

ANALISIS TEGANGAN NOZZLE XI PADA RS-04020 HF REACTOR

Kasda

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Subang

Jalan Arief Rachman Hakim No. 8 Subang

kasdakasdoels@gmail.com,

Abstrak

Untuk keperluan teknik perencanaan komponen *RS-04020 HF Reactor*, analisis tegangan perlu dilakukan. Analisis difokuskan pada area sekitar *Nozzle XI*, tempat *fluid agitator* tipe *EM 04020* di letakan. Analisis tegangan bertujuan untuk menemukan besarnya tegangan pada *top head* dekat *Nozzle XI* yang diakibatkan oleh dua jenis pembebanan statis, yaitu beban hidrostatis dan beban rencana. Pemodelan "*surface model*" dengan menggunakan *Autodesk Inventor Versi 2012* dilakukan berdasarkan informasi dari gambar teknik. Dengan data dan informasi tentang dua kasus pembebanan statis, maka simulasi analisis elemen hingga dilakukan menggunakan *software ANSYS Workbench Versi 13*. Beban hidrostatis berupa tekanan internal sebesar 8,31 barg pada temperature ruang, sementara beban rencana, berupa tekanan internal sebesar 6 barg pada temperature rencana 225°C serta beban pada nozel akibat operasi *Fluid Agitator*, momen torsi sebesar 62 Nm, momen lentur sebesar 241 Nm, dan beban akibat berat sebesar 193 kgf. Hasil simulasi analisis elemen hingga menunjukkan bahwa akibat beban hidrostatis dan beban rencana, distribusi tegangan yang terjadi berada dalam batas yang dapat diterima. Tegangan maksimum sebesar 149 Mpa masih rendah dibandingkan dengan 197 MPa untuk kasus beban hidrostatis dan Tegangan maksimum sebesar 107 MPa masih rendah dibandingkan dengan 183 MPa untuk beban rencana. Tegangan maksimum pada kedua kasus pembebanan didominasi oleh beban tekanan internal dan bukan oleh beban nozel. Oleh karena itu, berdasarkan hasil analisis tegangan, desain *Nozzle XI* Reaktor *RS-04020 HF* akibat simulasi pembebanan statis dianggap aman.

Kata kunci : *nozzle XI*, hidrostatis, beban rencana, tegangan maksimum

Pendahuluan

Untuk melengkapi aspek perencanaan dari komponen *RS-04020 HF Reactor*, maka analisis tegangan harus dilakukan yang terfokus pada areakritis di sekitar nozel *XI* dimana pengaduk fluida tipe *EM 04020* ditempatkan. Prosedur analisis dilakukan dengan metoda elemen hingga menggunakan *software ANSYS Workbench versi 13* dan pemodelan geometrinya menggunakan *software Autodesk Inventor versi 2012*. Analisis tegangan dimulai dengan

memodelkan tutup bagian atas lengkap dengan nozel *XI*. Pembebanan yang diberikan berupa tekanan dalam (*internal pressure*) dan beban eksternal pada nozel *XI* akibat pengadukan serta beban thermal akibat temperature operasi.

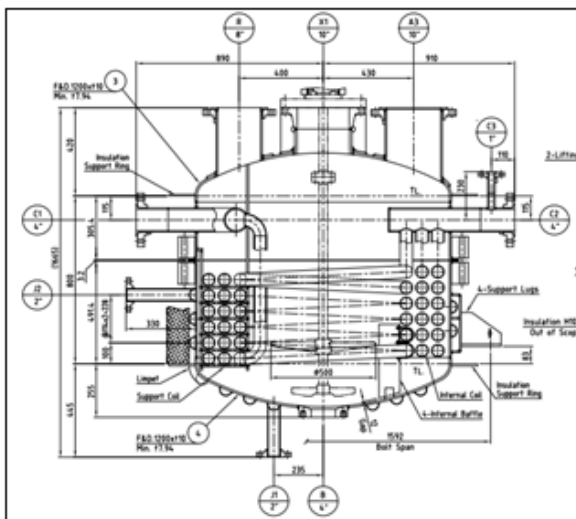
Tujuan

Analisis dengan metode elemen hingga ini dilakukan bertujuan agar dapat menentukan besar tegangan pada bejana disekitar *nozzle XI* akibat pembebanan hidrostatis dan

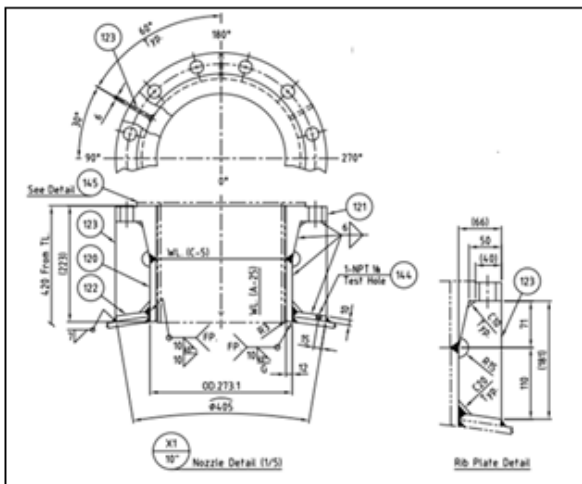
beban rencana dan kemudian hasilnya dibandingkan dengan tegangan ijin material bejana.

Geometri

Surface model geometri digunakan sebagai pemodelan komponen top head dan nozzle XI berdasarkan informasi dan data dari gambar Teknik No. M-1234-1 dan M-1234-4 RS- HF Reactor sebagaimana terlihat pada Gambar 1 dan Gambar 2



Gambar 1 RS-04020 HF Reactor



Gambar 2 Nozzle XI dan Rib

Spesifikasi Material

Berdasarkan data dari gambar Teknik bagian top head dan pipa nozzle terbuat dari material ASME SB-575/UNS N06022, dan flange terbuat dari material ASME SB-462/UNS N06022. Menurut ASME II Part II, sifat materialnya memiliki sifat mekanik seperti terlihat pada

Tabel 1

Tabel 1 Sifat Mekanik material SB-575 N06022

No	Property	Minimum Specified ¹	Testing ²
1	Tensile Strength	100 ksi (690 MPa)	107 ksi (706 MPa)
2	Yield Strength	45 ksi (310 MPa)	52 ksi (359 MPa)
3	Allowable Stress at room temperature	28.6 ksi (197 MPa)	-
4	Allowable Stress (not exceeding 260°C)	21.4 ksi (148 MPa)	-
5	Modulus of Elasticity	28 x 10 ³ ksi (196 GPa)	-

¹ ASME II Part D

² Inspection Certificate No. 13DA-039269a (Head No. 17284-978641)

Pembebanan pada bejana dan nozel

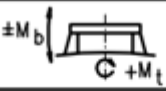
Pembebanan pada bejana dan noze dapat terlihat pada

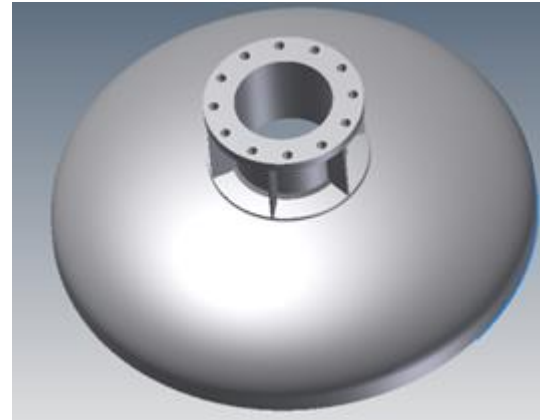
Tabel 2 dan Tabel 3

Tabel 2 Kondisi rencana beban bejana

DESIGN CONDITION			
Code	ASME Section VIII Division 1, 2010 Edition "U Stamp"		
National Board Registered	Not Required		
Statutory/Regulatory Bodies	Ministry of Manpower (MOM) Singapore		
Client Specification	10022-1720-00/M.021A/0004/A4		
Service	Lethal Contents		
Quantity	1 Unit		
Installing Position	Vertical		
Hydrostatic Test Position	Vertical		
Area	Shell Side	Limpet Side	Coil Side
Fluid	Hydrogen Fluoride, Boron Trifluoride, Organic Compound	Syltherm XLT	---
Specific Gravity	1.33	0.85	---
Internal Design Pressure	FV ~ 6 barG	FV ~ 10 barG	FV ~ 10 barG
Design Temperature	-100 ~ 225 °C	-100 ~ 225 °C	-100 ~ 225 °C
Operating Pressure	atm ~ 4 barG	5.1 barG	5.1 barG
MAWP	6 barG	10 barG	11.013 barG
MAEWP	1.013 barG	1.013 barG	7.013 barG
Operating Temperature	-70 ~ 200 °C	-70 ~ 200 °C	-70 ~ 200 °C
MDMT	-100 °C	-100 °C	-100 °C
Impact Test	Exempted per UNF - 65, UHA - 51 (g)		
Hydrostatic Test	8.31 barG	13.8 barG	15.25 barG
Capacity	1030 L	18 L	134 L
Corrosion Allowance	1 mm	0 mm	0.5 mm
Production Test Plate	No	No	No
NDE	Radiographic Exam.	RT-1	RT-4
	Penetrant Test	Yes	Yes
	Ultrasonic Test	Yes	No
Joint Efficiency	1.0	0.7	1.0
PWHT	N/A		

Tabel 3 kondisi beban pada nozzle XI akibat pengaduk fluida

		
Torsionsmoment Torsional moment Couple de torsion	M_t [Nm]	62
Biegemoment Bending moment Couple de flexion	M_b [Nm]	241
Rührwerksgewicht inkl. Antrieb Weight of the agitator incl. drive Poids de l'agitateur incl. entraînement	[kg]	193

Gambar 3 Model *Top Head* dan *Nozel XI*

Metoda Analisis Elemen Hingga

Analisis elemen hingga dilakukan terhadap *agitator base* dengan dua kasus pembebanan gabungan yaitu:

- Beban tekanan internal dan beban eksternal pada *nozzle XI*
- Beban tekanan internal, beban eksternal pada *nozzle XI* dan beban thermal.

Pembebanan eksternal pada *nozzle XI* yaitu terdiri dari momen torsi, momen bending dan gaya aksial akibat dari berat agitator dan perlengkapannya.

Pembebanan thermal ditentukan berdasarkan temperature desain maksimum bejana tekan.

Pemodelan Elemen Hingga

Untuk keperluan analisis pada daerah *Nozzle XI*, maka bejana tekan dimodelkan hanya pada bagian *agitator base* yaitu dengan memodelkan *top head* dan *nozzle XI*. Pemodelan *top head* dan *nozzle XI* menggunakan software *Autodesk Inventor 12* dengan pemodelan *surface solid*. Dengan model *surface solid* ini ketebalan model tidak perlu didefinisikan lagi pada saat model sudah di import ke program analisis elemen hingga. Model *agitator base* seperti terlihat pada Gambar 3

Input Data Material

Untuk input data material dalam ANSYS WORKBENCH VERSI 13.0, *set-up engineering data* dilakukan untuk memasukan sifat material sesuai yang tercantum dalam

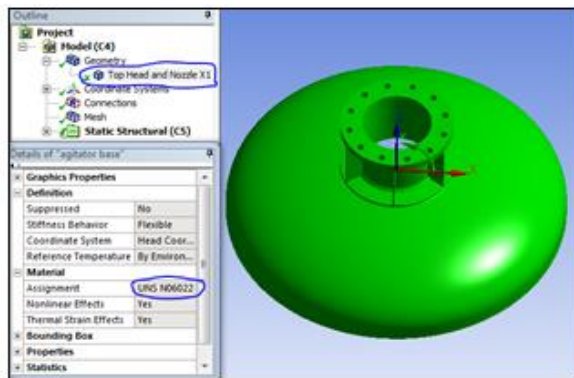
Tabel 1 dan

Tabel 2 Menurut standar AMSE Sect. II Part. D : bahwa untuk analisis kekuatan, material SB 642 N06022 dan SB 575 N06022, tegangan yang diijinkan (*Allowable Stress*) pada temperature desain 225°C adalah 185 MPa. Sementara Kekuatan tarik (*tensile strength*) terendah sebesar 690 MPa, kekuatan luluh (*yield strength*) sebesar 310 MPa dan modulus elastisitas sebesar 196 GPa. *Set-up input* sifat material pada *engineering data* seperti terlihat pada Gambar 4 Proses input data sifat material.

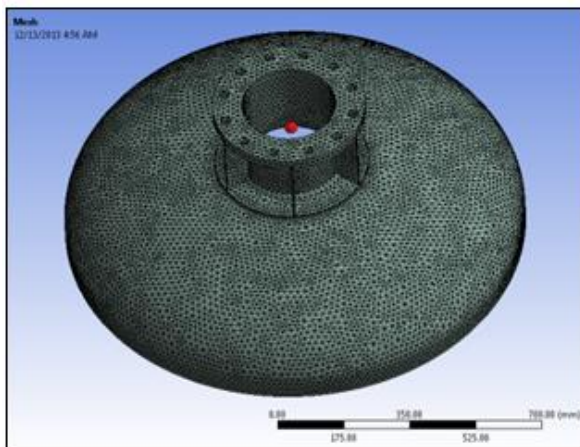
Property	Value	Unit
Density	8690	kg m ⁻³
Isotropic Instantaneous Coefficient of Thermal Expansion	1.24E-05	C ⁻¹
Isotropic Elasticity		
Derive from	Young's Modulus and P...	
Young's Modulus	1.96E+05	MPa
Poisson's Ratio	0.3	
Bulk Modulus	1.6333E+11	Pa
Shear Modulus	7.5385E+10	Pa
Tensile Yield Strength	330	MPa
Tensile Ultimate Strength	690	MPa

Temperature (C)	Coefficient of Thermal Expansion (C ⁻¹)
225	1.24E-05

Gambar 4 Proses input data sifat material



Gambar 5 Model lengkap dan sifat material



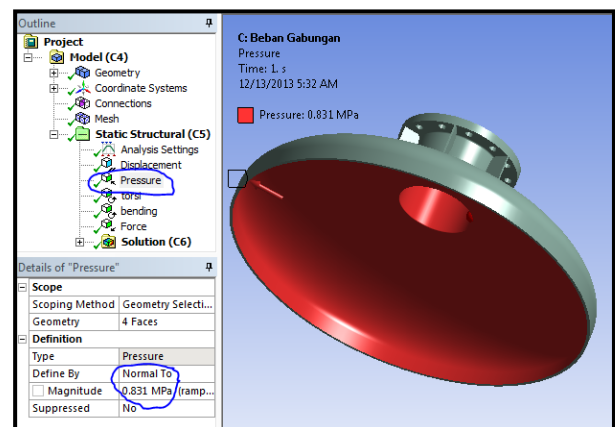
Gambar 6 Proses Meshing model elemen

Pembebanan dan Kondisi Batas

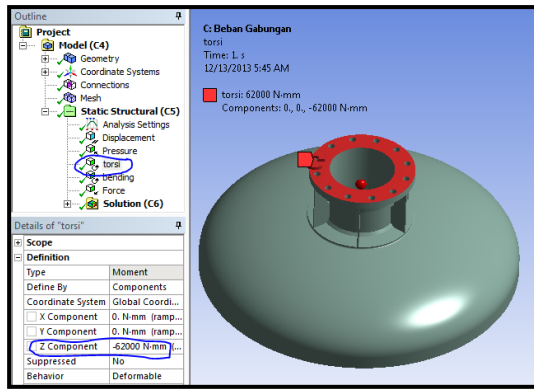
Pembebanan yang bekerja pada *agitator base* terdiri dari tekanan hidrostatik tes

ditambah dengan pembebanan eksternal pada *Nozzle XI* dan beban thermal. Pembebanan eksternal pada *nozzle XI* terdiri dari momen torsi, momen bending dan gaya aksial akibat berat agitator dan perlengkapannya. Beban thermal diasumsikan bekerja merata pada seluruh dinding *agitator base*. Berikut adalah pemodelan pembebanan yang bekerja pada *agitator base*:

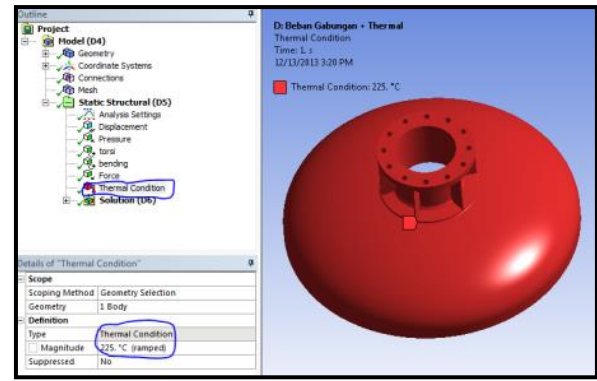
- Tekanan hidrostatik tes bekerja pada dinding bagian dalam *agitator base* seperti terlihat pada Gambar 7. Besar tekanan hidrostatik tes adalah 0.831 MPa.

Gambar 7 Pemberian tekanan hidrostatik tes pada dinding bagian dalam *agitator base*.

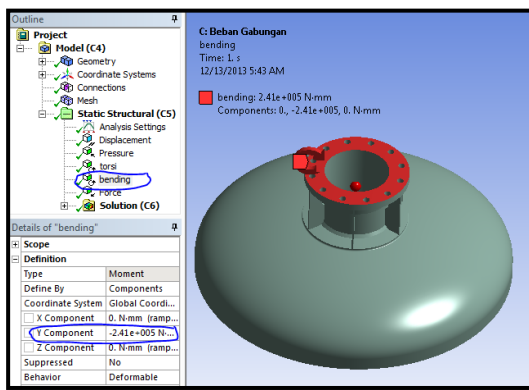
- Pemberian momen torsi sebesar 62 Nm, momen bending sebesar 241 Nm dan gaya aksial sebesar 1930 N yang bekerja permukaan atas *flange* pada *nozzle XI* berturut-turut seperti terlihat pada Gambar 8, Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 8 Pemberian momen torsi pada permukaan *flange nozzle XI*

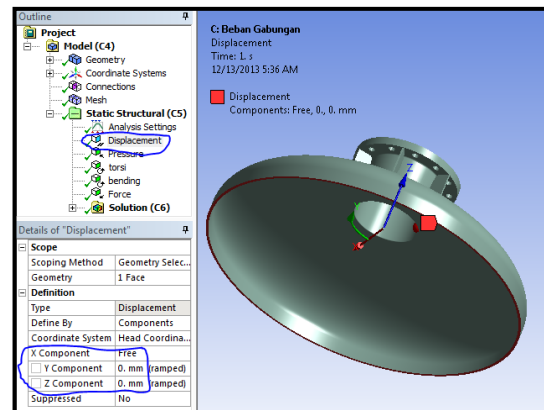


Gambar 11 Pemberian beban *thermal* pada *agitator base*

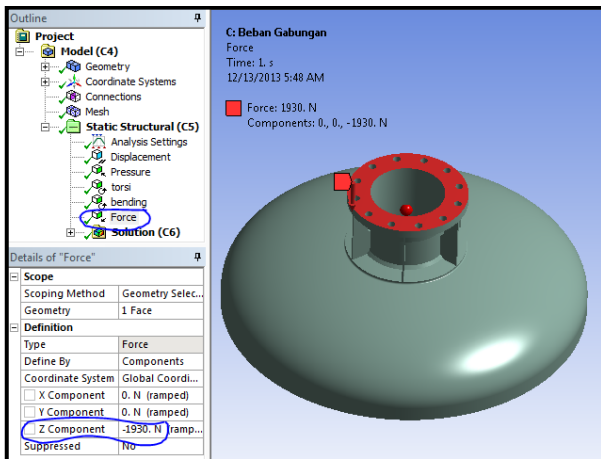


Gambar 9 Pemberian momen *bending* pada permukaan *flange nozzle XI*

- Kondisi batas didefinisikan pada bagian bawah model *top head* dengan *constrain* arah Z (*vertical*) dan *constrain* arah y untuk menahan *agitator* agar tidak berputar akibat momen torsi. Input kondisi batas seperti terlihat pada Gambar 12.



Gambar 12 Kondisi batas pada bagian bawah *top head* dengan *constrain* arah Z (*vertical*) dan *constrain* arah y.



Gambar 10 Pemberian gaya akibat berat *agitator* dan perengkapannya

- Pemberian beban thermal dengan asumsi bahwa kondisi temperature rencana maksimum sebesar 225°C terjadi merata pada seluruh permukaan dinding dalam dan luar *agitator base*. Pemberian beban *thermal* seperti terlihat pada Gambar 11

Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis elemen hingga dibahas untuk dua kasus pembebanan yaitu pertama adalah pembebanan gabungan antara tekanan hidrostatik tes dan pembebanan eksternal pada *nozzle XI*, dan kedua adalah pembebanan gabungan antara tekanan hidrostatik tes ditambah pembebanan eksternal pada *nozzle XI* dan beban thermal.

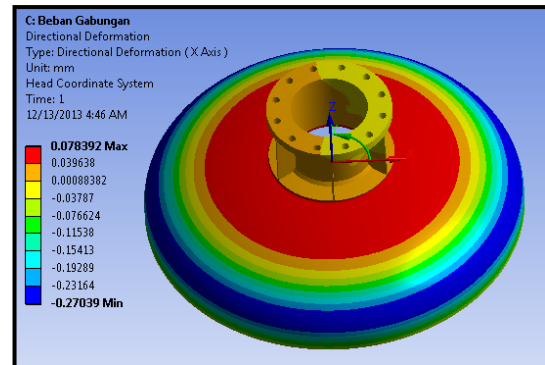
Pembebanan gabungan antara tekanan hidrostatik tes dan pembebanan eksternal pada *nozzle XI*

Pada kasus pembebanan gabungan antara tekanan hidrostatik tes dan pembebanan eksternal pada *nozzle XI* maka diperoleh analisis dimana deformasi total diperlihatkan pada Gambar 13 dengan deformasi maksimum terjadi pada bagian atas dari *top head* diakibatkan oleh tekanan hidrostatik tes. Hasil selanjutnya adalah tegangan arah sirkumferensial (*hoop stress*) yang terlihat pada Gambar 15 dan Gambar 16. Tegangan terbesar terjadi pada dinding bagian dalam *top head* tepat di bawah *reinforcement pad* dan terkonsentrasi pada setiap lokasi yang bagian atasnya terpasang penguat (*rib*). Besaran tegangan maksimum yang terjadi mencapai 113 MPa. Dengan demikian tegangan sirkumferensial maksimum yang terjadi masih di bawah tegangan yang diijinkan yaitu sebesar 185 MPa dengan faktor keamanan sebesar 1,64.

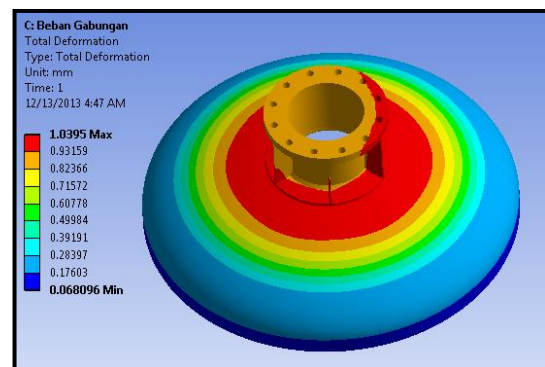
Sementara itu tegangan gabungan menggunakan parameter *Von Mises* seperti terlihat pada Gambar 17 dan Gambar 18, Tegangan maksimum mencapai 149 MPa terjadi pada dinding bagian dalam *top head* merata sekeliling bagian bawah dari *top head*. Sedangkan tegangan yang terjadi pada daerah sambungan antara *top head* dan pipa *nozzle XI* berkisar antara 70 MPa sampai 80 MPa.

Dengan demikian tegangan gabungan (*Von Mises*) maksimum yang terjadi sebesar 149 MPa masih dibawah tegangan luluh material () yaitu sebesar 310 MPa dengan faktor keamanan sebesar 2,08.

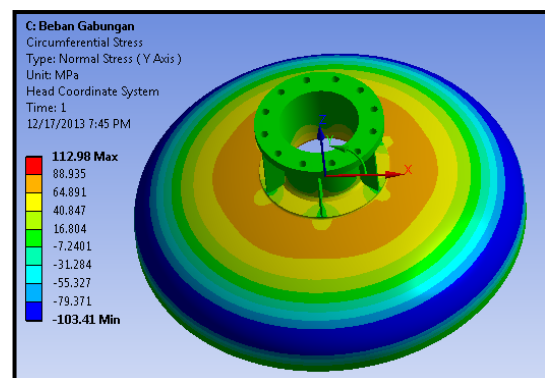
Demikian juga hasil analisis pada bagian sambungan *top head* dan pipa *nozzle XI* dengan tegangan yang terjadi sekitar 80 MPa masih jauh di bawah tegangan luluh material .



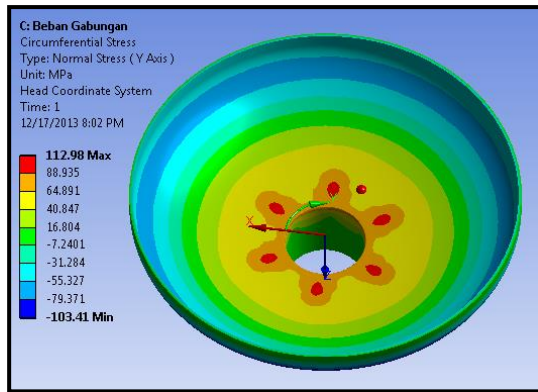
Gambar 13 Deformasi arah radial pada *agitator base* akibat pembebanan gabungan antara tekanan hidrostatik tes dan pembebanan eksternal pada *nozzle XI*



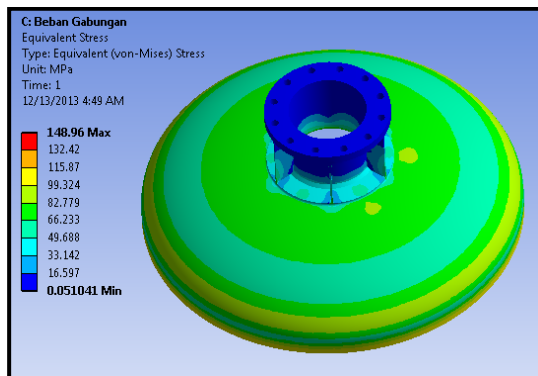
Gambar 14 Deformasi total pada *agitator base* akibat pembebanan gabungan antara tekanan hidrostatik tes dan pembebanan eksternal pada *nozzle XI*



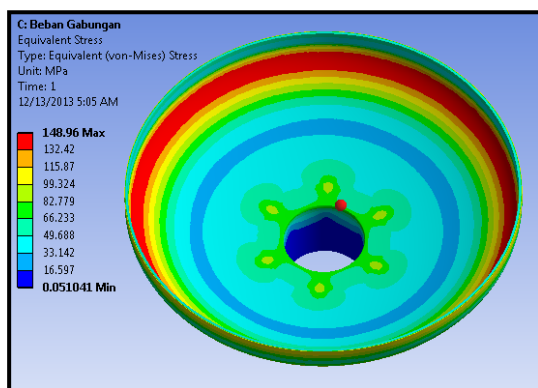
Gambar 15 Distribusi tegangan sirkumferensial pada dinding bagian luar *agitator base* akibat pembebanan gabungan antara tekanan hidrostatik test dan pembebanan eksternal pada *nozzle XI*



Gambar 16 Distribusi tegangan sirkumferensial pada dinding bagian dalam *agitator base* akibat pembebanan gabungan antara tekanan hidrostatik test dan pembebanan eksternal pada *nozzle X1*



Gambar 17 Distribusi tegangan *Von Mises* pada dinding bagian luar *agitator base* akibat pembebanan gabungan antara tekanan hidrostatik tes dan pembebanan eksternal pada *nozzle X1*

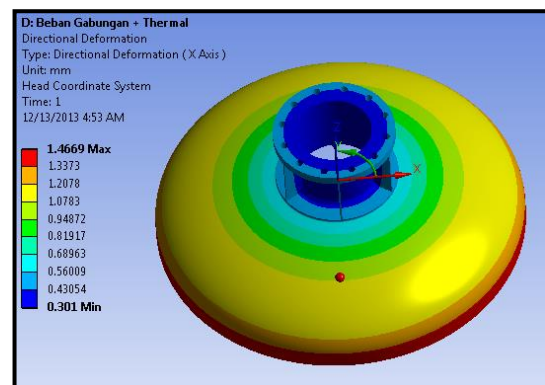


Gambar 18 Distribusi tegangan *von mises* pada dinding bagian dalam *agitator base* akibat pembebanan gabungan antara tekanan hidrostatik tes dan pembebanan eksternal pada *nozzle X1*

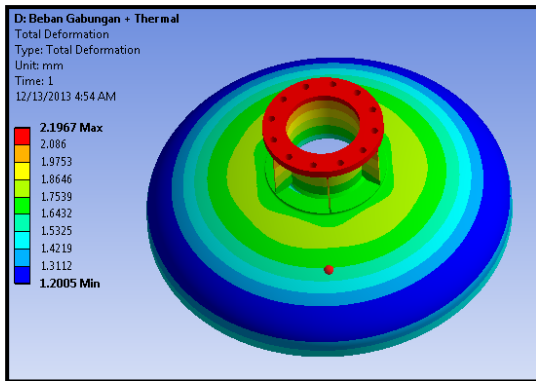
Pembebanan gabungan antara tekanan hidrostatik test, pembebanan eksternal pada nozzle X1 dan beban thermal

Untuk hasil analisis pada kasus pembebanan gabungan tekanan hidrostatik test, pembebanan eksternal pada nozzle X1 dan beban thermal sebagaimana ditampilkan pada **Error! Reference source not found.** hingga **Error! Reference source not found.** Deformasi total maksimum terjadi pada flange di Nozzle X1 dengan deformasi arah sumbu aksial (z) yang cenderung diakibatkan oleh tekanan hirdostatik test seperti terlihat pada **Error! Reference source not found.**

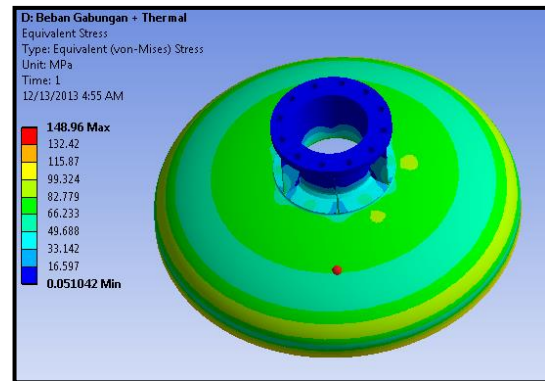
Sementara itu untuk distribusi tegangan baik tegangan sirkumferensial maupun tegangan Von Mises seperti terlihat pada **Error! Reference source not found.** sampai **Error! Reference source not found.** menunjukkan hasil distribusi tegangan yang sama seperti pada kasus pembebanan yang pertama tanpa beban thermal. Dengan demikian dari hasil analisis menunjukkan bahwa untuk kasus pembebanan dengan tambahan beban thermal pada temeperatur 225°C ini hanya meningkatkan deformasi total sementara distribusi tegangannya tidak berubah.



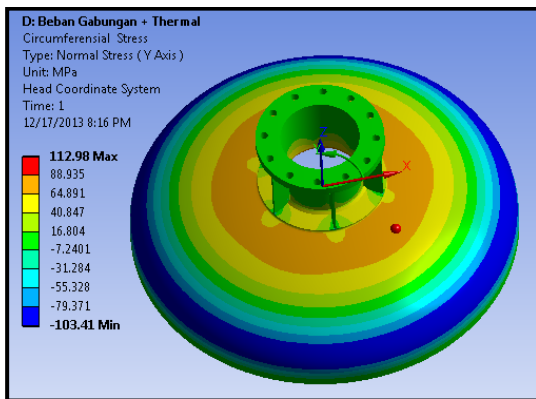
Gambar 19 Deformasi arah radial pada *agitator base* akibat pembebanan gabungan antara tekanan hidrostatik tes , pembebanan eksternal pada *nozzle X1* dan beban thermal



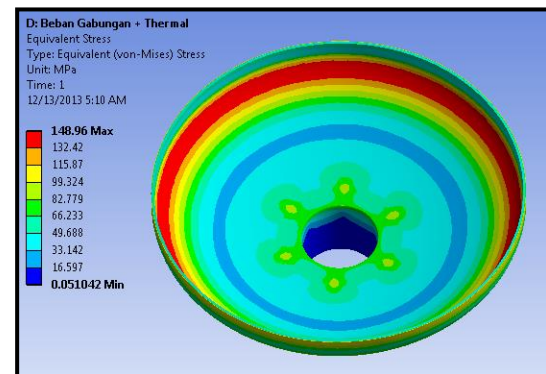
Gambar 20 Deformasi total pada agitator base akibat pembebanan gabungan antara tekanan hidrostatik tes, pembebanan eksternal pada nozzle X1 dan beban thermal



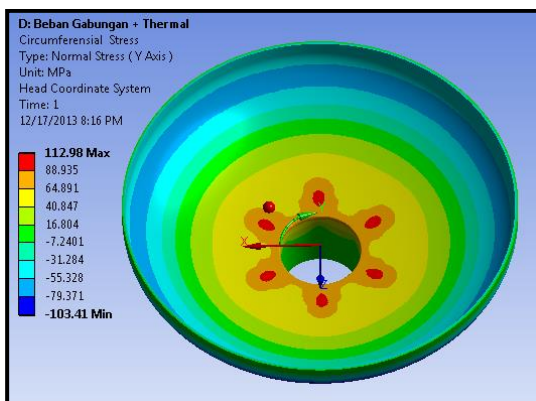
Gambar 23 Distribusi tegangan Von Mises pada dinding bagian luar agitator base akibat pembebanan gabungan antara tekanan hidrostatik tes, pembebanan eksternal pada nozzle X1 dan beban thermal



Gambar 21 Distribusi tegangan sirkumferensial pada dinding bagian luar agitator base akibat pembebanan gabungan antara tekanan hidrostatik tes, pembebanan eksternal pada nozzle X1 dan beban thermal



Gambar 24 Distribusi tegangan Von Mises pada dinding bagian dalam agitator base akibat pembebanan gabungan antara tekanan hidrostatik tes, pembebanan eksternal pada nozzle X1 dan beban thermal



Gambar 22 Distribusi tegangan sirkumferensial pada dinding bagian dalam agitator base akibat pembebanan gabungan antara tekanan hidrostatik tes, pembebanan eksternal pada nozzle X1 dan beban thermal

Rangkuman

Analisis tegangan menggunakan metode elemen hingga telah dilakukan untuk mengetahui distribusi tegangan pada RS-04020 HF REACTOR yang difokuskan pada analisis tegangan di sekitar Nozzle X1 sebagai agitator base. Analisis dibedakan menjadi dua kasus pembebanan gabungan yaitu:

- Pembebanan gabungan antara tekanan hidrostatik tes dan pembebanan eksternal pada nozzle X1.
- Pembebanan gabungan antara tekanan hidrostatik tes, pembebanan eksternal pada nozzle X1 dan beban thermal.

Pada kasus pertama untuk pembebanan gabungan antara tekanan hidrostatik tes dan pembebanan eksternal pada *nozzle XI*, diperoleh tegangan arah sirkumferensial (*hoop stress*) maksimum sebesar 113 MPa masih dibawah tegangan yang diijinkan sebesar 185 MPa dengan faktor keamanan 1,64. Tegangan *Von Mises* maksimum mencapai 149 MPa masih di bawah tegangan luluh (*yield strength*) material sebesar 310 MPa dengan faktor keamanan 2,08.

Tegangan *Von Mises* yang terjadi pada daerah sambungan *top head* dengan pipa *Nozzle XI* berkisar antara 70 MPa sampai 80 MPa masih jauh di bawah tegangan luluh material.

Pada kasus kedua untuk pembebanan gabungan antara tekanan hidrostatik tes, pembebanan eksternal pada *nozzle XI* dan beban *thermal*, analisis elemen hingga menunjukkan bahwa penambahan beban *thermal* pada kasus kedua mengakibatkan peningkatan deformasi total, sementara untuk distribusi tegangan hasilnya tidak mengalami peningkatan. Distribusi tegangan yang terjadi sama seperti pada kasus pertama.

Kesimpulan

Hasil analisis elemen hingga menunjukkan bahwa untuk kedua kasus pembebanan gabungan menghasilkan distribusi tegangan yang sama dimana tegangan sirkumferensial maksimum sebesar 113 MPa terjadi pada bagian bawah

reinforcement-pad dan terkonsentrasi pada lokasi di bawah pemasangan penguat (*rib*), sementara tegangan *Von Mises* maksimum sebesar 149 MPa terjadi pada dinding dalam bagian bawah *top head*.

Pada daerah sambungan antara *top head* dengan pipa *Nozzle XI* distribusi tegangan *von Mises* berkisaran antara 70 MPa hingga 80 MPa.

Pada kasus pembebanan gabungan yang kedua dengan penambahan pemberian beban *thermal* menunjukkan hasil adanya peningkatan deformasi total arah sumbu aksial (*z*) tetapi tidak menyebabkan adanya peningkatan distribusi tegangan.

Kasus Pembebanan	Tegangan Sirkumferensial (MPa)	SF dari Tegangan Ijin*	Tegangan <i>Von Mises</i> (MPa)	SF dari <i>Yield strength</i> **
Tekanan hidrostatik tes dan beban eksternal pada <i>nozzle XI</i>	113	1,64	149	2,08
Tekanan hidrostatik tes, beban eksternal pada <i>nozzle XI</i> dan beban <i>thermal</i>	113	1,64	149	2,08

*Tegangan ijin material SB 575 N06022
menurut ASME II part.Dadalah 185 MPa

** *Yield Strength* material SB 575 N06022
menurut ASME II part.Dadalah 310 MPa

Daftar Pustaka

1. *ASME II Part D, Materials Properties*
2. *Inspection Certificate No. 13DA-039269a (Head No. 17284-978641)*
3. *Head and Nozzle XI, Mill Certifikat*
4. *RS-04020 HF Reactor, Engineering Drawing*
5. *ANSY WORKBENCH V.13*
6. *AUTODESK INVENTOR 2012*