

# Analisis Kelelahan Struktur Pada Tiang Pancang Di Dermaga Amurang Dengan Metode S-N Curve

Stania Ekarista Bitty

Sjachrul Balamba, Alva N. Sarayar

Universitas Sam Ratulangi Manado Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil

Email: [ekarista.bitty@yahoo.com](mailto:ekarista.bitty@yahoo.com)

## ABSTRAK

Setiap struktur dermaga yang dibangun tentunya didisain agar tidak mengalami kegagalan struktur akibat beban berulang. Analisis Fatigue merupakan suatu cara yang dapat dilakukan untuk memperkirakan risiko terjadinya kelelahan yang diakibatkan oleh beban berulang dan usia dari bangunan tersebut pun dapat diketahui. Lokasi studi kasus pada penelitian ini adalah di pelabuhan Amurang, kecamatan Minahasa Selatan. Pada penelitian ini dilakukan analisis kelelahan struktur pada tiang pancang dengan menggunakan metode S-N Curve berdasarkan peraturan API RP 2A WSD tahun 2002. Dalam analisis Fatigue, ada beberapa tinggi gelombang yang dipakai untuk mengetahui stress range dari gaya gelombang yang terjadi. Yaitu tinggi gelombang  $H_z = 2.08$  m, 1.85 m, 1.64 m, 1.6 m, 1.43 m, 1.22 m dan 1.10 m, dengan periode gelombang  $T_z = 3.29$  second. Pada sambungan antara tiang pancang dan kepala tiang pada struktur dermaga didapat nilai SCF yaitu 1,556. Sehingga didapat umur bangunan dari Kurva S-N untuk kurva X yaitu 29.8 tahun, 81.2 tahun, 247.6 tahun, 310.5 tahun, 844.9 tahun, 2546.1 tahun, 3129.3 tahun. Dan kurva X' yaitu 15.4 tahun, 36.3 tahun, 94.1 tahun, 114.1 tahun, dan 268.4 tahun, 688.4 tahun, 820.9 tahun.

Kata kunci : fatigue, pondasi, gaya gelombang

## 1. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Indonesia adalah negara kepulauan yang sebagian besar wilayahnya terdiri atas pulau besar dan pulau kecil. Transportasi laut sebagai bagian dari sistem transportasi nasional perlu dikembangkan dalam rangka mewujudkan wawasan nusantara yang mempersatukan wilayah Indonesia. Sarana transportasi laut ini memang sering digunakan oleh hampir semua orang, karena salah satu moda transportasi dengan biaya angkutan yang paling murah dan cukup efisien dalam operasionalnya untuk angkutan jarak jauh dengan kapasitas angkutan yang cukup besar. Tentunya, sarana transportasi ini juga memerlukan tempat untuk persinggahan maupun tempat untuk menaikkan atau menurunkan orang atau barang yang disebut pelabuhan. Pada pelabuhan ini, perlu tersedianya ruang untuk perencanaan dermaga. Dermaga adalah suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal yang akan melakukan bongkar muat barang dan menaik-turunkan penumpang. Dermaga terdiri dari dua struktur utama yaitu struktur atas berupa balok dan plat lantai dan struktur bawah berupa tiang pancang yang berfungsi sebagai penahan supaya plat tetap pada lokasinya. Dermaga dapat dibedakan menjadi dua tipe yaitu *wharf* atau *quai* dan *jetty* atau *pier*. *Wharf* adalah dermaga yang paralel dengan pantai dan biasanya berimpit dengan garis pantai. Sedangkan *jetty* atau *pier* adalah dermaga yang menjorok ke laut.

Setiap struktur dermaga yang dibangun tentunya didisain agar tidak akan mengalami kegagalan struktur maupun dapat menahan beban berulang-ulang berupa beban gelombang. Dengan mempertimbangkan karakteristik struktur yang demikian serta dengan berdasarkan perilaku beban gelombang maka salah satu skenario kegagalan struktur dermaga ini yang perlu diperhatikan adalah fatigue.

Fatigue dapat diartikan sebagai kelelahan suatu struktur setelah menerima beban yang berulang-ulang (cyclic loading). Analisis fatigue merupakan suatu cara yang dapat dilakukan untuk memperkirakan risiko terjadinya kerusakan yang diakibatkan oleh beban berulang dan usia dari suatu bangunan dalam menghadapi berbagai macam beban.

Pada penelitian ini dipilih dermaga yang terletak di Amurang yaitu di kecamatan Minahasa Selatan. Pelabuhan Amurang adalah salah satu alternatif lokasi yang bisa dilakukan analisis fatigue karena dilihat dari aspek teknis dan non teknisnya memenuhi. Arah pengembangan pelabuhan laut Amurang yaitu memiliki peran sebagai pelabuhan lokal untuk menunjang pelayanan terhadap komoditi dan barang-barang umum daerah setempat. Pelabuhan ini diperuntukan bagi kapal perintis ukuran 1000 DWT.

Dengan melakukan analisis *fatigue*, risiko timbulnya kerusakan fatal pada pelabuhan Amurang dapat diperkecil dan suatu bangunan dapat memenuhi target desain yang telah ditetapkan, termasuk disini adalah bahwa struktur tidak akan mengalami kegagalan dalam berbagai kondisi kerja.

Secara umum kegagalan fatigue dapat ditentukan dengan dua metode yaitu Metode *S-N Curve* dan metode *Fracture Mechanics* (FM). Pada penelitian ini yang menjadi pokok bahasan utama adalah analisa fatigue pada konstruksi tiang pancang di dermaga berdasarkan Metode *S-N Curve*.

### Perumusan Masalah

Untuk memperkirakan risiko terjadinya kelelahan struktur yang diakibatkan beban berulang-ulang pada suatu konstruksi tiang pancang dan umur layan di dermaga Amurang sehingga perlu dilakukan analisis Fatigue.

### Pembatasan Masalah

Kegiatan penelitian ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Beban yang ditinjau adalah beban gelombang dengan persamaan Morisson
2. Yang ditinjau yaitu satu tiang pancang
3. Analisis Fatigue pada sambungan tiang pancang dan kepala tiang
4. Tidak memperhitungkan pengaruh muka air tanah
5. Tidak memperhitungkan penurunan

### Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah untuk :

1. Menghitung gaya gelombang yang bekerja pada satu tiang pancang
2. Menganalisis kerusakan yang terjadi pada sambungan tiang pancang dan kepala tiang.
3. Mengetahui umur layan dermaga

## 2. LANDASAN TEORI

### Pengertian Gelombang

Gelombang laut adalah salah satu fenomena alam yang selalu terjadi dilaut. Pada umumnya gelombang laut disebabkan oleh tiupan angin baik langsung maupun tidak langsung. Peristiwa ini merupakan peristiwa pemindahan energi angin menjadi energi gelombang dipermukaan laut dan gelombang itu sendiri meneruskan energinya kepada gerakan molekul air. Untuk menganalisa gaya gelombang yang terjadi pada pondasi, terdapat beberapa teori dasar gelombang yang berhubungan dengan penentuan gaya gelombang tersebut salah satunya yaitu teori Airy. Selanjutnya, perhitungan besarnya gaya gelombang yang terjadi dilakukan dengan metode Morisson yang akan dijelaskan kemudian.

### Teori Morisson

Dalam analisa gaya gelombang menurut persamaan Morisson, pertama-tama struktur dibagi kedalam dua bagian yaitu struktur atas dan struktur bawah yaitu pondasi struktur tersebut. Persamaan Morisson dapat

digunakan bila perbandingan diameter elemen struktur terhadap panjang gelombang yang terjadi adalah kecil. Ini dimaksudkan bahwa gaya gelombang yang terjadi diasumsikan tidak dipengaruhi oleh keberadaan struktur itu sendiri.

Sebagaimana telah dijelaskan pada subbab sebelumnya, persamaan Morisson adalah penjumlahan dari komponen gaya gelombang. Pertama adalah gaya seret (drag force), yaitu gaya yang disebabkan oleh kecepatan air yang lewat pada struktur. Kedua adalah gaya inersia, yaitu gaya yang disebabkan oleh keberadaan struktur terhadap percepatan gelombang yang terjadi.

Selanjutnya, gaya gelombang untuk suatu pertambahan panjang elemen struktur oleh Morisson didefinisikan dengan persamaan :

$$f = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_D \cdot D \cdot |u| \cdot u + \rho \cdot C_I \cdot \frac{\pi d^2}{4} a_x$$

dengan :

$\rho$  = massa jenis air laut (kg/cm<sup>3</sup>)

$C_D$  = koefisien drag (koefisien seret)

$C_I$  = koefisien inersia

$u$  = kecepatan horizontal partikel air (cm/det)

$a_x$  = percepatan horizontal partikel air (cm/det<sup>2</sup>)

Total gaya horizontal yang bekerja sepanjang elemen vertikal tersebut dapat ditentukan dengan mengintegrasikan gaya yang terjadi tiap satuan panjang elemen yang adalah sebagai berikut:

$$F = \int_0^y f(y) dy$$

### Pondasi Tiang

Pada keadaan tanah dibawah kedalaman dimana pondasi telapak dan plat akan didirikan terlalu lemah atau terlalu kompresibel untuk menyediakan daya dukung yang cukup, beban perlu dipindahkan ke material yang lebih kuat ditanah yang lebih dalam misalnya dengan menggunakan tiang (pile).

### Daya Dukung Akibat Beban Aksial

Bila suatu beban aksial yang diaplikasikan pada pondasi tiang pancang, maka dengan adanya interaksi antara tiang dan tanah akan terjadi gaya perlawanan yang dapat mengimbangi besarnya beban luar tersebut. Gaya perlawanan ini akan dianalisa berdasarkan metode pendekatan statis.

Kapabilitas daya dukung tiang dibedakan oleh daya dukung ujung dan daya dukung gesek, dan apabila kedua daya dukung tersebut dimobilisasi maka akan didapat dengan rumus :

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{SF}$$

Dimana:

$Q_u$  = kapasitas daya dukung tiang

$Q_p$  = kapasitas dukung pada ujung tiang

$Q_s$  = kapasitas daya dukung karena tahanan kulit

$Q_{all}$  = kapasitas dukung tiang pancang yang diperkenankan  
 SF = Faktor keamanan

## KELELAHAN STRUKTUR / FATIGUE

### Pengertian Kelelahan Struktur/ Fatigue

Bangunan yang mengalami beban yang sifatnya berulang (*cyclic*) menyebabkan berkurangnya kekuatan. Fenomena ini dikenal dengan kelelahan atau *Fatigue*. *Fatigue* dapat diartikan sebagai kelelahan suatu struktur setelah menerima beban yang berulang-ulang (*cyclic loading*). Analisis *fatigue* merupakan suatu cara yang dapat dilakukan untuk memperkirakan risiko terjadinya kerusakan pada sambungan kritis yang diakibatkan oleh beban berulang dan usia dari suatu bangunan dalam menghadapi berbagai macam beban. Batas dari *fatigue* (*fatigue limit*) didefinisikan sebagai *stress* (tegangan), dimana material atau sambungannya dapat menahan beban yang berulang dalam jumlah tertentu. Kekuatan *fatigue* (*fatigue strength*) pada struktur adalah tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh struktur tanpa mengalami keruntuhan pada frekwensi pembebanan tertentu. Secara umum, kegagalan *fatigue* dapat ditentukan dengan dua metode yaitu Metode *S-N Curve* ( Stress vs Jumlah siklus Kegagalan yang diijinkan) dan metode *Fracture Mechanics (FM)*.

### Parameter Analisis Fatigue

#### Kurva S-N

Kurva S-N adalah karakteristik *fatigue* yang umum digunakan dari suatu bahan yang mengalami tegangan berulang dengan besar yang sama. Dasar dari kurva S-N atau Wohler Curve adalah plot dari *stress* (S) versus jumlah Cycle (N). Kurva tersebut diperoleh dari tes spesimen baja yang diberi beban berulang dengan jumlah N siklus sampai terjadi kegagalan.

Tingkat keyakinan akurasi penentuan kurva S-N dipengaruhi oleh parameter kemiringan (*slope*) dan intersepsi. Kedua parameter ini mempunyai ketidakpastian. Kombinasi ketidakpastian kedua parameter menjadikan ketidakpastian total kurva S-N, ekspresi analitis dari kurva S-N adalah:

$$N_c(s) = aD \cdot S^{-m}$$

$$\log(N(s)) = \log(aD) - m \log(s)$$

Dengan :

aD = intersepsi sumbu log

m = kemiringan kurva S-N

S = Rentang Tegangan (MPa)

N = Jumlah siklus

### Aturan Miner

Kurva S-N hanya menyediakan informasi untuk pembebanan dengan amplitudo konstan. Untuk pembebanan lingkungan dengan amplitudo yang bervariasi, kurva S-N dilengkapi dengan peraturan yang disebut aturan Miner. Aturan ini memungkinkan perhitungan kerusakan *fatigue* (D) dengan beberapa amplitudo pembebanan berbeda. Apabila join mengalami pembebanan dengan amplitudo yang bervariasi, maka kerusakan *fatigue* yang terjadi adalah penjumlahan dari kerusakan *fatigue* dari masing-masing grup. Dengan rumus sebagai berikut:

$$D = \sum_{i=1}^m \frac{n_i}{N_i} = \frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} + \frac{n_3}{N_3} + \dots + \frac{n_m}{N_m}$$

### Stress Concentration Factor (SCF)

Pada kondisi tegangan yang kompleks, terkadang tidak begitu pasti tegangan mana yang harus digunakan untuk kurva S-N. Untuk itu, sebuah efek konsentrasi tegangan dapat digunakan pada perhitungan tegangan yang bekerja berupa SCF. *Stress Concentration Factor* (SCF) adalah perbandingan antara tegangan di daerah hot-spot dengan tegangan nominal pada penampang.

Nilai SCF merupakan komponen penting dalam perhitungan *fatigue damage* karena tegangan yang terjadi pada sambungan tubular tidak menyebar secara merata. Dimana :

$$HSS = SCF_{ax} \cdot f_{ax} \pm SCF_{ipb} \cdot f_{ipb} \pm SCF_{opb} \cdot f_{opb}$$

Dimana :

$f_{ax}$  = Tegangan Nominal

$f_{ipb}$  = Tegangan Momen Dalam Nominal

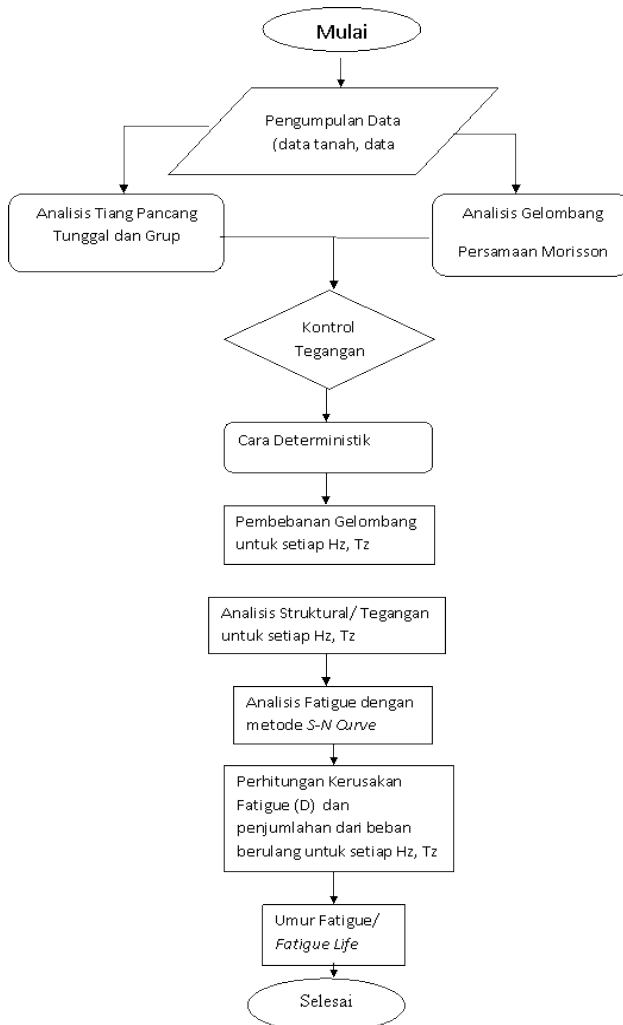
$f_{opb}$  = Tegangan Momen Luar Nominal

$SCF_{ax}, SCF_{ipb}, SCF_{opb}$

= *Stress Concentration Factor*

### 3. PELAKSANAAN PENELITIAN

#### Diagram Alir Penelitian



### 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### Analisis Gelombang

Seperti yang sudah dijelaskan dibab sebelumnya bahwa untuk memperjelas karakteristik dasar gelombang sebagai akibat pergerakan air (gerak gelombang), maka teori Airy akan digunakan untuk perhitungan pendahuluan.

Perlu diketahui data-data untuk menghitung karakteristik gelombang dan gaya gelombang, yaitu sebagai berikut:

$$H = 1,64 \text{ m}$$

$$T = 3.29 \text{ s}$$

$$L_w = 51,18 \text{ m}$$

$$h = 5 \text{ m}$$

$$y = 5 + 0,82 = 5,82 \text{ m}$$

$$\rho = 1030 \text{ kg/m}^3 = 1,030 \text{ t/m}^3$$

#### ➤ Konstanta dan Frekuensi Gelombang

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{3,29} = 1,909 \text{ rad/s}$$

$$k = \frac{2\pi}{L_w}$$

$$k = \frac{2\pi}{51,18} = 0,123$$

#### ➤ Bentuk permukaan gelombang ( $\eta$ )

ditinjau  $x = 25,59 \text{ m}$  dan  $t = 0 \text{ s}$

$$\eta = \frac{H}{2} \cos(kx - \omega t)$$

$$\eta = \frac{1,64}{2} \cos(0,123(25,59) - 1,384(0))$$

$$\eta = 0,819$$

#### ➤ Kecepatan gelombang horizontal ( $u$ )

$$u = \frac{\omega H \cosh ky}{2 \sinh kh} \cos(kx - \omega t)$$

$$u = \frac{1,909 \cdot 1,64 \cosh 0,123 \cdot 5,82}{2 \sinh 0,123 \cdot 5} \cos(0,123(25,59)$$

$$- 1,097(0))$$

$$u = 3.026 \text{ m/s}$$

Untuk menggunakan persamaan Morison dalam menghitung gaya gelombang harus memperhatikan syaratnya, yaitu:

$$\frac{D}{L_w} < 0,2$$

Yang mana telah diketahui bahwa diameter tiang  $D = 0,4572 \text{ m}$

$$\text{Maka } \frac{D}{L_w} = \frac{0,4572}{51,18} = 0,0089 < 0,2 \text{ OK!}$$

#### ➤ Lebar orbit, $w$

$$w = \frac{H}{\tanh \frac{2\pi d}{L_w}}$$

$$w = \frac{1,64}{\tanh \frac{2\pi \cdot 5}{51,18}} = 13,428$$

$$\text{Maka } \frac{D}{w} = \frac{0,4572}{13,428} = 0,03 < 0,2$$

Karena  $\frac{D}{w} < 0,2$  maka gaya drag yang paling berperan atau lebih besar pengaruhnya terhadap gaya gelombang.

$$f = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_D \cdot D \cdot |u| \cdot u + \rho \cdot C_I \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot a_x$$

#### ➤ Nilai $C_D$ dan nilai $C_I$

Untuk penentuan nilai koefisien seret tergantung pada bilangan Reynolds.

$$Re = \frac{U_{rms} \cdot D}{\nu} ; \nu = 4,267 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$U_{rms} = \int_0^{h+\eta} \frac{u \cdot |u|}{h+\eta} \cdot ds$$

$$U_{rms} = \int_0^{5,819} \frac{3,026 \cdot |3,026|}{5,819} \cdot ds$$

$$U_{rms} = \int_0^{5,819} 1,573 \text{ ds}$$

$$U_{rms} = (1,573 \cdot 5,819) - (1,573 \cdot 0)$$

$$U_{rms} = 9,157 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{9,517 \cdot 0,4572}{4,267 \times 10^{-6}}$$

$$Re = 1019726,365$$

Berdasarkan range pada Bilangan Reynolds, maka :

Nilai  $C_D$  berada dalam range sebagai superkritik yaitu

$Re > 4 \times 10^5$ , maka nilai  $C_D$  konstan antara 1,6-1,7.

Untuk itu nilai  $C_D$  ditentukan dengan nilai 1,6

Karena  $Re > 5 \times 10^5$ , maka nilai  $C_I = 1,5$

### > Percepatan gelombang ( $a_x$ )

$$a_x = \frac{\omega^2 H \cosh ky}{2 \sinh kh} \cdot \sin(kx - \omega t)$$

$$a_x = \frac{1,909^2 \cdot 1,64}{2} \cdot \frac{\cosh 0,123 \cdot 5,82}{\sinh 0,123 \cdot 5} \cdot \sin(0,123(25,59) - 1,384(0))$$

$$a_x = 0,318 \text{ m/s}^2$$

**Maka gaya gelombang dengan menggunakan persamaan Morison yaitu,**

$$f = \frac{1}{2} \cdot \frac{\rho}{g} \cdot C_D \cdot D \cdot |u| \cdot u + \frac{\rho}{g} \cdot C_I \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot a_x$$

$$f = \frac{1}{2} \cdot \frac{1,030}{9,81} \cdot 1,6 \cdot 0,4572 \cdot 3,026^2 + \frac{1,030}{9,81} \cdot 1,5 \cdot \frac{\pi \cdot 0,4572^2}{4} \cdot (0,318)$$

$$f = 0,352 + 0,00786 = 0,359 \text{ t/m} = 359 \text{ N/m}$$

$$F = 5 f = 5 \times 359 = 1795 \text{ N} = 1,795 \text{ ton}$$

**Tegangan yang terjadi pada kepala tiang pancang akibat beban gelombang yaitu:**

$$\sigma = MD \frac{D}{2I} + MI \frac{D}{2I} = \sigma_1 + \sigma_2$$

$$\sigma = 2,64 \frac{0,4572}{2,0,00214} + 0,059 \frac{0,4572}{2,0,00214}$$

$$\sigma = 288,351 \text{ t/m}^2$$



Gambar 1. Hubungan antara tinggi gelombang dan tegangan

### Analisis Fatigue

#### Mencari nilai SCF

$$SCF = 1 + \frac{6(\delta_t + \delta_m - \delta_0)}{t} \frac{1}{1 + \left(\frac{T}{t}\right)^\beta} e^{-a}$$

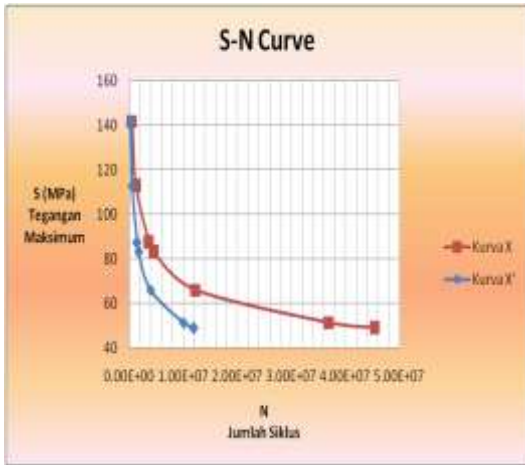
$$SCF = 1 + \frac{6(0,0065 + 0 - 0,0012)}{0,012} \frac{1}{1 + \left(\frac{0,025}{0,012}\right)^{2,068}} e^{-0,00789} = 1,556$$

### S-N Curve

Tabel 1. Perhitungan Tegangan Maksimum (Hss) dan jumlah Siklus (N) dari kurva S-N.

Hz (m)	Hss (t/m²)	Hss (Mpa)	N (X)	N (X')
2.0	14454.1	141.795483	433260.103	224356.137
6	8	1	2	2
1.8	11497.8	112.793645	1180383.97	527971.878
5	2	3	5	4
1.6	8914.96	87.4558328	3597453.09	1367304.61
4	8	83.0486169	4511843.89	1659021.92
1.6	8465.71	3	6	4
1.4	6736.11	66.0812505	12276858.4	3899982.43
3	1	2	3	5
1.2	5236.47	51.3697668	36993952.3	10002508.1
2	2	2	2	6
1.1	4995.56	49.0064725	45469472.2	11929093.3
3	6	6	8	

Dari tabel yang ada, maka dapat dibuat kurva S-N yaitu hubungan antara Tegangan (S) dan Jumlah Siklus rentang Tegangan (N).



Gambar 2. Kurva S-N



Gambar 3. Hubungan antara Hz dan fatigue Life untuk kurva X



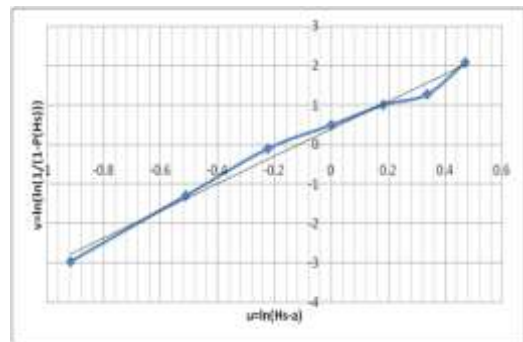
Gambar 4. Hubungan antara Hz dan fatigue Life untuk kurva X'

### Perhitungan Gelombang Signifikan

Tabel 3. Data Sebaran Gelombang di Pelabuhan Amurang

Hs	P(Hs)	ln(Hs-a)	ln(ln(1/(1-P(Hs))))
0.4	0.05046	-0.91629	-2.96079
0.6	0.240709	-0.51083	-1.28964
0.8	0.594613	-0.22314	-0.10213
1	0.806683	0	0.496781
1.2	0.934879	0.182322	1.004854
1.4	0.971701	0.336472	1.271147
1.6	0.999659	0.470004	2.077412

Selanjutnya dari sebaran data dilakukan perkiraan trendline yang dapat dilihat dari gambar dibawah ini.



Gambar 5. Perkiraan trendline

Persamaan trendline yang diperkirakan sesuai dengan sebaran data adalah :

$$v = 0,497u + 2,0774 \text{ dengan}$$

$$v = \ln(\ln(1/(1-P_y(Hs)))) \text{ dan } u = \ln(Hs-a)$$

Kurun Waktu	Py(Hs)	$\ln(\ln(1/1-Py(Hs)))$	$\ln(Hs-a)$	Hs(m)
1	0.99965753	2.076855563	-0.0011	0.998905
2	0.99982877	2.160155494	0.16651	1.181175
3	0.99988584	2.205848527	0.258448	1.294918
4	0.99991438	2.237046953	0.321221	1.378811
5	0.99993151	2.260593332	0.368598	1.445707
6	0.99994292	2.279428882	0.406497	1.501548
7	0.99995108	2.295081919	0.437992	1.549592
8	0.99995719	2.308445928	0.464881	1.591825
10	0.99996575	2.330387401	0.509029	1.663675
50	0.99999315	2.475812246	0.801634	2.229181
100	0.99999658	2.53246662	0.915627	2.498341
200	0.99999829	2.586082642	1.023506	2.782936
300	0.99999886	2.616163056	1.08403	2.956571

Tabel 4. Perhitungan prediksi gelombang signifikan

Jadi dari prediksi gelombang signifikan dalam kurun waktu 300 tahun didapat umur bangunan 1,18 tahun.

## 5. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang didapat dari penelitian ini tentang Analisis Kelelahan Struktur pada tiang pancang didermaga Amurang dengan Metode S-N Curve adalah sebagai berikut :

1. Untuk tinggi gelombang maksimum adalah 1,64 m di perairan Amurang, sehingga didapat gaya gelombang dengan persamaan Morisson

sebesar 359 N/m. Dengan bertambahnya tinggi gelombang mengakibatkan bertambahnya gaya gelombang, tegangan, dan momen yang terjadi pada tiang pancang.

2. Pada sambungan antara tiang pancang dan kepala tiang didapat nilai SCF sebesar 1,556. Tegangan inilah yang digunakan untuk kurva S-N.
3. Pada tabel analisis Fatigue dapat dilihat bahwa, kerusakan fatigue akan berpengaruh sangat besar apabila jumlah siklus beban gelombang dan siklus rentang tegangan juga besar. Dibanding dengan tegangan yang besar, tapi jumlah siklus gelombang yang sedikit.
4. Umur bangunan yang didapat dari analisis fatigue dengan tinggi gelombang 1,64 m untuk kurva X adalah 247.58 tahun, sedangkan untuk kurva X' adalah 94.10 tahun. Dari beberapa variasi tinggi gelombang, dapat di ketahu semakin besar Hz semakin pendek umur bangunan.
5. Umur bangunan yang didapat dari prediksi tinggi gelombang signifikan dalam kurun waktu 300 tahun adalah 1,18 tahun.

## 6. SARAN

1. Perhitungan usia fatigue berdasarkan data gelombang berulang, sebaiknya harus lebih lengkap. Bahkan bisa diambil berdasarkan data gelombang dari scatter diagram.
2. Analisis lebih kompleks dengan membandingkan lebih dari satu tiang pancang.
3. Karena beban berulang yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah beban gelombang. Maka penulis memberikan saran yaitu beban gelombang dapat dikombinasikan dengan beban lingkungan lainnya yang dapat mempengaruhi kerusakan *fatigue* pada tiang pancang.

## DAFTAR PUSTAKA

- API 2000, *Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms – Working Stress Design*, 21st Ed., American Petroleum Institute, Washington D.C.
- Das, Braja. M, 1999. *Principles Of Foundation Engineering*, Cole Publishing Company, California.
- D. V. Reddy. Dan, M. Arockiasamy, 1991. *Offshore Structures, Volume 2*. Krieger Publishing Company. Malabar, Florida. Hal 173-186
- George Quedarusman, 2013. *Analisa Kelelahan Struktur pada Sambungan Antar Tiang Pancang Akibat Beban Horizontal*. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Hary Christady Hardiyatmo, 2011. *Analisis dan Perancangan Fondasi I, Edisi Kedua*. Yogyakarta. Hal 103-104
- Joseph E. Bowles, 1986. *Analisa dan Disain Pondasi, Jilid 2*. Penerbit Erlangga. Institut Teknologi Bandung. Hal 228-231.
- N. D. P. Barltrop, and A. J. Adams, 1991. *Dynamics of Fixed Marine Structures, Third Edition*. The Marine Technology Directorate. Hal 249-327.
- Poulos, H. G. and Davis E. H., 1980. *Pile Foundation Analysis and Design*, John Willey and Sons, Inc, New York.
- Subrata Kumar Chakrabakti, 1994. *Offshore Structure Modeling*. Advanced Series on Ocean Engineering-Volume 9. USA.