

Pengujian Kekuatan Mekanik Pada *Support* HeaTiNG-02 Dengan Software Catia Versi 5 Release 18

Dedy Haryanto, Mulya Juarsa, Ari Satmoko, Sagino
Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir-BATAN

ABSTRAK

PENGUJIAN KEKUATAN MEKANIK PADA *SUPPORT* HeaTiNG-02 DENGAN SOFTWARE CATIA VERSI 5 RELEASE 18. Pengujian *support* HeaTiNG-02 menggunakan *software* Catia versi 5 release 18 perlu dilakukan untuk mengetahui kelayakan penyangga (*support*) dalam menanggung beban sehingga tidak mengalami kerusakan mekanik dan tidak membahayakan ketika HeaTiNG-02 dioperasikan. Rancangan *support* dan data material *Carbon Steel* AISI 1040 meliputi *young's modulus* 210 GPa, *density* 7850 kg/m³, *yield strength* 353,4 MPa dan *poisson ratio* 0,3 serta besar beban yang mesti ditanggung oleh *support* sebesar 115,7 kg seberat bagian uji yang ditopang oleh *support* digunakan sebagai data masukan dalam pengujian dengan Catia versi 5 release 18. Hasil yang didapatkan dari pengujian *von mises stress* terbesar adalah 8,99 MPa serta *translational displacement* terbesar adalah 0,155 mm dialami oleh *support* HeaTiNG-02 akibat dari pembebanan oleh bagian uji. Dengan mengacu dari pengujian tersebut dapat dikatakan bahwa *von mises stress* dan *translational displacement* yang terjadi pada *support* HeaTiNG-02 tidak mengakibatkan kerusakan mekanik dan tidak memberikan efek yang membahayakan ketika fasilitas HeaTiNG-02 dioperasikan karena *von mises stress* terbesar lebih kecil daripada *yield strength* dari bahan yang digunakan.

ABSTRACT

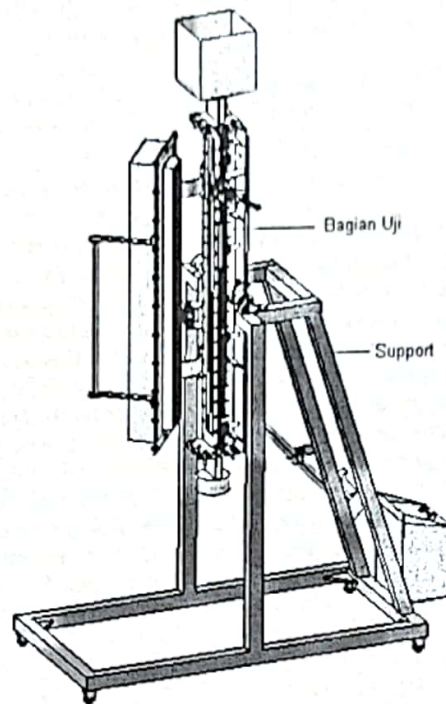
TESTING OF MECHANICAL STRENGTH AT *SUPPORT* HeaTiNG-02 WITH SOFTWARE CATIA VERSI 5 RELEASE 18. Testing of *support* HeaTiNG-02 with *software* Catia version of 5 release 18 require to be done to know qualification of *support* HeaTiNG-02 so that don't experience mechanical damage and don't endanger when HeaTiNG-02 is operated. Design *support* and data of *Carbon Steel* AISI 1040 covering *young's modulus* of 210 GPa, *density* 7850 kg/m³, *yield strength* 353.4 MPa and *Poisson ratio* 0.3 and also payload which must supported by *support* equal to 115.7 kg as heavy of test section as input data for test with Catia version of 5 release 18. Result of test of stress is the biggest equal to 8.99 MPa and also translational displacement is the biggest equal to 0.155 mm experienced by *support* HeaTiNG-02 are effected encumbering by test section. By reference from the test can be said that by *von misses stress* and translational displacement happened at *support* HeaTiNG-02 don't result mechanical damage and don't give effect endangering when facility HeaTiNG-02 is operated because the biggest stress is smaller than yield strength from the applied material.

PENDAHULUAN

Fasilitas penelitian HeaTiNG-02 (*Heat Transfer in Narrow Gap* ke-2) merupakan fasilitas untuk penelitian perpindahan panas pada celah sempit pelat menggunakan bagian uji HeaTiNG-02. Fasilitas penelitian ini bertujuan untuk memperoleh karakteristik perpindahan panas dalam bentuk kurva perpindahan panas dan korelasi matematis perpindahan panas pada celah sempit yang berlaku pada geometri pelat dengan berbagai variabel termohidrolika, seperti ukuran celah, jumlah fase fluida, temperatur dan tekanan. Korelasi yang akan diperoleh dapat dijadikan sebagai acuan melalui penerapan pada pembuatan desain-desain baru alat konversi panas dan sekaligus menjadi acuan dasar

dalam peningkatan keselamatan reaktor nuklir, terutama pada kondisi tidak normal^[1].

Untuk mengoperasikan fasilitas penelitian HeaTiNG-02 tersebut diperlukan suatu penyangga (*support*) untuk meletakkan dan mengubah posisi bagian uji. *Support* dibuat dari pipa besi segi-empat (*Square Hollow Section*) dengan dimensi 50x50 mm dengan tinggi total (termasuk roda) 1200 mm, lebar total 600 mm, dan lebar untuk penahan dalam 310 mm. Pada bagian atas, antara bagian uji HeaTiNG-02 dengan penopang disambungkan dengan engsel yang memiliki penunjuk derajat kemiringan. Pergerakan kemiringan bagian uji dilakukan oleh motor penggerak. *Support* digabungkan dengan bagian Uji HeaTiNG-02, dimana keduanya dikaitkan pada engsel horisontal yang sekaligus sebagai sumbu putar. Bagian uji keseluruhan seperti terlihat pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Fasilitas penelitian HeaTiNG-02

Beban yang dapat ditanggung oleh *support* adalah berat seluruh bagian uji sebesar 115,7 kg, dimana bagian uji tersebut terdiri dari beberapa bagian yang sebagian besar terbuat dari material *stainless steel*. Disain *support* harus benar-benar kokoh sehingga dapat menjaga keselamatan bagi personil yang sedang melakukan penelitian dengan menggunakan fasilitas tersebut, untuk itu maka perlu dilakukan pengujian terhadap kekuatan mekanik *support* HeaTiNG-02.

Makalah ini membahas tentang pengujian kekuatan mekanik pada disain *support* HeaTiNG-02 yang dilakukan dengan menggunakan *software* Catia Versi 5 release 18, dari pengujian tersebut dapat diketahui hasil analisa dari *von mises stress* dan

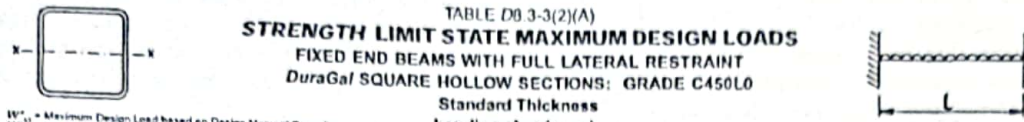
translational displacement pada *support* akibat pembebanan oleh bagian uji HeaTiNG-02. Disamping pengujian, pembuatan gambar rancangan dilakukan juga dengan menggunakan *software* Catia versi 5 release 18^[2],

TEORI

Square Hollow Section (SHS) merupakan pipa besi dengan penampang berbentuk persegi mempunyai berbagai dimensi, dan sebagian dimensinya seperti terlihat pada table 1 dibawah ini^[3].

Tabel 1. Dimension and properties Square Hollow Section

TABLE D03-3(2)(A)
STRENGTH LIMIT STATE MAXIMUM DESIGN LOADS
FIXED END BEAMS WITH FULL LATERAL RESTRAINT
DuraGal SQUARE HOLLOW SECTIONS: GRADE C450L0
Standard Thickness
bending about x-axis



W_{Mx} = Maximum Design Load based on Design Moment Capacity
 W_{Vx} = Maximum Design Load based on Design Shear Capacity
Maximum Design Load W_{Mx} is LEASER of W_{Mx} and W_{Vx}

Designation	Mass (kg/m)	W_{Mx} (kN)															
		Span of Beam (L) in meters															
		0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
373	249	187	149	124	107	93.3	74.7	62.2	53.3	46.7	41.5	37.3	31.1	26.3	21.8	18.0	15.0
327	218	164	131	109	93.4	81.8	65.4	54.5	46.7	40.9	36.3	32.7	27.3	22.9	18.8	15.2	12.4
275	183	137	110	91.5	78.4	68.0	54.0	45.0	39.2	34.3	30.5	27.5	22.9	18.8	15.2	12.4	10.0
246	164	123	98.4	82.0	70.3	61.5	49.2	41.0	35.1	30.7	27.3	24.6	20.5	16.8	13.6	10.8	8.8
216	144	108	86.3	71.9	61.6	53.9	43.1	36.0	30.8	27.0	24.0	21.6	18.0	14.4	11.2	8.8	7.0
186	110	82.8	68.2	55.2	47.3	41.4	33.1	27.6	23.7	20.7	18.4	16.6	13.8	10.8	8.3	6.3	5.0
158	78.0	59.0	47.2	39.3	33.7	29.5	23.6	19.7	16.8	14.7	13.1	11.8	9.8	7.8	6.0	4.6	3.6
267	178	134	107	89.1	76.4	66.8	53.5	44.6	38.2	33.4	29.7	26.7	22.3	18.0	14.2	10.7	8.5
236	158	118	94.6	78.8	67.6	59.1	47.3	39.4	33.8	29.6	26.3	23.6	19.7	15.6	12.0	9.2	7.2
200	133	100	80.1	66.7	57.2	50.1	40.0	33.4	28.6	25.0	22.2	20.0	16.7	12.9	9.9	7.6	6.0
161	107	80.5	64.4	53.7	46.0	40.3	32.2	26.8	23.0	20.1	17.9	16.1	13.4	10.4	7.9	6.0	4.8
133	88.6	66.5	53.2	44.3	38.0	33.2	26.6	22.2	19.0	16.6	14.8	13.3	11.1	8.6	6.6	5.0	3.9
95.3	63.5	47.6	38.1	31.8	27.2	23.8	19.1	15.9	13.6	11.9	10.6	9.5	7.8	6.1	4.7	3.6	2.8
68.1	45.4	34.1	27.2	22.7	19.5	17.0	13.6	11.4	9.73	8.51	7.57	6.81	5.68	4.58	3.58	2.8	2.2
128	85.3	63.9	51.2	42.6	36.5	32.0	25.6	21.3	18.3	16.0	14.2	12.8	10.7	8.2	6.3	4.9	3.8
111	73.8	55.3	44.3	36.9	31.6	27.7	22.1	18.4	15.8	13.8	12.3	11.1	9.22	7.2	5.5	4.2	3.2
91.2	60.8	45.6	36.5	30.4	26.1	22.8	18.2	15.2	13.0	11.4	10.1	9.12	7.60	5.9	4.5	3.4	2.6
78.5	52.3	39.2	31.4	26.2	22.4	19.6	15.7	13.1	11.2	9.81	8.72	7.85	6.54	5.0	3.8	2.9	2.2
63.9	42.6	32.0	25.6	21.3	18.3	16.0	12.8	10.7	9.13	7.99	7.10	6.39	5.33	4.0	3.0	2.3	1.7
46.1	30.7	23.0	18.4	15.4	13.2	11.5	9.22	7.68	6.58	5.76	5.12	4.61	3.84	2.9	2.2	1.7	1.3
85.5	43.6	32.7	25.2	21.8	18.7	16.4	13.1	10.9	9.35	8.18	7.27	6.55	5.46	4.2	3.2	2.4	1.8
55.6	37.1	27.8	22.3	18.5	15.9	13.9	11.1	9.27	7.95	6.95	6.18	5.56	4.64	3.5	2.7	2.0	1.5
45.3	32.2	24.1	19.3	16.1	13.8	12.1	9.66	8.05	6.90	6.03	5.36	4.83	4.02	3.0	2.3	1.7	1.3
40.2	28.8	20.1	16.1	13.4	11.5	10.0	8.04	6.70	5.74	5.02	4.46	4.02	3.35	2.5	1.9	1.4	1.0
32.7	21.8	16.4	13.1	10.9	9.35	8.18	6.55	5.45	4.68	4.09	3.64	3.27	2.73	2.0	1.5	1.1	0.8
41.1	27.4	20.6	16.4	13.7	11.7	10.3	8.22	6.85	5.87	5.14	4.57	4.11	3.43	2.6	2.0	1.5	1.1
35.9	23.9	18.0	14.4	12.0	10.3	8.98	7.18	5.99	5.13	4.49	3.99	3.59	2.99	2.2	1.7	1.3	1.0
30.1	20.1	15.0	12.0	10.0	8.59	7.52	6.02	5.01	4.30	3.76	3.34	3.01	2.51	1.9	1.4	1.0	0.7
24.9	16.6	12.5	9.98	8.31	7.13	6.24	4.99	4.16	3.56	3.12	2.77	2.49	2.08	1.5	1.1	0.8	0.6
21.4	14.3	10.7	8.57	7.15	6.12	5.36	4.29	3.57	3.06	2.68	2.38	2.14	1.79	1.3	1.0	0.7	0.5
17.9	11.9	8.95	7.15	5.96	5.11	4.47	3.58	2.98	2.56	2.24	1.99	1.79	1.49	1.1	0.8	0.6	0.4
16.6	11.1	8.32	6.66	5.55	4.76	4.16	3.33	2.77	2.38	2.08	1.85	1.66	1.39	1.0	0.7	0.5	0.4
14.3	9.50	7.13	5.70	4.75	4.07	3.56	2.85	2.38	2.04	1.78	1.58	1.43	1.19	0.9	0.6	0.4	0.3
12.0	8.01	6.01	4.80	4.00	3.43	3.00	2.40	2.00	1.72	1.50	1.33	1.20	1.00	0.7	0.5	0.4	0.3
7.30	4.86	3.65	2.92	2.43	2.08	1.82	1.46	1.22	1.04	0.912	0.811	0.730	0.608	0.4	0.3	0.2	0.1

Notes: 1. $a = 0.8$ 2. $w_u = 1.0$ 3. $w_v = 1.0$ 4. $W_{Mx} = 12 * w_u / L$ 5. $W_{Vx} = 2 * w_v$

Support fasilitas penelitian HeaTiNG-02 menggunakan pipa besi segi-empat (Square Hollow Section) dengan dimensi 50x50x1,6 mm dengan material Carbon Steel AISI 1040 dengan data sebagai berikut [4]:

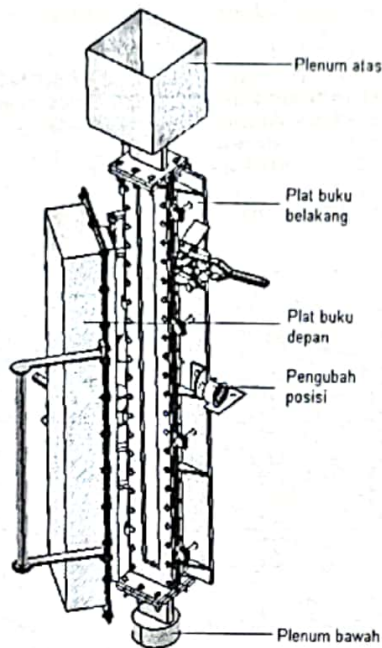
- Compositions : C 0,37 – 0,44 %, Mn 0,60 – 0,90 %, P 0,04 % (maksimum), S 0,05 % (maksimum)
- Mechanical properties
- Density (x 1000 kg/m³) = 7,845
- Poisson's Ratio = 0,27 – 0,30
- Elastic Modulus (GPa) = 190 – 210
- Tensile Strength (MPa) = 518,8
- Yield Strength (MPa) = 353,4
- Elongation (%) = 30,2
- Reduction in Area (%) = 57,2
- Hardness (HB) = 149
- Impact Strength (J) = 44,3
- Thermal Expansion (10⁻⁶/C) = 13,6
- Electric Resistivity (10⁻⁹ Wm) = 171

Pengujian kekuatan mekanik support HeaTiNG-02 diawali dengan melengkapi data sebagai masukkan yang diperlukan untuk pengujian dengan menggunakan software Catia Versi 5 Release 18. Data yang diperlukan sebagai data masukkan untuk pengujian adalah ; jenis material beserta sifat-sifatnya meliputi young's modulus,

density, dan yield strength serta poisson ratio. Dengan data masukkan tersebut maka dapat diketahui von mises stress dan translational displacement terhadap support tersebut, sehingga dengan mengacu hasil analisa maka dapat diketahui kondisi support akibat pembebanan yang harus ditanggung oleh support tersebut.

TATA KERJA

Pengujian kekuatan mekanik support HeaTiNG-02 diawali dengan mendata tentang sifat mekanik material Carbon Steel AISI 1040 sesuai dengan yang digunakan pada support tersebut. Data mekanik tersebut merupakan data input untuk dilakukan pengujian menggunakan software Catia Versi 5 Release 18, selain data tersebut diatas dibutuhkan juga data beban yang dikenakan pada support tersebut yaitu sebesar 115,7 kg yang akan ditanggung oleh support HeaTiNG-02, beban tersebut merupakan masa dari bagian uji. Bagian uji seperti terlihat pada gambar 2, sebagian besar terbuat dari material SS 316 dan beberapa bagian terbuat dari ceramic fiber serta gelas kuarsa.

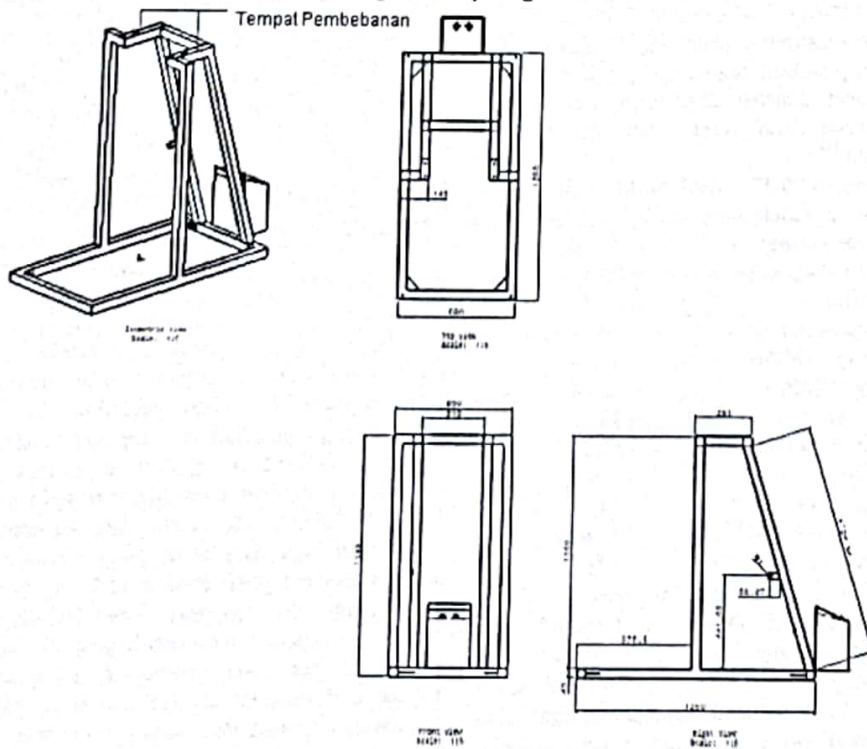


Gambar 2. Bagian uji fasilitas HeaTiNG-02 merupakan beban bagi *support*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Disain *support* HeaTiNG-02 menggunakan material *Carbon Steel* AISI 1040 mempunyai *young's modulus* 210 GPa, *density* 7850 kg/m³,

yield strength 353,4 MPa dan *poisson ratio* 0,3. Beban yang mesti ditanggung oleh *support* tersebut sebesar 115,7 kg seberat bagian uji yang ditopang oleh *support*. Disain *support* HeaTiNG-02 seperti pada gambar 3 dibawah ini.

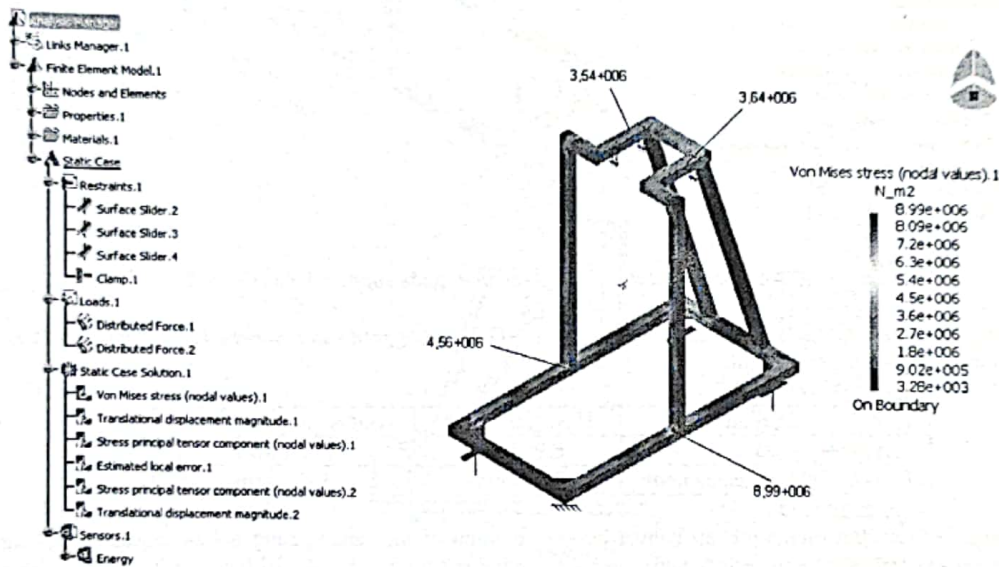


Gambar 3. Disain *support* HeaTiNG-02

Hasil analisa von mises stress pada support HeaTiNG-02

Tegangan (*stress*) yang akan diuji adalah *von mises stress* yang merupakan kombinasi semua tegangan (*stress*) dalam segala arah pada titik tertentu. Perhitungan besaran *von mises stress* yang terjadi dapat diperoleh dengan menggunakan *software* Catia. Hasil analisa untuk mengetahui *von mises stress* yang terjadi pada disain *support* HeaTiNG-02 dengan menggunakan *software* *Catia*

Versi 5 release 18 diperoleh *von mises stress* terbesar terjadi pada bagian bawah dari tiang *support* sebesar $8,99 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ seperti terlihat pada gambar 4 dibawah ini. *Von mises stress* sebesar $8,99 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ (dalam gambar ditandai dengan area berwarna merah) yang terjadi pada *support* tidak mengakibatkan kerusakan mekanik karena besaran *von mises stress* yang diperoleh masih lebih kecil dari *yield strength* bahan yang digunakan.

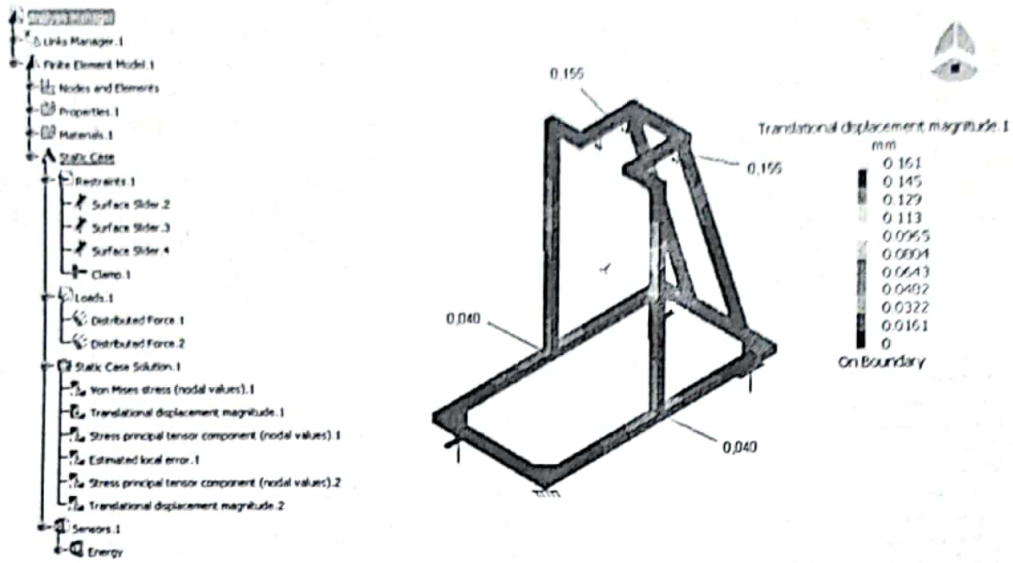


Gambar 4. Analisa *von mises stress* pada *support* HeaTiNG-02

Hasil analisa translational displacement pada support HeaTiNG-02

Hasil analisa untuk mengetahui *translational displacement* yang terjadi pada *support* HeaTiNG-02 dengan menggunakan *software* *Catia Versi 5 release 18*, diperoleh *translational displacement* terbesar adalah 0,155 mm (pada gambar ditandai dengan area berwarna merah). *Translational displacement* ter-

besar tersebut terjadi pada *support* bagian belakang seperti terlihat pada gambar 5 di bawah ini, dan besaran *translational displacement* tersebut masih relatif kecil jika dibandingkan dengan batas maksimum yang diijinkan sebesar 0,125 inchi atau 3,175 mm sehingga tidak memberikan pengaruh yang berarti pada *support* HeaTiNG-02.



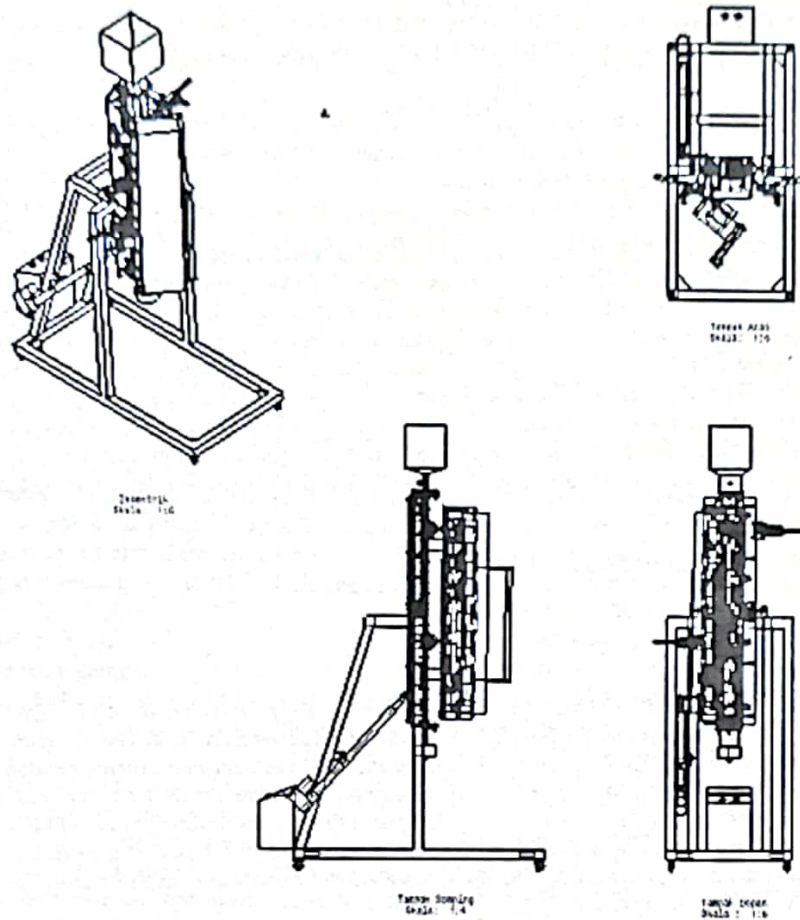
Gambar 5. Analisa translational displacement pada support HeaTiNG-02

Hasil pengujian kekuatan mekanik pada support HeaTiNG-02 menggunakan software Catia versi 5 release 18 diperoleh adalah sebagai berikut :

Pengujian	Hasil pengujian	Batas yang diijinkan
Von mises stress	8,99 MPa	353,4 MPa
Translational displacement	0,155 mm	3,175 mm

Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa besar von mises stress terbesar yang terjadi pada support jauh lebih kecil dari pada yield strength dari bahan Carbon Steel AISI 1040 yang digunakan yaitu sebesar 353,4 MPa. Sedangkan translational displacement terbesar yang terjadi sebesar 0,155 mm masih relatif kecil dan tidak mengganggu struktur lainnya. Mengacu dari hasil analisa tersebut maka penggunaan support pada fasilitas HeaTiNG-02

mampu untuk menanggung beban sebesar 115,7 kg yang merupakan berat dari bagian uji seperti terlihat pada gambar 6 dibawah ini. Dengan demikian von mises stress dan translational displacement yang terjadi pada support HeaTiNG-02 tidak mengakibatkan kerusakan mekanik dan tidak memberikan efek yang membahayakan ketika fasilitas HeaTiNG-02 dioperasikan



Gambar 6. Disain HeaTiNG-02

KESIMPULAN

Pengujian *support* HeaTiNG-02 menggunakan material *Carbon Steel* AISI 1040 dengan *young's modulus* 210 GPa, *density* 7850 kg/m³, *yield strength* 353,4 MPa dan *poisson ratio* 0,3 serta besar beban yang mesti ditanggung oleh *support* tersebut sebesar 115,7 kg seberat bagian uji yang ditopang oleh *support* menggunakan *software* Catia Versi 5 Release 18 menghasilkan *von mises stress* terbesar 8,99 MPa serta *translational displacement* terbesar 0,155 mm. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa *von mises stress* dan *translational displacement* yang terjadi pada *support* HeaTiNG-02 relatif lebih kecil dari batas yang diijinkan sehingga tidak mengakibatkan kerusakan mekanik serta tidak membahayakan bagi operator ketika fasilitas tersebut dioperasikan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada

Departemen Riset dan Teknologi yang telah membiayai penelitian yang telah dilakukan oleh Mulya Juarsa sehingga kami dapat melakukan kegiatan pengujian ini, serta kepada para staff Sub. Bidang Elektromekanik dan Sub. Bidang Termohidrolika yang telah memberikan dukungan moril.

DAFTAR PUSTAKA

1. Mulya Juarsa, S.Si, M.ESc, Laporan Analisis Keselamatan Eksperimen Perpindahan Panas pada Celah Sempit Pelat, Nopember 2008
2. Agus Fikri ROSJADI, Barbagi Ilmu Untuk Kemajuan Bangsa-<http://agus-fikri.blogspot.com>
3. *Dimension and Properties of Square Hollow Section*, http://www.onesteel.co/images/db_images/productspecs
4. *Properties of Carbon Steel AISI 1040*, http://www.efunda.com/materials/alloys/carbon_steels