pipa untuk mereduksi gaya gesek terjadi antara pipa dan support akibat getaran.



TERIMA KASIH