

ANALISIS KEANDALAN STRUKTUR MEJA APUNG PENGOLAHAN GARAM

Sutiyo¹, B. Suwasono², dan R.B. Luhulima³

¹Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Universitas Hang Tuah, Surabaya, 60111

E-mail: sutiyo@hangtuah.ac.id

²Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Universitas Hang Tuah, Surabaya, 60111

E-mail: bagiyo.suwasono@hangtuah.ac.id

³Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura, Ambon, 97233

E-mail: richardluhulima@gmail.com

Abstrak. Garam merupakan komoditas yang sangat penting bagi kehidupan masyarakat. Selain untuk konsumsi, garam banyak diperlukan dalam beberapa industri, diantaranya untuk pengawetan dan campuran bahan kimia. Perancangan Meja Apung Pengolah Garam harus dipastikan mampu bertahan terhadap impact sloshing yang mengenai sekat. Dari Hasil perhitungan keandalan struktur diperoleh bahwa pemilihan sekat dengan tebal memiliki keandalan 0.675653 dengan nilai rata-rata tegangan sebesar 159.05N/m². Sedangkan pada pemilihan sekat dengan tebal 10 mm memiliki keandalan 0.999986 mempunyai nilai rata-rata tegangan sebesar 59.77 N/m². Hasil perhitungan keandalan berdasarkan material yang ada yaitu nilai mean tegangan yield stress material sebesar 241.02 N/m² dan standar deviasinya adalah 8,5286 N/m². Pemilihan sekat dengan tebal 10 mm memiliki keandalan yang bagus sehingga perlu dipertimbangkan untuk menggunakannya.

Kata kunci: Keandalan Struktur, Meja Apung, Garam, Air Laut

Abstract. Salt is a very important commodity for people's lives. In addition to consumption, salt is needed in several industries, including for preservation and chemical mixtures. The design of the Salt Processing Floating Table must be ensured to be able to withstand impact sloshing that hits the bulkhead. From the results of the calculation of the reliability of the structure, it was found that the selection of thick insulation had a reliability of 0.675653 with an average stress value of 159.05N/m². Whereas the selection of a 10 mm thick insulation has a reliability of 0.999986 and has an average stress value of 59.77 N/m². The results of reliability calculations based on existing materials are the mean value of the material yield stress of 241.02 N/m² and the standard deviation is 8.5286 N/m². Selection of a screen with a thickness of 10 mm has good reliability, so it is necessary to consider using it.

Keywords: Structural Reliability, Floating Table, Salt, Seawater

1. PENDAHULUAN

Garam merupakan komoditas yang sangat penting bagi kehidupan masyarakat. Selain untuk konsumsi, garam banyak diperlukan dalam beberapa industri, diantaranya untuk pengawetan dan campuran bahan kimia. Banyaknya kebutuhan garam membuat negara harus memproduksi untuk memenuhi kebutuhan garam nasional. Ditunjang oleh kekayaan alam yang menjadi modal utama produksi garam, Indonesia seharusnya mampu untuk memproduksi garam sendiri, namun pada

kenyataannya Indonesia masih mengimpor garam.

Persoalan ketidakmampuan garam rakyat dalam memenuhi memasok kebutuhan garam nasional tidak hanya diakibatkan oleh supply and demand, tetapi juga karena kualitasnya. Selanjutnya, kebutuhan garam sebagai bahan baku industri tumbuh besar pada tahun 2018. Berdasarkan data Kementerian Perindustrian (Kemperin), kebutuhan garam untuk industri tahun 2018 mencapai 3,7 juta ton.

Berdasarkan rekomendasi Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) kebutuhan impor garam tahun

ini seberat 2,17 juta ton sementara berdasarkan kebutuhan industri mencapai 3,7 juta ton. Namun akhirnya Kementerian Perdagangan memberikan persetujuan izin impor garam industri sebesar 2,37 juta ton yang berlaku satu tahun.

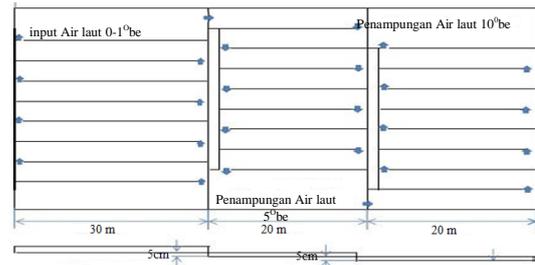
Upaya yang dapat dilakukan petani untuk mendapatkan garam dengan kualitas baik adalah dengan kristalisasi dan evaporasi yang memerlukan beberapa kali proses. Hal ini akan meningkatkan biaya operasional untuk pengolahan garam terutama untuk keperluan industri. Untuk meningkatkan kualitas input air laut yang baik maka dilakukan pengambilan air laut yang tidak tercampur dengan air (jauh dari bibir pantai). Dari uraian latar belakang masalah yang diuraikan diatas maka dilakukan kajian wahana apung untuk pengelolaan air lau yang ditinjau dari aspek hidrodinamika.

Menurut Kementerian Kelautan dan Perikanan (KPK) dari pengkajian dengan melakukan modifikasi pada sistem pertanian garam dengan cara TUP bisa meningkatkan produktivitas hingga 100%. Terbukti, cara membuat garam dengan menggunakan metode UTF bisa meningkatkan produktivitas seperti yang terjadi di Jawa Barat yaitu Cirebon, Indramayu dan Karawang. Petani yang awalnya hanya bisa menghasilkan 60-80 ton garam sekali panen, kini bisa menghasilkan 120-140 ton garam dalam per hektar.

Dalam penelitian ini akan difokus pada proses pembuatan air tua garam dengan 15⁰be. Adapun konsep TUP bisa Anda lihat lewat ilustrasi gambar berikut ini.



Gambar 1 Diagram pengolahan air tua garam



Gambar 2 Pengolahan air tua garam hingga 15⁰be dengan metode TUF

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Konsep Keandalan

Di dalam desain struktur kapal atau anjungan lepas pantai, tidak ada parameter perancangan dan kinerja operasi yang dapat diketahui dengan pasti. Hal ini karena tidak ada seorang pun yang mampu memprediksi kepastian atau ketidakpastian suatu kejadian tertentu [1].

Oleh karena itu, dalam setiap perancangan pasti mengandung ketidakpastian yang pada akhirnya menimbulkan ketidakandalan dalam suatu tingkatan tertentu. Keandalan sebuah komponen atau sistem adalah peluang komponen atau sistem tersebut untuk memenuhi tugas yang telah ditetapkan tanpa mengalami kegagalan selama kurun waktu tertentu apabila dioperasikan dengan benar dalam lingkungan tertentu [2].

2.2. Konsep Ketidakpastian

Pada struktur konstruksi yang modern tentunya isu keamanan merupakan aspek yang paling utama dalam pendesainan. Isu keamanan dalam analisa struktur adalah berkaitan dengan keakuratan dalam hal mendefinisikan ketidakpastian dalam hal pemodelan computer, pembebanan, geometri, proses produksi dan operasional [3].

2.3. Simulasi Monte Carlo

Simulasi Monte Carlo adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis keandalan struktur. Ketika suatu sistem mengandung variable atau parameter yang memiliki nilai random, atau mengandung peubah acak, maka metode simulasi Monte Carlo dapat digunakan. Unsur pokok dalam simulasi Monte Carlo adalah penggunaan random number generator (RNG).

Prinsipnya, sampel yang diambil berdasarkan RNG tadi akan dipakai sebagai masukan ke dalam fungsi kinerja $FK(x)$, dan harga $FK(x)$ kemudian dihitung. Misalnya untuk suatu fungsi kinerja tertentu, setiap $FK(x) > 0$, maka sistem atau komponen dianggap gagal. Jika jumlah sampel

tersebut adalah N, maka dicatat jumlah kejadian $FK(x) > 0$ sejumlah n kali. Dengan demikian maka peluang kegagalan sistem/komponen yang sedang ditinjau adalah perbandingan antara jumlah kejadian gagal dengan jumlah kejadian yang dilakukan [2].

2.4. Meja Apung Garam

Air Laut yang masih murni dengan densitas antara $0-1^\circ$ Be dialirkan dengan menggunakan pompa ke dalam petak penampungan pertama. Air laut yang telah alirkan, ditunggu hingga kadar densitanya mencapai 5° Be.

Selanjutnya, air dari dari kolam penampung pertama dialirkan ke kolam penampungan ke-2 menggunakan pompa melalui ulir besar. Mengalirnya air garam melalui ulir besar ini bertujuan supaya air baku mengalami penguapan yang cukup banyak dan signifikan, serta diharapkan dengan menempuh perjalanan yang lebih panjang kotoran-kotoran yang bisa mengotori air bisa tersaring dan membuat air menjadi bersih.

Air dalam petak penampungan ke-2 disetting memiliki ketinggian antar 3-5 cm, kemudian diukur dengan Boumeter untuk dilihat berapa densitasnya. Diharapkan hasil pengukuran menunjukkan 10° Be.

Setelah selesai dilakukan pemrosesan dalam penampungan 2, air dialirkan ke petak penampungan ke-3 melalui ulir kecil. Hampir sama dengan ulir besar, tujuan dialirkannya air melewati ulir kecil dengan jarak yang panjang adalah untuk mempermudah penguapan air laut untuk mendapatkan kekentalan sebesar 15° Be. Selanjutnya dilakukan penampungan ke wadah tertutup untuk megurangi evaporasi.

2.5. Distrubusi WEIBULL

Distribusi weibull adalah persamaan yang biasanya digunakan untuk mengetahui suatu objek berfungsi sebagaimana mestinya atau tidak. Bisa dikatakan bahwa distribusi ini dapat menangani maslaah-masalah yang menyangkut lama waktu suatu objek dapat bertahan. Berikut rumus yang digunakan pada distribusi weibull. [2].

$$F(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^\alpha\right) \quad (1)$$

2.6. Tegangan

Pada suatu penampang, gaya-gaya yang bekerja pada luasan umumnya sangat kecil (infinitesimal areas) pada penampang tersebut bervariasi baik dalam besar maupun arahnya. Gaya dalam merupakan resultan dari gaya-gaya padablusan yang sangat kecil ini. Instensitas gaya menentukan

kemampuan suatu struktur atau material dalam menerima beban (kekuatan) disamping mempengaruhi sifat-sifat kekakuan maupun stabilitas [6]. Apabila dijabarkan dalam rumus adalah sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2)$$

dengan;

σ : Tegangan (N/m²)

P : Pressure (Newton)

A : luas (m²)

2.7. Metodologi

A. Pengumpulan data dan Studi literatur.

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari berbagai bahan acuan seperti jurnal, buku dan referensi lain. Studi literatur bertujuan untuk membantu dalam memahami dan menganalisis permasalahan pada penelitian ini. Selain itu juga dilakukan penelusuran literatur untuk mendapatkan data penunjang.

B. Menentukan titik kritis

Penentuan titik kritis dilakukan pada daerah dimana suatu struktur mempunyai nilai tegangan tertinggi apabila diberikan suatu beban kepada stuktur tersebut.

C. Uji Statistik untuk menentukan distribusi

Dalam menentukan distribusi ini peneliti tidak sembarang memilih distribusi yang digunakan, melainkan dengan menggunakan bantuan *software statistic*. Dari *software statistic* tersebut kita dapat memasukkan data berupa tegangan yang sudah didapat sebelumnya pada hasil model baru nanti kita bisa melihat distribusi mana yang sesuai dengan data yang peneliti masukkan.

D. Menentukan Probalnility Density Function (PDF) tegangan

Analisa PDF tegangan yang diperoleh dari tahap 4, dilakukan dengan menggunakan *software statistic*. Dari analisa tersebut akan diperoleh distribusi yang sesuai beserta parameter statistiknya.

E. Menentukan persamaan moda

Menentukan persamaan moda kegagalan untuk analisa keandalan struktur. Jadi moda kegagalan ini dijadikan sebagai acuan untuk menentukan apakah suatu struktur mengalami kegagalan atau tidak.

F. Menentukan Random Variable

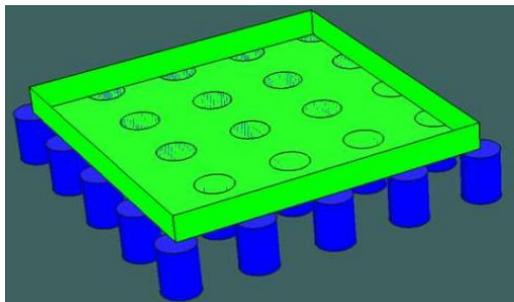
Menentukan *Random Variable* dengan perintah yang ada pada excel yaitu dengan ketik perintah =Rand () maka akan muncul angka yang diinginkan. Namun butuh pembuktian yang akurat untuk menentukan nilai *Random Variable* yaitu dengan rumus dari distribusi yang sudah didapatkan pada saat uji statistic sebelumnya.

G. Simulasi Monte Carlo.

Pada tahap ini dilakukan analisa kenadalan dengan metode Simulasi Monte Carlo. Sehingga pada tahap ini akan didapatkan nilai keandalan struktur.

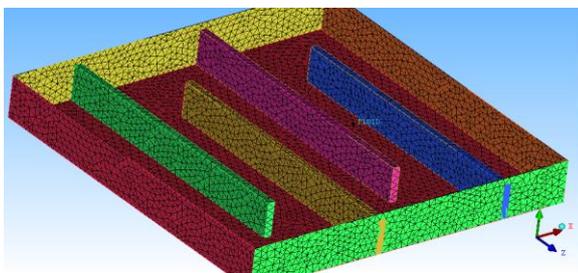
H. Desain Kolam Apung Garam

Stabilitas Wahana Apung adalah kemampuan wahana apung untuk menegak kembali sewaktu wahana apung pada saat diapungkan, tidak miring kekiri atau kekanan, demikian pula pada saat berlayar, disebabkan oleh adanya pengaruh luar yang bekerja padanya pada saat wahana apung diolengkan oleh ombak atau angin, wahana apung dapat tegak kembali. Meja Apung didesain seperti gambar 3 dengan ukuran 5m x 5m



Gambar 3. Desain Meja Apung

Selanjutnya Meja Apung didesain pada CFD untuk dilakukan analisa besarnya tegangan akibat sloshing pada sekat-sekatnya, seperti ditunjukkan Gambar 4

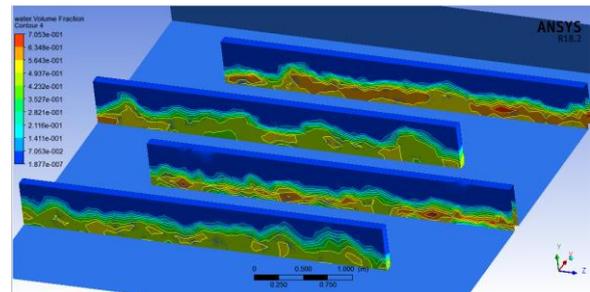


Gambar 4. Meshing Desain Meja Apung

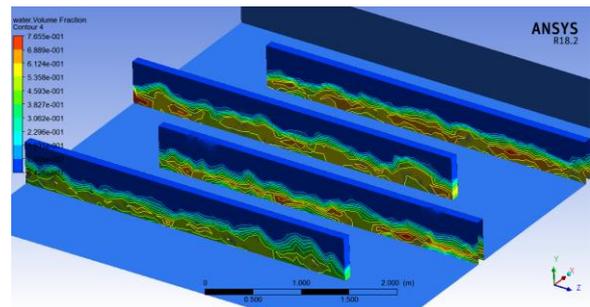
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Tegangan Kapal

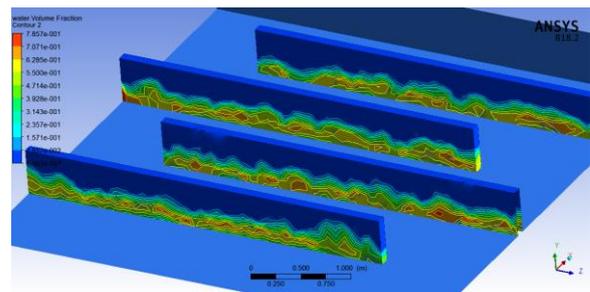
Merujuk pada desain Meja Apung Garam telah dilakukan simulasi sloshing akibat muatan air laut dengan ketinggian 15 cm dengan gelombang air laut sebesar 1 m dengan ketebalan sekat 10mm dan 5 mm. Hasil simulasi Meja Apung ditunjukkan pada Gambar 5-78 dan didapatkan hasil tegangan sebagai berikut, seperti ditunjukkan Tabel 1.



Gambar 5. Volume Fraction dengan sudut 0⁰



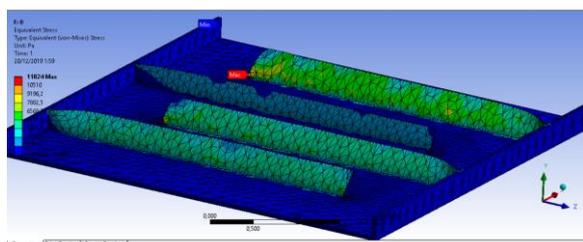
Gambar 6. Volume Fraction dengan sudut 45⁰



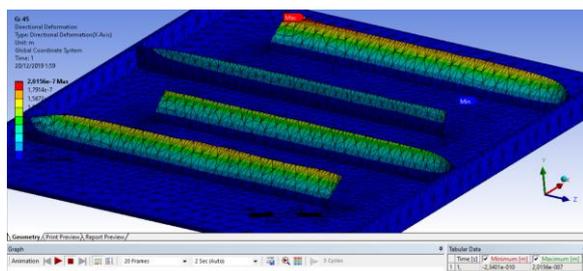
Gambar 7. Volume Fraction dengan sudut 90⁰

Tabel 1. Hasil tegangan

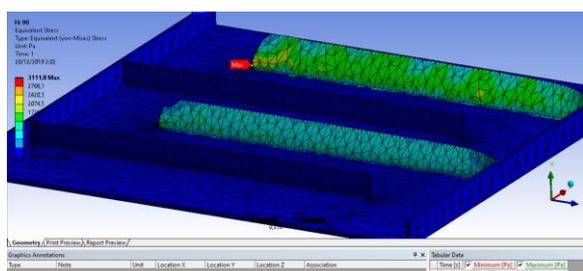
θ (°)	Posisi	F(N)	Tegangan (N/m ²)		Tegangan Ijin (N/m ²)
			10 mm	5 mm	
0	Sekat 1	7.94	57.099	192.36	350
	Sekat 2	8.65	73.866	379.93	350
	Sekat 3	3.46	27.972	67.603	350
	Sekat 4	11.13	118.24	314.44	350
45	Sekat 1	7.92	56.965	184.74	350
	Sekat 2	6.29	47.525	229.29	350
	Sekat 3	2.93	10.893	56.02	350
	Sekat 4	8.93	94.859	285.86	350
90	Sekat 1	0.31	2.5445	7.4376	350
	Sekat 2	1.76	14.436	67.639	350
	Sekat 3	0.16	1.3069	3.6784	350
	Sekat 4	2.9	31.118	92.718	350
$\mu = T_{max} + T_{min} / 2$			59.77	159.05	
$\sigma = STDEV.S(E6:E17)$			37.25	125.95	



Gambar 8. Tegangan dengan sudut gelombang 0° (auto scale)



Gambar 9. Tegangan dengan sudut gelombang 45° (auto scale)



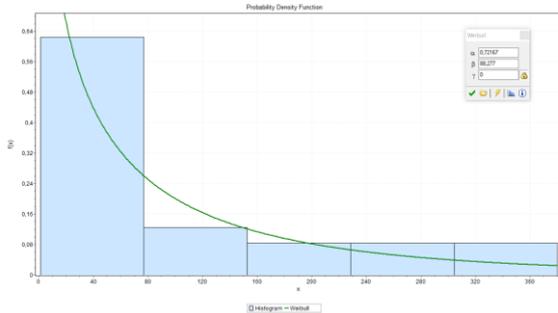
Gambar 10. Tegangan dengan sudut gelombang 90° (auto scale)

3.2. Fit Distribusi

Untuk menghitung Keandalan struktur dibutuhkan distribusi yang akan digunakan pada simulasi Monte Carlo. Salah satu yang dilakukan untuk menentukan distribusi yang digunakan adalah dengan menggunakan *Software statistic “Easyfit”*. Dengan ini peneliti memasukkan data hasil tegangan yang didapatkan. Kemudian dilakukan fit distrusi dan dari fit distribusi tersebut setelah peneliti memasukkan data hasil tegangan maka terdapat rangking distribusi yang dapat digunakan untuk menghitung nilai Keandalan Struktur. Jadi dalam rangking tersebut peneliti ambil rangking yang paling tinggi untuk dijadikan sebagai distribusi yang paling tepat untuk digunakan.

Tabel 2. Rangking distribusi

Goodness of Fit - Summary							
#	Distribution	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-Squared	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank	Statistic	Rank
56	Weibull	0,13918	14	0,32478	7	0,05123	1
22	Gen. Pareto	0,09139	2	0,30086	6	0,07267	2
16	Frechet (3P)	0,1285	13	0,40537	10	0,12756	3
7	Dagum	0,10144	6	0,25174	2	0,13141	4
4	Cauchy	0,20694	28	1,4245	21	0,13502	5
45	Pearson 6	0,09841	3	0,23256	1	0,16865	6
20	Gen. Gamma	0,10065	4	0,25476	3	0,19049	7
33	Log-Gamma	0,22577	32	1,8096	31	0,19544	8
27	Inv. Gaussian (3P)	0,14433	15	0,43972	11	0,2046	9
2	Burr	0,1007	5	0,26326	5	0,22949	10



Gambar 11 Distribusi Weibull

3.2 Menentukan Probability Density Function (PDF).

Menentukan PDF tegangan yang terjadi pada Sekat.

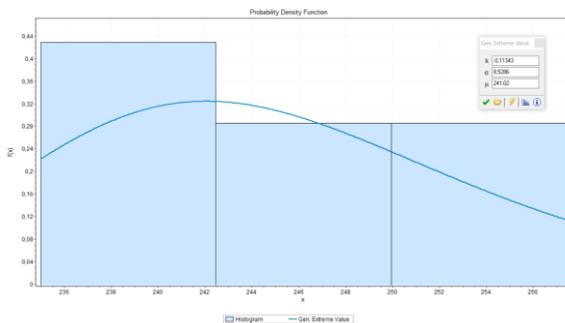
Dengan menggabungkan data tegangan yang terjadi pada gelombang didapatkan didapatkan data PDF distribusi normal sebagai berikut :

- Variasi tebal sekat 10 mm
nilai standar deviasi = 37.25 dan mempunyai nilai rata-rata = 59.77
- Variasi tebal sekat 5 mm
nilai standar deviasi = 125.95 dan mempunyai nilai rata-rata = 159.05

Menentukan PDF Tegangan Ijin

Data material yang digunakan dijadikan satu dan dilakukan analisa statistik untuk mendapatkan mean dan standar deviasinya.

Setelah dilakukan analisa statistik dan didapatkan grafik PDF nya didapatkan nilai mean tegangan yield stress material tersebut yaitu 241.02 N/m² dan standar deviasinya adalah 8,5286 N/m²



Gambar 12 Fungsi Probabilitas (*Probability Density Function*)

Menentukan Keandalan dengan Metode Monte Carlo.

A Hasil nilai Probability Density function

Distribusi weibull yang sudah didapatkan dari proses fit distribusi digunakan untuk menentukan nilai *Probability Density function*. Nilai *Probability Density function* digunakan untuk menghitung dan

mengkonversi bilangan acak yang digunakan pada perhitungan nilai Keandalan Struktur. Dari *Probability Density function* akan didapatkan nilai shape parameter(α) dan scale parameter(β).

B Uji Statistik untuk Distribusi Weibull

Sesuai dengan rumus weibull

$$f(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^k\right) \tag{1}$$

Dibutuhkan nilai X yang akan digunakan untuk menghitung nilai tegangan yang sudah dikonversikan untuk disimulasikan dengan simulasi monte carlo. Dimana nilai F(X) adalah probabilitas terambilnya suatu peluang, maka dari rumus tersebut dapat dijabarkan menjadi,

C Moda Kegagalan

Moda kegagalan merupakan acuan ataupun patokan yang digunakan untuk menilai suatu produk atau obyek yang diteliti Moda kegagalan tersebut dapat dijadikan acuan, apabila nilai tegangan actual dibagi dengan tegangan ijin bernilai negative dan atau lebih dari satu maka nilai keandalan strukturnya bisa dikatakan gagal. Sedangkan, jika tegangan actual dibagi dengan tegangan ijin bernilai kurang dari sama dengan 1, maka nilai keandalan strukturnya bisa dikatan berhasil.

$$\text{Moda Kegagalan} - \frac{\sigma_{aksial}}{\sigma_{ijin}} \leq 1$$

D Nilai Acak

Nilai acak disini berfungsi sebagai probabilitas yang digunakan dalam persamaan rumus weibull. Untuk melakukan pembuktian apakah rumus yang dipakai dengan nilai acak sudah sesuai apa tidak bisa dibuktikan dengan memasukkan nilai tegangan sembarang.

E Analisa Keandalan Struktur dengan simulasi Montecarlo

Dalam menghitung nilai keandalan struktur dibutuhkan moda kegagalan dan juga data acak yang sudah ditentukan di Sub Bab sebelumnya. Sehingga tinggal mengikuti algoritma perhitungan Keandalan Struktur.

Dalam menentukan nilai kenadalan struktur peneliti melakukan 1000, 10000, 100000, 1000000 iterasi. Dan peneliti juga menyajikan nilai keandalan struktur dalam bentuk tabel dan juga kurva *trendlaine* untuk mempermudah peneliti dan pembaca dalam menganalisa hasil dari perhitungan nilai Keandalan struktur.

Sesuai dengan algoritma perhitungan keandalan

struktur dengan simulasi Monte Carlo didapatkan hasil nilai Keandalan struktur.

Penentuan keandalan struktur meja apung menggunakan metode monte carlo, dalam hal ini formula mode keandalan yang digunakan adalah:

$$\text{Mode Kegagalan} = ST - (YT \times SF) \geq 0 \quad (2)$$

Dimana:

ST = Tegangan pada eye plate (N/m²)

YT = Yield Stress Material (N/m²)

SF = Safety Faktor 90% (Tegangan tarik yang diizinkan / permission stress adalah tidak melebihi 10% dari tegangan tarik yang dimiliki material)

Untuk menentukan keandalan dalam penelitian ini menggunakan *software* Scilab dengan menggunakan formula (2) tersebut diatas dengan memasukkan formula tambahan sesuai dengan koding di Scilab yaitu:

$$ST = \text{abs}(\text{grand}(1,1, \text{"nor"}, \mu_{ST}, \tau_{ST})). \quad (3)$$

$$SY = \text{abs}(\text{grand}(1,1, \text{"nor"}, \mu_{SY}, \tau_{SY})). \quad (4)$$

Dimana:

abs = Nilai mutlak yang diperlukan untuk mengantisipasi bilangan negatif akibat tegangan tekan atau arah beban negatif

grand = Perintah random nomor

1,1 = Ukuran matrik yang ingin di generate

“nor” = simbol distribusi normal

μ = rata-rata atau mean

τ = standar deviasi

Untuk mendapatkan nilai keandalan struktur pada tabel 4.5 peneliti menggunakan rumus:

$$\text{Keandalan} = (n - \text{jumlah gagal}) / n \quad (5)$$

Dimana:

n = jumlah literasi

Tabel 5. Nilai keandalan untuk sekat tebal 10 mm

No	Jumlah Simulasi	\sum Literasi Gagal	Pof	Keandalan
1	1000	0	0	1
2	10000	0	0	1
3	100000	1	0.00001	0.99999
4	1000000	14	0.000014	0.999986

Tabel 6. Nilai keandalan untuk sekat tebal 5 mm

No.	Jumlah Simulasi	\sum Literasi Gagal	Pof	Keandalan
1	1000	315	0.315	0.685
2	10000	3198	0.3198	0.6802
3	100000	32315	0.32315	0.67685
4	1000000	324347	0.324347	0.675653

4. KESIMPULAN

Perancangan Meja Apung Pengolah Garam harus dipastikan mampu bertahan terhadap impact sloshing yang mengenai sekat. Dari Hasil perhitungan keandalan struktur diperoleh bahwa pemilihan sekat dengan tebal memiliki keandalan 0.675653 dengan nilai rata-rata tegangan sebesar 159.05N/m². Sedangkan pada pemilihan sekat dengan tebal 10 mm memiliki keandalan 0.999986 mempunyai nilai rata-rata tegangan sebesar 59.77 N/m². Hasil perhitungan keandalan berdasarkan material yang ada yaitu nilai mean tegangan yield stress material sebesar 241.02 N/m² dan standar deviasinya adalah 8,5286 N/m². Pemilihan sekat dengan tebal 10 mm memiliki keandalan yang bagus sehingga perlu dipertimbangkan untuk menggunakannya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terimakasih banyak kepada Prof. Aries Sulisetyono, S.T., M.A.Sc., Ph.D telah membimbing dalam analisa keandalan struktur sekat meja apung pengolahan garam, sehingga bisa terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Baker, M. J., & Wyatt, T. A. (1979). *Methods of reability Analysis for jacket platform*. London: Journal of Behavior of Offshore Structure.
- [2] BKI. (1996). *Rules For elding*. Jakarta.
- [3] Choi, S. K., Grandhi, R. V., Canfield, & Robert, A. (2006). *Reliability Based Structure Design*. London: Spinge Science.
- [4] Perdana, D. I. (2013). *Analisa Beban Gelombang pada Konstruksi Kapal Perang Tipe Corvette di Kondisi Perairan Indonesia*. Surabaya: Tugas Akhir S1, Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [5] Nowak, A. S., & Collin, K. R. (2000). *Reliability of structure*.
- [6] Singapore: Mc Graw Hill.
- [7] Rosyid, D. M. (2007). *Pengantar Rekayasa Keandalan*. Surabaya: Airlangga University Press.
- [8] Arianto, P. Y. (2016). *Analaisi tagngan AKibat Beban Gelombang Pada Struktur kapal Perang tipe Corvette*. Surabaya: Tugas Akhir S1, Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Seouluh Nopember.