

# Analisis Lokal Sambungan Kritis Akibat Pengaruh *Scouring* pada *Tripod Jacket Platform*

Lindah Khabibah, Yoyok Setyo Hadiwidodo, dan Handayanu  
 Departemen Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
*e-mail*: yoyoksetyo@oe.its.ac.id

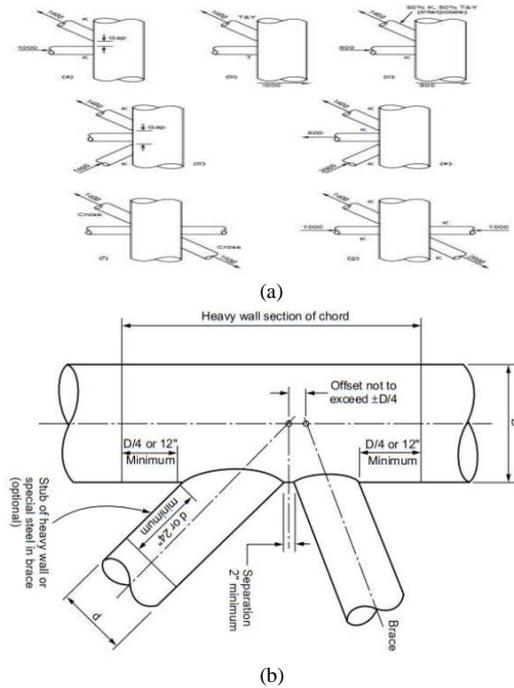
**Abstrak**—Kegagalan struktur lepas pantai dapat terjadi apabila dalam perencanaan desain tidak melakukan analisa terhadap faktor yang mempengaruhinya. Salah satu parameter yang harus ditinjau adalah kemampuan struktur dalam menahan beban ketika terjadi *scouring*. Peristiwa *scouring* dapat mengakibatkan penurunan daya dukung pondasi baik secara vertikal maupun lateral sehingga akan mengurangi kekuatan struktur. Karena itu, penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh *scouring* terhadap struktur *tripod jacket platform*. Analisis awal dilakukan untuk mengetahui maksimum kedalaman *scouring* yang dapat diterima struktur serta integritas struktur karena pengaruh *scouring*. Salah satu luaran yang dihasilkan pada analisis tersebut adalah sambungan kritis yang nantinya akan digunakan dalam analisis distribusi tegangan. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, didapatkan maksimum kedalaman *scouring* agar struktur tetap layak beroperasi berada pada kedalaman 2,4 m. Member kritis terjadi pada member 130-202L dengan *Unity Check* (UC) 0,997 dan sambungan kritis terjadi pada joint 203L dengan besar UC 0,536 pada maksimum kedalaman *scouring*. Nilai *Safety Factor* pada masing-masing *pile* sudah melebihi 1,5. Tegangan maksimum sambungan kritis berlokasi pada daerah *saddle* dengan kondisi *non scouring* bernilai 205,51 Mpa dan kondisi *max scouring* bernilai 213,81 Mpa. Karena itu, struktur dikatakan masih layak beroperasi untuk 20 tahun ke depan saat mengalami *scouring* dengan maksimum kedalaman 2,4 meter.

**Kata Kunci**—*Jacket platform, Scouring, Tegangan.*

## I. PENDAHULUAN

SUATU sistem struktur yang digunakan untuk menunjang kegiatan industri minyak dan gas di laut serta memiliki kemampuan untuk bertahan dalam berbagai macam cuaca dengan kondisi terpancang di dasar laut ataupun mengapung disebut dengan anjungan lepas pantai. Salah satu jenis anjungan yang mayoritas digunakan ialah *fixed jacket platform*. Anjungan ini dapat digunakan pada perairan dengan kedalaman  $\leq 500$  m dan memiliki kaki berjumlah 3 sampai 8 kaki. *Jacket platform* didesain untuk dapat beroperasi dalam rentang umur tertentu. Umur kelelahan struktur dapat berkurang karena adanya pengaruh dari dalam struktur ataupun dari faktor lingkungannya. Salah satu permasalahan lingkungan yang dapat terjadi pada struktur adalah *scouring* (penggerusan). Dengan adanya permasalahan lingkungan tersebut, perlu diperhitungkan pengaruhnya terhadap integritas struktur serta sisa umur kelelahan struktur.

Secara umum, *scouring* menjadi permasalahan yang dapat mengakibatkan kerusakan terhadap kestabilan struktur bangunan di perairan [1]. *Scouring* adalah peristiwa alam yang terjadi karena aliran air laut yang mana tanah pada *seabed* mengalami pergerakan yang disebabkan oleh arus dan gelombang, sama seperti terjadinya erosi [2]. Selain itu, jika di dasar laut terdapat elemen struktur dengan material yang mudah terkorosi, kesepadan dinamik sedimen akan



Gambar 1. (a) Jenis-Jenis sambungan tubular (b) Parameter sambungan tubular.

terganggu dan mengalami *scour*. Peristiwa ini berakibat terhadap ketahanan daya dukung tanah dalam menerima beban struktur di atasnya serta dapat menimbulkan gaya tambahan pada struktur. Proses terjadinya *scouring* berupa terbentuknya pusaran yang membawa partikel sedimen seperti tornado ke bagian inti pusaran serta membawa partikel-partikel tersebut menjauhi *pile* yang mengakibatkan *scouring* di sekitar *pile* terus bertambah [3]. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kedalaman *scouring* maksimum struktur *jacket* agar tetap memenuhi *codes* serta perbandingan nilai tegangannya.

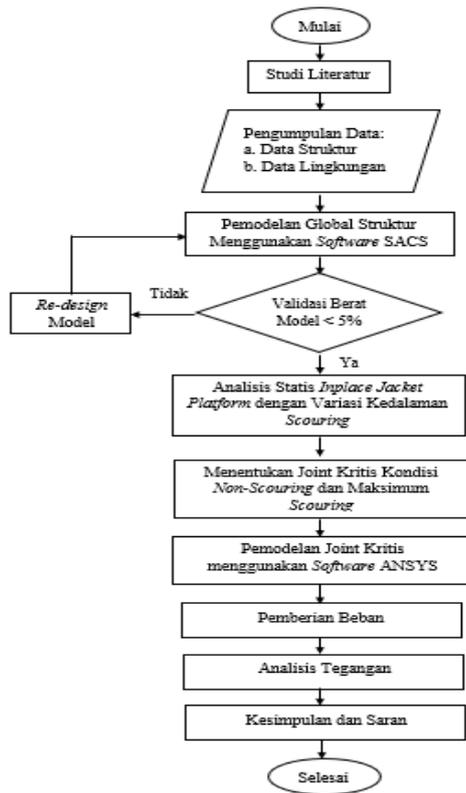
## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. *Scouring*

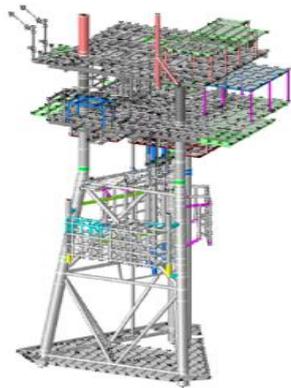
*Scour* merupakan penggerusan tanah dasar laut yang disebabkan oleh arus dan gelombang. Fenomena *scouring* merupakan proses geologi yang atau dapat disebabkan oleh elemen struktur yang mengganggu aliran alami arus dan gelombang pada dasar laut. Secara umum, peristiwa ini dapat menyebabkan kerusakan pada kestabilan struktur dan dapat menambah tegangan pada sambungan. *Scour* dapat dibedakan menjadi tiga jenis kejadian seperti berikut [4]:

#### 1) *Local Scour*

*Local scour* adalah penggerusan lubang yang curam terjadi hanya di satu sisi tiang pancang (*pile*).



Gambar 2. Diagram alir penelitian.



Gambar 3. Pemodelan struktur.

2) Global Scour

Global scour adalah pergerusan lubang yang dangkal terjadi melingkar di sekitar tiang pancang (pile). Terjadi karena efek struktur keseluruhan, interaksi beberapa struktur atau interaksi gelombang atau tanah.

3) Overall Seabed Movement

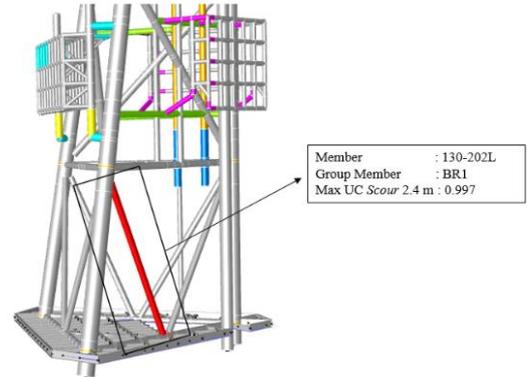
Gerakan sandwaves, ridges, dan shoal yang akan terjadi tanpa adanya struktur. Biasanya overall seabed movement disebabkan oleh penurunan.

Scour dapat mengakibatkan hilangnya dukungan vertikal dan lateral untuk pondasi sehingga menimbulkan penyelesaian yang tidak diinginkan dari mudmat dan penekanan elemen pondasi yang berlebihan. Variable scour adalah suatu kemungkinan yang harus diperhitungkan dalam mendesain sebuah jacket platform karena kedalaman scour yang tidak diprediksi akan menyebabkan struktur runtuh. Akan tetapi, jika prediksi kedalaman scour terlalu besar dapat menyebabkan biaya konstruksi berlebihan yang tidak perlu.

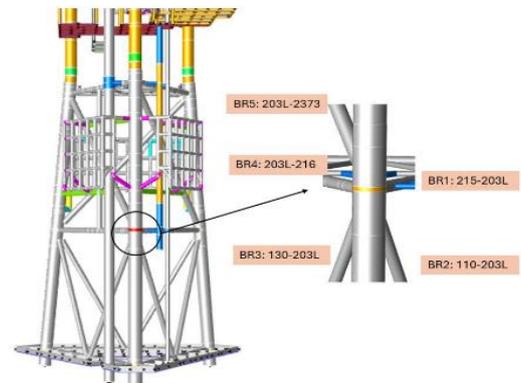
```

SOIL TZAXIAL HEAD 43 8 .0393750L N
SOIL T-Z SLOCSM 8 0.00 .51E-4
SOIL T-Z 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
SOIL T-Z 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
SOIL T-Z SLOCSM 8 3.28 .51E-4
SOIL T-Z 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
SOIL T-Z SLOCSM 8 4.92 .51E-4
SOIL T-Z 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
SOIL T-Z SLOCSM 8 6.56 .51E-4
SOIL T-Z 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
SOIL T-Z SLOCSM 8 7.87 .51E-4
SOIL T-Z 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
SOIL T-Z SLOCSM 8 8.2 .51E-4
SOIL T-Z 56.65 50.80 56.65127.00 56.65 5.08 56.65 12.70 56.65 25.40
SOIL T-Z SLOCSM 8 9.84 .51E-4
SOIL T-Z 0.00 0.00 0.00 67.98 2.54 67.98 5.08 67.98 12.70 67.98 25.40
SOIL T-Z 67.98 50.80 67.98127.00 67.98254.00
SOIL T-Z SLOCSM 8 9.85 .51E-4
SOIL T-Z 0.00 0.00 0.00 15.30 2.54 15.30 5.08 15.30 12.70 15.30 25.40
SOIL T-Z SLOCSM 8 19.69 .51E-4
SOIL T-Z 0.00 0.00 0.00 30.35 2.54 30.35 5.08 30.35 12.70 30.35 25.40
SOIL T-Z SLOCSM 8 19.70 .51E-4
SOIL T-Z 0.00 0.00 0.00 30.35 2.54 30.35 5.08 30.35 12.70 30.35 25.40
    
```

Gambar 4. Contoh input scouring.



Gambar 5. Member kritis.



Gambar 6. Lokasi joint kritis.

Pile dengan bentuk circular dapat menggunakan persamaan berikut.

$$S_c = 1.35 \times D_p \times \left(\frac{d_0}{D_p}\right)^{0.3} \tag{1}$$

Dimana,

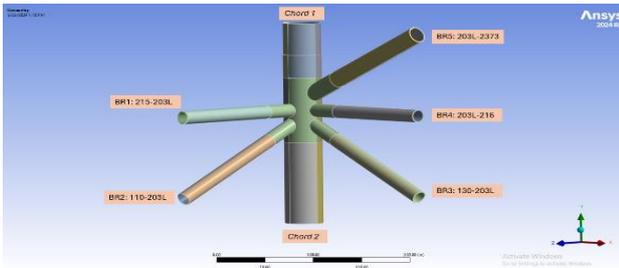
SC = Maksimum kedalaman scouring (m)

Dp = Diameter pile (m)

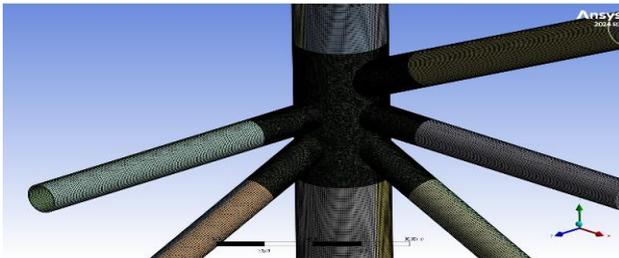
d0 = Kedalaman air laut (m)

B. Analisis Inplace

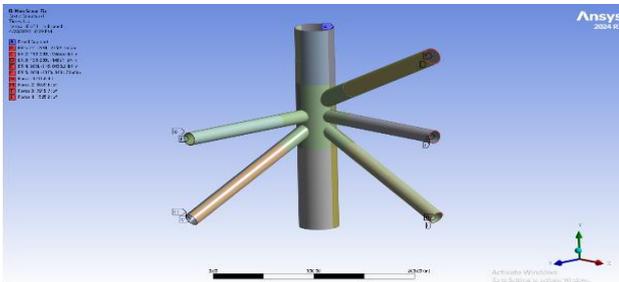
Beban statis merupakan beban acuan yang diperlukan untuk melakukan analisis lainnya sehingga ketepatan dan keakuratan beban statis dalam merancang bangunan lepas pantai perlu diperhitungkan dengan baik. Analisis inplace merupakan analisis statis pada struktur yang bertujuan untuk memastikan struktur tersebut dapat menahan beban dalam tiga kondisi, yaitu kondisi operasi yang mana menggunakan periode ulang gelombang selama 1 tahun, kondisi badai/ekstrem yang mana menggunakan periode ulang



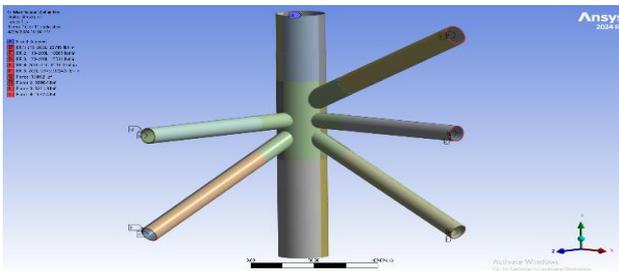
Gambar 7. Model joint kritis.



Gambar 8. Pemodelan meshing joint 203L.



Gambar 9. Kondisi non scouring.



Gambar 10. Kondisi max scouring 2,4 meter.

gelombang 100 tahun, serta kondisi *pullout* yang dilihat dari *pile tension capacity* beban gravitasi minimum dan beban lateral maksimum. Pada kondisi badai, beban *overwork rig live tidak ada* dan beban hidup yang bekerja pada setiap level *deck* akan tereduksi sebesar 25%. Selain itu, *crane* dianggap tidak bekerja sehingga hanya ada nilai beban *crane vertikal* saja.

Analisis ini mempertimbangkan nilai *unity check (uc)* dengan batas maksimum yang dapat diterima struktur adalah kurang dari 1 pada 2 kondisi pembebanan. Rasio tegangan (*unity check*) merupakan perbandingan antara tegangan aktual struktur dengan tegangan yang diizinkan. Berikut merupakan persamaannya.

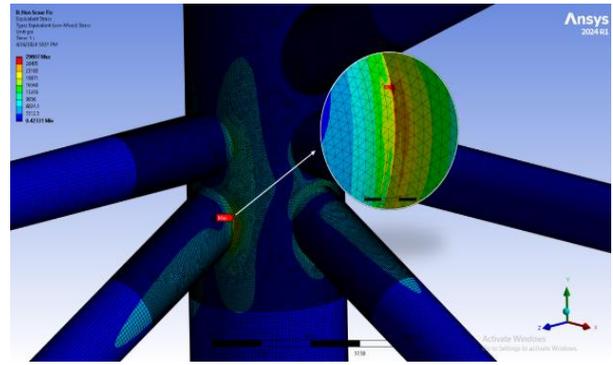
$$UC = \frac{\sigma_{act}}{\sigma_{all}} \tag{2}$$

Dimana,

$UC$  = *Unity check member*

$\sigma_{act}$  = Tegangan yang terjadi (ksi)

$\sigma_{all}$  = Tegangan yang diizinkan (ksi)



Gambar 11. Lokasi tegangan maksimum.

Tabel 1. Validasi Model Struktur

Validasi Model SACS			
WCR (kips)	SACS (kips)	ERROR (%)	Validasi
823,39	844,35	2,546	Memenuhi

Tabel 2. Prediksi Kedalaman Scouring

Deskripsi	Simbol	Nilai (m)
Diameter <i>pile</i>	$D_p$	0,9114
Kedalaman	$D_0$	16,6
Max Kedalaman	$S_c$	2,94

Tabel 3. *Unity Check* Member Kritis

UC Member Kritis Tertinggi	
Deskripsi	<i>Jacket</i>
Member Kritis	130-202L
<i>Properties</i>	16" x 0,844"
<i>Load Condition</i>	3505
<i>Unity Check</i>	
<i>Non Scour</i>	0,967
<i>Scour 1 m</i>	0,978
<i>Scour 1,5 m</i>	0,985
<i>Scour 2 m</i>	0,994
<i>Scour 2,4 m</i>	0,997
<i>Scour 2,5 m</i>	1,003
<i>Scour 3 m</i>	1,007

C. Sambungan Tubular

Pada *jacket platform* antara bagian *chord* dan *brace* terdapat suatu sambungan yang dapat menghubungkan keduanya, yakni sambungan tubular. Sambungan ini merupakan sambungan yang memiliki peran sangat penting dalam ketahanan *jacket platform*. Sambungan tubular menjadi beberapa jenis, yakni sambungan K, X, dan Y [4]. Jenis dan parameter pada sambungan tubular dapat dideskripsikan pada Gambar 1.

D. Pile Capacity

Untuk menyalurkan beban pada *pile* dilakukan melalui hubungan antara sisi tiang dengan tanah *pile* tersebut dipancang dengan daya dukung *pile* oleh ujung *pile*. Daya dukung *pile* umumnya dibedakan menjadi dua yakni daya dukung pada dasar tiang dan daya dukung akibat gesekan pada tiang. Efek *pile capacity* diperlukan untuk menentukan kapasitas *pile* dengan mempertimbangkan deformasi relatif antara tanah dengan *pile*, serta kompresibilitas *pile*. Persamaan dari daya dukung *ultimate (ultimate bearing capacity)* pada *pile* adalah sebagai berikut.

Tabel 4.  
Joint Punching Shear Unity Check

Joint Punching Shear Unity Check								
Joint Kritis	Load Case	Scouring (m)						
		Non Scour	1	1,5	2	2,4	2,5	3
203L	3512	0,52	0,526	0,53	0,534	0,536	0,539	0,541
202L	3504	0,507	0,513	0,517	0,521	0,523	0,526	0,528
101L	3503	0,49	0,495	0,497	0,501	0,502	0,504	0,506
102L	3505	0,477	0,481	0,484	0,488	0,489	0,491	0,493
201L	3504	0,471	0,477	0,481	0,485	0,487	0,489	0,492

Tabel 5.  
Scouring Pile Safety Factor

Scouring Pile Safety Factor			
Pile	001P	002P	003P
Properties	36" x 1,75"	36" x 1,75"	36" x 1,75"
Load Case	3508	3512	3504
Safety Factor			
Non Scour	2,578	2,267	1,681
Scour 1 m	2,562	2,254	1,673
Scour 1.5 m	2,550	2,245	1,667
Scour 2 m	2,537	2,234	1,660
Scour 2.4 m	2,530	2,229	1,657
Scour 2.5 m	2,522	2,223	1,653
Scour 3 m	2,513	2,215	1,647

Tabel 6.  
Hasil Tegangan Von Mises

Kondisi	Minimum Stress		Maximum Stress	
	Psi	Mpa	Psi	Mpa
Non Scour	0,4233	0,00292	29807	205,51
Max Scour 2.4 m	0,0606	0,00042	31010	213,81

$$Q_d = Q_f + Q_p = fA_s + qA_p$$

$$(3) \quad \sigma_e = \frac{1}{\sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{xz}^2)}} \quad (5)$$

Dengan,

$Q_d$  = Ultimate bearing capacity (kN)

$Q_f$  = Skin friction resistance (kN)

$Q_p$  = Total end bearing (kN)

$f$  = Unit skin friction capacity (kPa)

$A_s$  = Side surface area of pile

$q$  = Side surface area of pile

$A_p$  = Gross end area of pile

Selain itu, kemampuan tanah dalam menahan beban disesuaikan dengan persamaan perhitungan pile penetration berikut.

$$P < \frac{Q_c}{SF} \quad (4)$$

Dengan,

$P$  = Beban total yang mengenai pile

$Q_c$  = Ultimate end bearing capacity (lb)

$SF$  = Safety factor pile

#### E. Tegangan Von Mises

Tegangan Von Mises atau disebut juga dengan tegangan ekuivalen ialah resultan gaya yang terjadi pada struktur dan dapat merepresentasikan tegangan dalam bentuk 3 dimensi. Nilai tegangan ini tidak boleh melebihi tegangan yang diizinkan sehingga tidak mengalami buckling pada struktur. Tegangan Von Mises antara shear stress dan axial stress terhadap seluruh arah diperhitungkan melalui pendekatan matriks.

Berikut merupakan persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung Tegangan Von Mises.

Dimana,

$\sigma_e$  = Tegangan ekuivalen (Pa)

$\sigma_x$  = Tegangan normal sumbu x

$\sigma_y$  = Tegangan normal sumbu y

$\sigma_z$  = Tegangan normal sumbu z

$\tau_{xy}$  = Tegangan geser sumbu x

$\tau_{yz}$  = Tegangan geser sumbu y

$\tau_{xz}$  = Tegangan geser sumbu z

### III. METODOLOGI

Penyusunan penelitian ini didasarkan pada sistematika metodologi yang dijabarkan berdasarkan urutan diagram alir Gambar 2 dan untuk penjelasan seluruh proses dijelaskan sebagai berikut:

#### A. Studi Literatur

Pada penelitian ini studi dan literatur yang dipelajari bersumber dari jurnal yang berhubungan dengan topik penelitian, buku, serta penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

#### B. Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini, meliputi data struktur, data lingkungan, dan data tanah yang bersumber dari anjungan lepas pantai salah satu perusahaan migas.

#### C. Pemodelan Global Struktur Jacket Platform

Analisis yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan bantuan perangkat lunak SACS 15 untuk memodelkan desain struktur berdasarkan data-data yang telah diperoleh.

#### D. Validasi Model

Validasi dilakukan dengan menyamakan berat model di SACS dengan *weight control* struktur. Jika *error* antara berat model dan yang tertera di *weight control* tidak lebih dari 5% maka model dianggap valid.

#### E. Analisis Statis Inplace

Analisis *Inplace* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui *Unity Check* (UC) pada setiap member serta mengetahui kekuatan struktur dalam menahan beban eksisting yang bekerja. Pada analisis ini akan didapatkan member kritis yang terjadi pada struktur.

#### F. Penentuan Sambungan Kritis

Sambungan yang memiliki UC terbesar pada analisis *inplace* akan diasumsikan sebagai lokasi sambungan kritis.

#### G. Pemodelan Sambungan Kritis

Sambungan kritis dimodelkan menggunakan *software* ANSYS dan selanjutnya dilakukan pemodelan *meshing* pada model sambungan tersebut.

#### H. Pemberian Beban

Pembebanan dilakukan pada dua kondisi, yaitu kondisi *non scouring* dan kondisi *max scouring*. Beban yang diberikan pada ujung *brace*, yakni beban aksial (Fx), momen IPB (My), dan momen OPB (Mz).

#### I. Analisis Tegangan

Analisis distribusi tegangan pada sambungan kritis didasarkan pada tegangan ekuivalen atau *von mises*. Alur pengerjaan ditunjukkan pada Gambar 2.

### IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### A. Pemodelan Struktur

Pada penelitian ini pemodelan struktur *jacket* berkaki tiga dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak SACS 15. Data yang digunakan dalam pemodelan meliputi profil struktur, data kedalaman, data angin, data arus, data gelombang, dan data tanah. Adapun tampak isometrik struktur *jacket* berkaki tiga seperti pada Gambar 3.

Untuk memastikan bahwa struktur yang dimodelkan sudah dapat mewakili struktur yang sesungguhnya maka dilakukan validasi dengan cara membandingkan berat model dengan berat struktur pada laporan atau *weight control report* yang dibuat oleh perusahaan.

Model struktur dikatakan memenuhi apabila nilai *error* pada hasil perbandingan tidak melebihi batas toleransi yakni 5 persen. Tabel 1 merupakan tabel perbandingan berat model struktur dengan berat struktur sesungguhnya. Berdasarkan Tabel 1 validasi pemodelan struktur *jacket* kaki tiga sudah memenuhi karena memiliki nilai *error* kurang dari 5 persen.

#### B. Analisis Scouring

Analisis *scouring* pada penelitian ini meliputi:

##### 1) Perhitungan Perkiraan Kedalaman Scouring

Sebelum melakukan analisis kedalaman *scouring* menggunakan *software* SACS, dilakukan perhitungan prediksi kedalaman *scouring* terlebih dahulu menggunakan metode perhitungan ditunjukkan pada Tabel 2 [5].

Berdasarkan persamaan 1 didapatkan prediksi kedalaman maksimum *scouring* sebesar 2,4 meter.

##### 2) Input Scouring pada Data Tanah

Input kedalaman *scouring* dilakukan dengan cara menghilangkan ketahanan tanah pada setiap kedalaman yang akan ditinjau. Data ketahanan tanah yang dimaksud meliputi data tanah T-Z, Q-Z, dan P-Y. Data tanah T-Z adalah data yang menunjukkan transfer beban secara aksial. Data tanah Q-Z merupakan beban di permukaan *pile* atau *bearing*. Sedangkan, data tanah P-Y menunjukkan tahanan tanah secara lateral. Input kedalaman *scouring* ini dilakukan pada *software* SACS dengan meninjau *scouring* pada variasi kedalaman 1 meter, 1,5 meter, 2 meter, 2,4 meter, 2,5 meter, dan 3 meter. Berikut merupakan salah satu contoh input kedalaman *scouring* serta input data ketahanan tanah saat kondisi *non scouring* (Gambar 4).

#### C. Analisis Inplace

Analisis statis *inplace* dilakukan untuk memastikan struktur tersebut dapat menahan beban yang terjadi. Pada penelitian ini analisis *inplace* digunakan untuk mengetahui member kritis dan sambungan kritis pada struktur. Member maupun sambungan dapat dikatakan aman apabila nilai UC (*Unity Check*)  $\leq 1$ , nilai UC adalah suatu parameter kekuatan yang menyatakan rasio antara tegangan yang terjadi dengan tegangan yang diizinkan. Dalam analisis ini dilakukan dengan memberi variasi kedalaman *scouring*.

Bertambahnya kedalaman *scouring* berbanding lurus dengan nilai pertambahan UC pada tiap member. Nilai UC terbesar terletak pada member 130-202L dengan *group member* BR 1 pada arah pembebanan 120 derajat.

Menurut Tabel 3 pada kedalaman *scouring* 3 meter nilai UC *jacket* mengalami kenaikan hingga 1,007. Hal ini disebabkan karena tegangan yang terjadi melebihi tegangan yang diizinkan sehingga member mengalami kegagalan. Karena itu, kedalaman maksimum *scouring* yang dapat diterima struktur agar tidak mengalami kegagalan adalah sebesar 2,4 meter. Adapun lokasi member kritis ditunjukkan pada Gambar 5.

#### D. Joint Punching Shear Check

Analisis *joint punching shear check* merupakan analisis selanjutnya untuk mengetahui kekuatan suatu struktur. Sambungan atau *joint* dapat dikatakan aman apabila nilai UC  $\leq 1$ . Tabel 4 merupakan hasil analisis *inplace* berupa sambungan kritis pada kondisi *non scouring* hingga *scouring* 3 meter.

Berdasarkan Tabel 4 joint kritis yang terjadi pada kaki *jacket* adalah joint 203L pada arah pembebanan 330 derajat. Pada joint kritis 203L terdiri dari 2 bagian pada chord dan 5 bagian pada *brace*. Karena itu, pada analisis selanjutnya akan difokuskan pada pemodelan joint tersebut secara lokal untuk mengetahui perhitungan umur kelelahannya. Adapun lokasi joint kritis ditunjukkan pada Gambar 6.

#### E. Safety Factor Pile

Analisis *pile* dilakukan untuk mengetahui kekuatan dan keamanan *pile* dalam menahan beban pada struktur. *Safety factor* adalah hasil perbandingan antara kapasitas yang dimiliki *pile* dengan beban maksimum yang bekerja. Tabel 5 merupakan hasil perhitungan SF pada ketiga *pile*. *Pile* dapat

dikatakan aman apabila nilai dari *compression safety factor* melebihi 1,5.

#### F. Pemodelan Joint Kritis dan Meshing

Sambungan dengan nilai UC terbesar terletak pada *joint* 203L sehingga sambungan tersebut dinamakan sambungan kritis. Selanjutnya, sambungan kritis tersebut dilakukan pemodelan untuk analisis lokal lebih lanjut dengan menggunakan perangkat lunak ANSYS Workbench 2024 R1 Static Structural. Adapun hasil pemodelan sambungan kritis dan meshing ditunjukkan pada Gambar 7 dan Gambar 8.

#### G. Kondisi Batas dan Pembebanan

Penentuan kondisi batas dimaksudkan agar model yang digunakan sesuai dengan kondisi aslinya saat terkena beban. Kondisi batas yang diberikan adalah berupa *fixed support*. Selanjutnya, pemberian beban yang terdiri dari gaya aksial (Fx), momen arah-y (My), dan momen arah-z (Mz). Pemberian beban tidak dilakukan pada member yang memiliki kondisi batas *fixed support* atau pada *chord*. Sedangkan, member lainnya atau *brace* diberikan beban pada tiap ujung-ujungnya.

Pemberian beban dilakukan pada dua kondisi yakni kondisi *non scouring* dan maksimum kedalaman *scouring* 2,4 m pada saat badai arah pembebanan 330 derajat. Bentuk kondisi batas dan pembebanan ditunjukkan pada Gambar 9 dan Gambar 10.

#### H. Analisis Tegangan

Hasil resultan dari seluruh gaya yang terjadi pada struktur merupakan pengertian dari Tegangan Von Mises atau tegangan ekuivalen. Nilai tegangan ini tidak boleh melebihi tegangan yang diizinkan sehingga tidak mengalami *buckling*

pada struktur. Tabel 6 menunjukkan nilai tegangan minimum dan maksimum *joint* 203L pada kondisi pembebanan *non scouring* dan maksimum *scouring* 2,4 meter (Gambar 11).

## V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Kesimpulan yang penulis dapatkan berdasarkan hasil penelitian ini. Kedalaman maksimum *scouring* yang diizinkan agar struktur tetap dapat beroperasi adalah 2,4 meter dengan nilai *pile safety factor* masih memenuhi syarat. Member kritis terletak pada member 120-202L atau pada bagian *member diagonal bracing* dengan UC (*Unity Check*) bernilai 0,997 dan sambungan kritis terletak pada *joint* 203L dengan nilai UC 0,536 pada kedalaman *scouring* maksimum. Dengan tegangan maksimum pada kondisi *non scouring* sebesar 205,51 Mpa dan *max scouring* sebesar 213,81 Mpa.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. R. Uwais, "Analisa Scouring pada Bagian Bawah Jembatan, pada Rencana Sudetan Kali Tanggul, Jember, Jawa Timur," Departemen Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.
- [2] F. Rasyadi, "Analisa Scouring Pipa Bawah Laut Milik Petronas Carigali Ketapang II Ltd. Bukit Tua Development Project Ketapang Psc," Departemen Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [3] M. Welzel, A. Schendel, A. Hildebrandt, and T. Schlurmann, "Scour development around a jacket structure in combined waves and current conditions compared to monopile foundations," *Coast. Eng.*, vol. 152, p. 103515, 2019, doi: 10.1016/j.coastaleng.2019.103515.
- [4] A. P. Institute, *Planning, Designing, and Constructing Fixed Offshore Platforms-Load and Resistance Factor Design*, 2nd ed. United States of America: American Petroleum Institute, 2019. [Online]. Available: <https://www.api.org/>
- [5] A. A. Al-Sharir, "Design, fabrication and installation of fixed offshore platforms in the Arabian Gulf," *Sci. Publ. Cent.*, vol. 2, no. 1, p. 7, 1995, doi: 10.12962/j23373539.v12i1.110435.