

## Desain Penambahan Jalur Perpipaan *Tie-in point* Akibat Penambahan *Deliquidizer*

**Habibah Farhani<sup>1\*</sup>, Heroe Poernomo<sup>2</sup>, Pekik Mahardhika<sup>3</sup>**

*Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1\*3</sup>*

*Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>2</sup>*

Email: [habibahfarhani9@gmail.com](mailto:habibahfarhani9@gmail.com)\*

---

**Abstract** – Oil and Gas Company wil became additional deliquidizer at FPSO (Floating Production Storage and Offloading) location in Madura Ocean. Additional Deliquidizer causes Liquid carryout from LP-Scrubber to LP-Compressor, then necessary additional deliquidizer to separation between liquid and gas. From additional Deliquidizer, necessary additional line tie-in for distribution fluid equipment to another equipment. Tie-in point is a patch of an existing pipeline due to maintenance or improving the performance of a piping system. Tie-in point is carried out on the existing line from the LP scrubber to the lp compressor with the type of connection flange connection. Design additional line tie-in use software to design, the design must consider a narrow area. Diameter for design use 8” and 2”. Stress analysis in the final project calculating use software for analysis and manual calculation focus on static stress analysis of additional line tie-in which include sustain load, occasional load and thermal load. Stress value determined according to the limit of ASME B31.3. Dynamic analysis just available is natural frequency determined according API 618. And calculating budget plan include material take-off, schedule, and cost install for the additional line tie-in.

**Keyword:** *Deliquidizer, Tie-in, Stress Analysis, Natural Frequency, Budget Plan.*

### Nomenclature

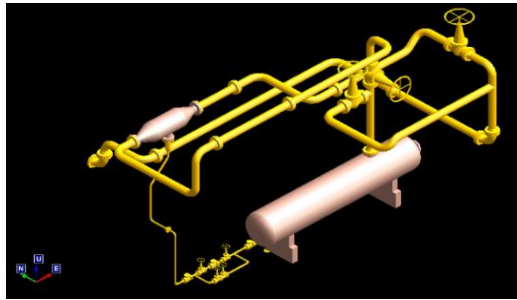
t	Minimum Wall Thickness , (in)	$M_b$	Momen <i>bending</i> (in-lb)
P	Tekanan Desain, (psi)	C	Jarak dari netral axis (in)
D	Diameter Luar Pipa, (in)	$A_i$	Luas permukaan dalam pipa (in <sup>2</sup> )
S	Allowable Stress pada T Desain, (psi)	$A_m$	Luas rata-rata permukaan pipa (in <sup>2</sup> )
E	Quality Factor	$\Delta$	<i>displacement</i> (in)
Y	Koefisien	M	momen yang terjadi pada tumpuan (in.lb)
W	Weld joint strength		
$T_m$	Minimum required thickness (in)		
CA	Corrosion Allowance (in)		
OD	Outside diameter (in)		
ID	Inside diamter (in)		
L	Panjang pipa (in)		
$\rho_p$	Density pipa (lb/inch <sup>3</sup> )		
$\rho_f$	Density fluida (lb/inch <sup>3</sup> )		
F	Beban angin (lb/ft)		
$\Pi$	Viskositas dinamik udara (ft <sup>2</sup> /s)		
Cd	Koefisien drag		
q	Tekanan dinamik (lb/ft <sup>2</sup> )		
$\rho$	Massa jenis udara (lb/ft <sup>3</sup> )		
V	Kecepatan udara (ft/s)		
W	Linear drag force (N/m)		
Re	Reynold number		
$\Omega_n$	Frekuensi natural (Hz)		
$\alpha$	Nilai frekuensi faktor		
E	Modulus Elastisitas (lb/in <sup>2</sup> )		
I	Momen inersia (inch <sup>4</sup> )		
M	Berat pipa (lb/ft)		
Z	section modulus (in <sup>3</sup> )		
W	berat total pipa (lb/in)		
Sh	allowable tensile stress pada temperatur tinggi (psi)		
P	Gaya tekan internal (lb/in <sup>2</sup> )		
I	Momen inersia penampang (in <sup>4</sup> )		

### 1. PENDAHULUAN

Perusahaan Sxxxxx merupakan perusahaan yang bergerak disektor minyak dan gas yang diawali dengan eksplorasi, eksploitasi hingga pembangunan fasilitas pengolahan minyak dan gas. Perusahaan ini memiliki aset yang berproduksi minyak dan gas di Indonesia salah satunya yakni FPSO di kawasan selat Madura. FPSO (*Floating Production Storage and Offloading*) pada perusahaan ini digunakan sebagai penyimpanan dan juga ekspor yang berasal dari *platform Oxxxx*.

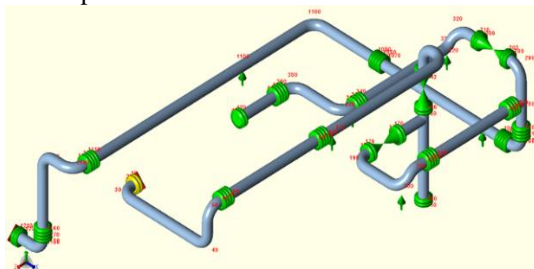
Penelitian pada *paper* ini membahas tentang penambahan jalur perpipaan *tie-in point* akibat penambahan deliquidizer karena *LP-scrubber* tidak berfungsi dengan sempurna sehingga liquid terbawa ke *LP-compressor* yang seharusnya hanya gas yang masuk yang dapat menyebabkan turunnya performa dari *LP-compressor*. Perlu adanya penambahan jalur perpipaan untuk distribusi fluida dari *equipment* ke *equipment* lain. Oleh karena itu, *paper* ini bertujuan untuk menentukan desain penambahan jalur pipa *tie-in* yang memperhitungkan keamanan dari suatu

sistem perpipaan agar beroperasi dengan baik.



Gambar 1 Desain 3D

Pengerjaan awal yang dilakukan yaitu perhitungan manual *minimum wall thickness* ( $T_m$ ), *maximum allowable span* berdasarkan *limited of stress* dan *limited of deflection* serta penentuan jumlah *support* sesuai *maximum allowable span*. Selanjutnya dilakukan analisa dengan *software* desain yang memiliki NPS 8” dan 2”. Pemodelan dari sistem dapat dilihat pada Gambar 1 serta pemodelan analisa menggunakan *software* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Analisa desain dengan software

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Formula Matematika

Metode analisa pada penelitian tugas akhir ini dilakukan dengan melakukan perhitungan *minimum wall thickness* ( $T_m$ ), perhitungan *maximum allowable span* berdasarkan *limited of stress* dan *limited of deflection*. Serta dilakukan analisa static dan frekuensi natural dengan *software* analisis pada desain penambahan jalur perpipaan *tie-in*. Dan dilakukan perhitungan budget plan untuk mengetahui *scheduling*, *material take-off* dan biaya instalasi *project* tersebut. Perhitungan dimulai dengan perhitungan nilai *minimum wall thickness* ( $T_m$ ), dengan persamaan [1] sebagai berikut :

$$T = \frac{P \cdot D}{2(SEW+PY)} \quad (1)$$

$$T_m = T + CA \quad (2)$$

Setelah diketahui nilai *minimum wall thickness* ( $T_m$ ) pada diameter yang berbeda, kemudian dilakukan perhitungan *maximum allowable span* berdasarkan berat pipa, berat fluida dan berat insulasi. Persamaan [2] adalah sebagai berikut :

$$W_{pipe} = \frac{\pi(OD^2-ID^2) \times \rho_{pipe}}{4} \quad (3)$$

$$W_{fluid} = \frac{\pi \times (ID^2) \times \rho_{insulation}}{4} \quad (4)$$

$$W_{total} = W_{pipe} + W_{fluid} \quad (5)$$

$$\sqrt{\frac{0.33 \times Z \times S_h}{W}} \quad \text{Limitation Of Stress} \quad (6)$$

$$\sqrt[4]{\frac{\Delta EI}{22.5 W}} \quad \text{Limitation Of Deflection} \quad (7)$$

Selanjutnya dilakukan analisa dengan menggunakan manual perhitungan dan menggunakan *software*. Analisa diawali dengan proses *modelling* pada desain penambahan jalur pipa *tie-in*, yang mana pemodelan hanya pada NPS 8 inch. Selanjutnya dilakukan *analysis*, dengan informasi data pipa dan fluida yang mengalir didalamnya. Pada proses *analysis*, *software* akan melakukan proses *running* sesuai dengan *set up* data yang telah di-*input*. Analisa static yang meliputi *Sustain Load*, *Occasional Load* dan *Thermal Load*.

#### • Perhitungan Sustain Load

*Sustained load* adalah total dari longitudinal *stress* yang diakibatkan oleh tekanan dan berat pada sistem perpipaan [1], sehingga dapat dikatakan istilah lain dari *Sustained load* adalah longitudinal *stress*, jenis tegangan dari longitudinal *stress* meliputi *axial stress*, *pressure stress*, dan *bending stress* ketiga persamaan [6] ditunjukkan pada Persamaan (8) (9) (10).

$$\sigma_a = \frac{P \times A_i}{A_m} \quad (8)$$

$$\sigma_b = \frac{M_b \cdot c}{I} = \frac{M_b}{z} \quad (9)$$

$$\sigma_b = \frac{P D o}{4t} \quad (10)$$

#### • Perhitungan Thermal Load

Akibat dari temperatur fluida alir dan sifat material pipa, dapat menyebabkan terjadinya perpanjangan pada pipa (ekspansi). Untuk pipa lurus analisa *thermal load* ekspansi berdasarkan metode *guided cantilever*, *guided cantilever* adalah *cantilever beam* yang ditahan pada salah satu ujungnya, untuk pipa lurus dibawah beban *thermal load* ekspansi perlakuan metode *guided cantilever*. Persamaan [5] sebagai berikut.

$$\Delta = \alpha \times L \times \Delta T \quad (11)$$

$$M = \frac{6 \Delta I E}{L^2} \quad (12)$$

#### • Perhitungan Occasional Load

Beban yang diakibatkan oleh faktor lingkungan atau faktor luar dari pipa tersebut. Misalnya angin, gempa, gelombang dan lain sebagainya. Persamaan [4] adalah sebagai berikut.

$$Re = \frac{\rho v OD}{\mu} \quad (13)$$

$$q = \frac{\rho \times v^2}{2} \quad (14)$$

$$F = \frac{C_d o D q}{246.06} \quad (15)$$

• **Perhitungan Frekuensi Natural**

$$\omega_n = \left(\frac{\alpha\pi}{l}\right)^2 \sqrt{\frac{EI}{\mu}} \quad (16)$$

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Minimum Wall Thickness**

Dari hasil perhitungan *minimum wall thickness* menurut persamaan diatas adalah sebagai berikut :

$$t = \frac{P D}{2(SWE + PY)}$$

$$t = \frac{1454.7 \times 8.625}{2((20000 \times 1 \times 1) + (1454.7 \times 0.4))}$$

t = 0.3048 inch

tm = t + c

tm = 0.3048 + 0.11811 = 0.42291 inch

**3.2 Maximum Allowable span**

Berat Pipa =  $\frac{1}{4} \pi \rho (d_o^2 - d_i^2) \times \text{density pipa}$   
 =  $\frac{1}{4} \pi \rho (8.625^2 - 7.625^2) \times 0.283$   
 = 3.61 lb/in

Berat Fluida =  $\frac{1}{4} \pi \rho (d_i^2 \times 12) \times \text{density fluida}$   
 =  $\frac{1}{4} \pi \rho (7.625^2) \times 0.03935185$   
 = 1.78 lb/in

Berat Valve = 910.51 lb : 26'' = 35.019 lb/in x 3  
 = 105.057 lb/in

Berat Total = Berat Pipa + Berat Fluida + Berat Valve  
 = 3.61 + 1.79 + 105.057  
 = 110.457 lb/in  
 = 1325.484 lb/ft

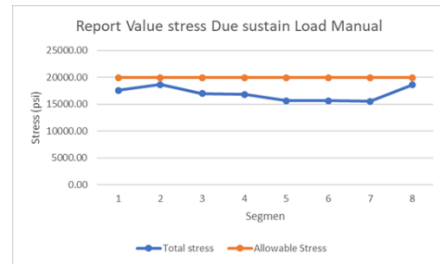
Based on limitation of stress =  $\sqrt{\frac{0.33 \times Z \times S_h}{W}}$   
 =  $\sqrt{\frac{0.33 \times 24.5 \times 20000}{1325.484}}$   
 = 11.045 ft = 3.4 m

Based on limitation of def =  $\sqrt[4]{\frac{\Delta EI}{22.5 W}}$   
 =  $\sqrt[4]{\frac{1.5 \times 28800000 \times 160}{22.5 \times 1325.484}}$   
 = 21.94 ft = 6.7 m

Dari perhitungan diatas dipilih nilai yang terkecil yaitu nilai limitation *stress* sebesar 11.045 ft atau 3.4 m.

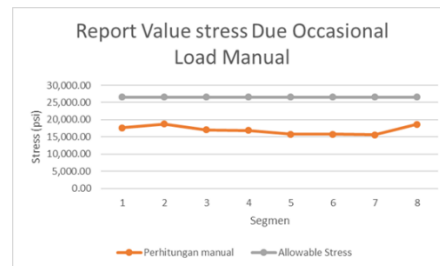
**3.3 Perhitungan manual stress**

1. *Sustain Load*



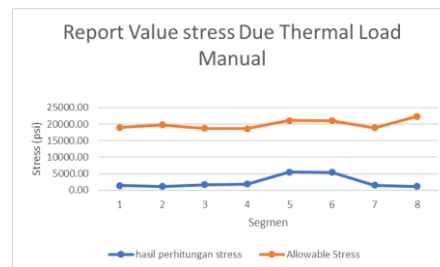
Gambar 3 Grafik manual sustain

2. *Occasional Load*



Gambar 4 Grafik manual occasional

3. *Thermal Load*

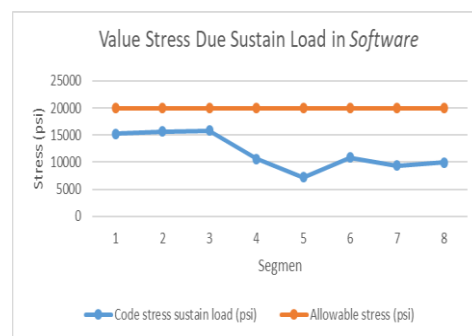


Gambar 5 Grafik manual Thermal

Dari tegangan yang terjadi akibat *sustain load*, *occasional load*, dan *thermal load* perhitungan manual. Tegangan yang terjadi masih dibawah *allowable stress*.

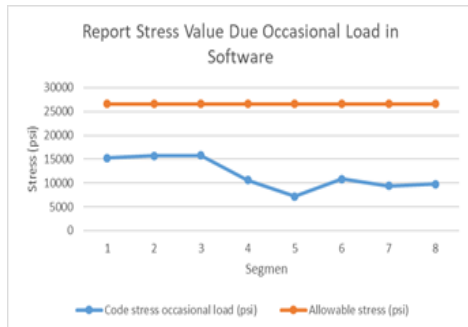
**3.4 Perhitungan stress dengan software analisis:**

1. *Sustain Load*



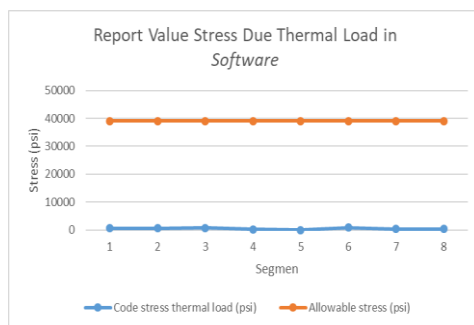
Gambar 6 Grafik Sustain Load

## 2. Occasional Load



Gambar 7 Grafik Occasional Load

## 3. Thermal Load



Gambar 8 Grafik Thermal Load

Dari tegangan yang terjadi akibat *sustain load*, *occasional load*, dan *thermal load* perhitungan menggunakan *software*. Dari semua perhitungan tegangan yang terjadi masih dibawah *allowable stress*.

### 3.5 Frekuensi Alami Sistem Perpipaan

#### 1. Perhitungan menggunakan *software*

Tabel 1 Perhitungan Frekuensi Alami Software

Frekuensi Alami berdasarkan software			
Mode	Frekuensi (Hz)	Frekuensi (Rad/sec)	Period (Second)
1	0.687	4.381	1.455
2	1.696	10.657	0.59
3	1.884	11.838	0.531
4	2.963	18.615	0.338
5	3.320	20.860	0.301
6	5.151	32.363	0.194
7	5.32	33.424	0.188
8	5.68	33.686	0.176
9	6.224	39.107	0.161

Dari tabel diatas dapat diketahui nilai frekuensi alami yang terjadi pada sistem perpipaan secara kesatuan. Mode 1 menunjukkan nilai frekuensi alami awal yang terkecil. Dari hasil analisa menggunakan *software* didapatkan hasil berbagai nilai frekuensi alami yang memiliki nilai yang berbeda-beda.

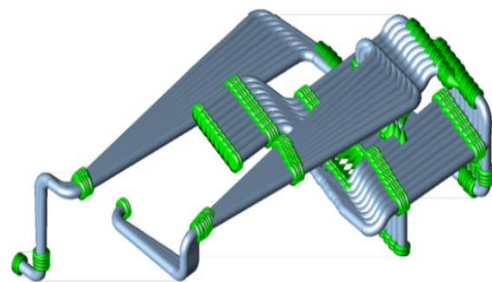
## 2. Perhitungan Manual

Tabel 2 Perhitungan Frekuensi Alami Manual

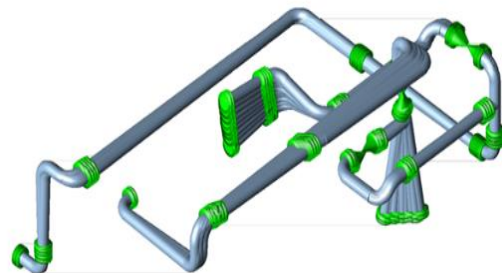
No	Node	Frequency Factor	$\alpha$	L (in)	E (psi)	I (in <sup>4</sup> )	W (lb/in)	$f_n$
1	10 - 115	fixed supported	1.25	272.165	28800000	106	110.457	1.093
2	115 - 200	simple supported	1	337.176	28800000	106	110.457	0.456
3	200 - 330	simple supported	1	231.108	28800000	106	110.457	0.970
4	330 - 430	simple supported	1	218.425	28800000	106	110.457	1.086
5	160 - 510	simple supported	1	72.716	28800000	106	110.457	9.803
6	280 - 1065	simple supported	1	73.819	28800000	106	110.457	9.512
7	1065 - 1105	simple supported	1	263.936	28800000	106	110.457	0.744
8	1105 - 1210	fixed supported	1.25	334.33	28800000	106	110.457	0.725

Dilihat dari tabel diatas, nilai frekuensi modus pertama pada node 115-200 memiliki nilai frekuensi paling rendah dari node-node lain, yaitu 0.456 Hz. Pada node tersebut memiliki nilai  $f_n$  yang paling kecil karena pipa terlalu panjang.

### 3. Hubungan Frekuensi Alami dengan Displacement



Gambar 9 Defleksi Mode 1



Gambar 10 Defleksi Mode 9

Defleksi yang terjadi pada Mode 9 memiliki defleksi yang lebih besar dari Mode yang lainnya. Nilai maksimum amplitudo terjadi pada Mode *shape* terletak pada node 420 sebesar 0.6876 in. Mode *shape* tersebut terbentuk akibat defleksi pada arah sumbu X. amplitudo terbesar terjadi pada mode *shape* 9. Hal ini membuktikan bahwa frekuensi alami sistem perpipaan tidak boleh mendekati frekuensi eksitasi, karena dapat menyebabkan resonansi pada sistem tersebut dengan defleksi sistem perpipaan yang cukup besar.

#### 4. Validasi Perhitungan Manual dan Software

Proses validasi frekuensi dilakukan pada mode 1 dari output *software* sebesar 0.687 Hz. Berikut merupakan hasil dari proses validasi tertera pada Tabel 3.

Tabel 3 Validasi

Mode	Fn Software (Hz)	Fn Manual (Hz)	Selisih	Deviasi (%)	Criteria
1	0.687	0.725	0.038	5.24	Accepted

### 3.6 Penentuan Jumlah, Jenis dan posisi Support Support pada desain penambahan jalur perpipaan Tie-in jumlah, posisi dan jenis yang berbeda-beda.

Tabel 4 Jenis support

Node	Arah Gaya	Jenis Support
10	Anchor	Limited Stopper
115	Y+	Shoe Support
200	Y+	Shoe Support
330	Y+	Shoe Support
1065	Y+	Shoe Support
1105	Y+	Shoe Support
1210	Anchor	Limited Stopper

### 3.7 Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya dilakukan dengan tahapan penjadwalan, Kebutuhan *man power*, MTO. Biaya total yang dikeluarkan pada *project* penambahan jalur pipa tie in, material *takeoff*, *man power* dan juga biaya instalasi adalah Rp1,060,499,276.77.

## 4. KESIMPULAN

- Desain penambahan Jalur perpipaan *Tie-in point* pada gambar 1. Minimum Ketebalan pipa sebesar 0.4229” untuk diameter 8” dan minimum ketebalan pipa sebesar 0.20201” untuk pipa 2”.
- Desain ini memiliki nilai tegangan dibawah *allowable stress*. Nilai yang diperoleh pada perhitungan manual tegangan *Sustain* sebesar 15847.05 lb/in<sup>2</sup> sedangkan dari *running software* sebesar 15611.6 lb/in<sup>2</sup> dengan *allowable stress* 20000 lb/in<sup>2</sup>. Nilai tegangan *Occasional* perhitungan manual sebesar 18,732.59 lb/in<sup>2</sup> sedangkan dari *running software* sebesar 15804.6 lb/in<sup>2</sup> yang memiliki *allowable stress* sebesar 26600 lb/in<sup>2</sup>. Nilai tegangan *Thermal* perhitungan manual sebesar 659.037 lb/in<sup>2</sup> dan perhitungan dengan *software* sebesar 845.9 lb/in<sup>2</sup>. yang mana pada tegangan

tersebut masih dibawah *allowable stress* yang diijinkan.

- Dari perhitungan *maximum allowable* span didapatkan hasil 11.045 ft atau 3.4 m, untuk perhitungan kebutuhan *support*. Dari hasil tersebut diperoleh hasil sebesar 8 buah *support*.
- Dengan menggunakan *software* defleksi pada sistem perpipaan terbesar terjadi pada mode *shape 9* dengan nilai frekuensi natural 6.224 Hz . Hal ini membuktikan bahwa frekuensi alami sistem perpipaan tidak boleh mendekati frekuensi eksitasi.
- Biaya keseluruhan total meliputi, MTO, *man power* dan biaya instalasi pada penambahan jalur perpipaan *tie-in point* sebesar Rp1,060,499,276.77.

## 5. SARAN

- Analisa dinamik pada tugas akhir ini hanya menganalisa Frekuensi Alami yang dialami oleh pipa, Untuk lebih lanjut dapat menganalisa Respon getaran terjadi pada pipa.
- Perhitungan RAB ada tugas akhir ini hanya menghitung *man power*, MTO dan Biaya instalasi. Pada RAB dapat dilanjutkan hingga S-Curve.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- ASME B31.3. (2014). *Process Piping. Chemical Engineer* (Vol. ASME Code).
- Kannapan, S. (1986). *Introduction to Pipe Stress Analysis*.
- Mahardhika, P. (2017). Penentuan *Allowable Span* Antar Penyangga Pipa Slf Berdasarkan Tegangan, Defleksi, Frekuensi Alami. *Jurnal IPTEK*, 21(2), 27. <https://doi.org/10.31284/j.iptek.2017.v21i2.149>
- Smith, P. R., & Van Laan, T. J. (1987), *PIPING AND PIPE SUPPORT SYSTEM*. U.S.A : McGraw Hill Inc
- Nayyar, M. (2000). *Piping handbook. Slurry and Sludge Piping*. [https://doi.org/10.1016/S0026-0576\(97\)82835-8](https://doi.org/10.1016/S0026-0576(97)82835-8)
- Chamsudi, A. (2005). *Piping Stress Analysis*.

**(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)**