

ANALISA TEGANGAN MESIN PEMUTAR ES PUTER DENGAN MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK

Ojo Kurdi¹⁾

Abstract

Dalam penelitian ini akan dianalisa tegangan yang terjadi pada mesin pemutar es puter kapasitas 16 liter dengan menggunakan perangkat lunak. Perangkat lunak dipilih sebagai alat analisa karena kelebihanannya antara lain; proses analisa menjadi lebih cepat dan kesalahan perhitungan karena human error dapat dikurangi, ditambah lagi dengan perkembangan perangkat lunak FEA (Finite Element Analysis) sekarang ini yang menunjang komputer berbasis PC (Personal Computer), sehingga analisa-analisa yang rumit dapat dijalankan pada PC dengan sumber daya yang relatif terjangkau. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah survey lapangan, mengambil data-data di lapangan. Kemudian dari data-data ini dibuat model yang diusahakan dapat sedekat mungkin sesuai dengan keadaan di lapangan. Setelah pembuatan model kemudian diperiksa apakah ada kesalahan. Apabila tidak ada kesalahan maka model tersebut siap dianalisa dengan menjalankan aplikasi FEA yang ada pada komputer. Hasil yang diambil dari analisa dengan menggunakan perangkat lunak ini adalah berupa gambar-gambar "peta" tegangan dan informasi mengenai tegangan von-Mises maksimum yang terjadi pada elemen-elemen utama pada mesin tersebut. Hasil analisa ini menunjukkan bahwa semua elemen-elemen utama dalam mesin pemutar es puter ini dalam kondisi yang "aman" menurut salah satu teori kegagalan, yaitu teori kegagalan von-Mises.

Kata kunci : Analisa Tegangan, FEA, von-Mises

PENDAHULUAN

Industri kecil dan menengah pada jaman krisis ini memiliki ketangguhan yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan industri besar, karena struktur pemodal dan pangsa pasarnya memiliki prospek yang lebih bagus. Untuk meningkatkan daya saing industri kecil diperlukan alat produksi yang mampu meningkatkan kapasitas dan kualitas produksi industri kecil tersebut. Demikian juga dengan industri pembuatan es puter, terutama yang berskala kecil dan menengah tak luput dari kebutuhan itu juga. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka telah dibuat suatu alat pemutar es puter yang digerakan oleh motor listrik. Alat ini dapat meningkatkan kapasitas produksi karena digerakan oleh motor listrik yang telah menggantikan kerja manusia yang memiliki kemampuan dan tenaga yang terbatas untuk memutar tabung tempat poses pembuatan es puter berlangsung. Kualitas es puter juga dapat ditingkatkan karena adanya kontinuitas dalam hal pengadukan bahan es puter dalam tabung oleh suu pengaduk yang digerakan atau diputar oleh motor listrik. Untuk mengetahui kondisi kemampuan alat dalam menahan beban beratnya sendiri saat beroperasi diperlukan sebuah analisa untuk mengetahui tegangan yang terjadi pada alat tersebut. Analisa ini diperlukan untuk menjamin keamanan proses saat alat bekerja. Informasi ini juga berguna dalam pengembangan alat, supaya dapat dibuat alat pemutar es puter yang lebih murah, efisien dan efektif.

Proses analisa ini menggunakan perangkat lunak yang mempunyai keuntungan-keuntungan (daripada perhitungan manual) antara lain ;

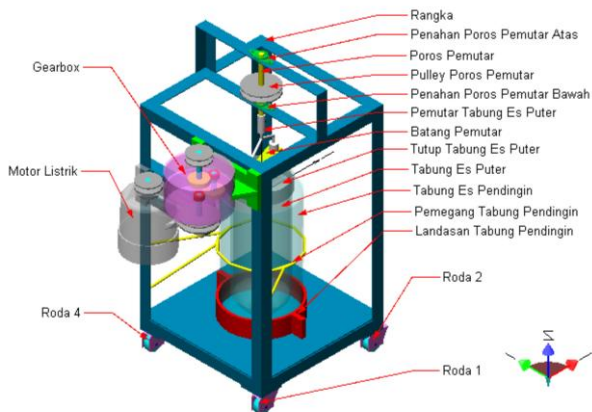
1. Perhitungan lebih presisi, karena dilakukan oleh mesin.
2. Kesalahan akibat human error (misalnya salah menghitung satu komponen gaya, yang berakibat pada hasil akhir dari analisa) dapat dikurangi.
3. Waktu yang diperlukan untuk menganalisa lebih cepat.
4. Dimungkinkan untuk memperoleh simulasi secara visual dari alat tersebut.

MODEL SEDERHANA

Dengan perangkat lunak CAD, dalam hal ini menggunakan *Autodesk Mechanical Desktop 6TM*, dilakukan pembuatan satu-persatu model tiap elemen. Kemudian elemen-elemen tersebut digabungkan menjadi sebuah model sistem lengkap melalui proses *constraint mating* (istilah yang digunakan oleh perangkat lunak CAD untuk melakukan penggabungan elemen-elemen mesin menjadi suatu model sistem yang diinginkan). Untuk melakukan analisa maka dari perangkat lunak CAD tersebut dipanggil perangkat lunak FEM, dalam hal ini menggunakan *MSC visualNastran 2002 4DTM*, untuk melakukan analisa.. Visualisasi dari model tersebut seperti terdapat dalam gambar 1.

Perlu diketahui bahwa *gearbox* di sini adalah sebuah simulasi saja dengan kondisi geometris dan perbandingan transmisi sama dengan yang sesungguhnya, begitu juga dengan motor.

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin FT-UNDIP

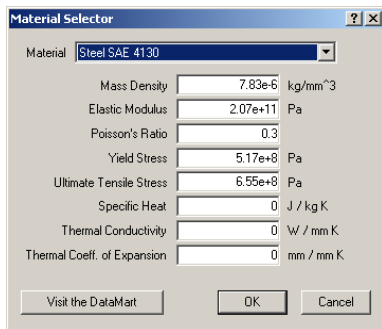
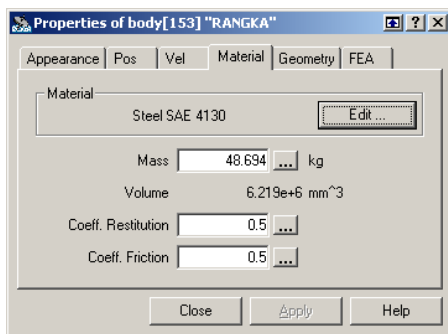


Gambar 1. Model mesin pemutar es puter

PENENTUAN PROPERTI TIAP KOMPONEN MODEL

Sifat fisik dan sifat mekanik suatu material adalah karakteristik khusus yang dimiliki oleh material tiap-tiap komponen mesin pemutar es krim yang berkaitan dengan besaran-besaran fisik seperti modulus elastisitas, titik luluh, rasio *Poisson* dan lain-lain. Penentuan bahan ini hanya sebatas pada elemen mesin yang akan dianalisa. Tabel L.1 pada lampiran memberikan sifat-sifat fisik mekanik dari elemen-elemen mesin yang akan dianalisa. Dari data tersebut kemudian dimasukkan ke dalam tiap-tiap elemen pada model tersebut pada perangkat lunak FEM.

Pada model dipilih komponen yang akan di set data properti materialnya kemudian data, seperti misalnya rangka dengan material Steel SAE 4130. Seperti pada gambar 3.2, terlihat pemilihan material pada elemen rangka.



Gambar 2. Pemilihan properti material elemen rangka

PENENTUAN CONSTRAINT PADA MODEL

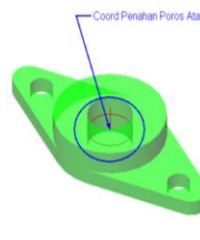
Constraint adalah batasan-batasan gerak pada dua buah komponen pada permukaan kontak atau kedua titik pada kedua komponen. Jadi pada dasarnya *constraint* adalah sebagai penghubung antara dua buah komponen atau sebuah titik pada masing-masing komponen dan bagaimana kedua komponen atau sebuah titik pada kedua komponen tersebut saling terhubung.

Pada *gearbox*, seperti telah disebutkan di atas bahwa *gearbox* tersebut adalah bukan sebenarnya, tetapi ukuran geometris dan perbandingan reduksinya sama dengan *gearbox* sebenarnya. Sehingga model sama dengan kondisi mesin sesungguhnya.

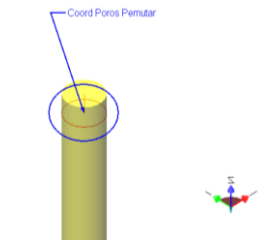
Penentuan atau pengesetan *constraint* pada model adalah seperti contoh berikut (*constraint* antara penahan poros atas dan poros pemutar);

1. Membuat titik/koordinat pada elemen pertama, dalam hal ini adalah penahan poros atas, seperti ditunjukkan Gambar 3
2. Membuat koordinat pada elemen kedua, yaitu poros pemutar seperti ditunjukkan pada Gambar 4.
3. Memilih kedua koordinat tersebut kemudian membuat *constraint* seperti terlihat pada Gambar 5.

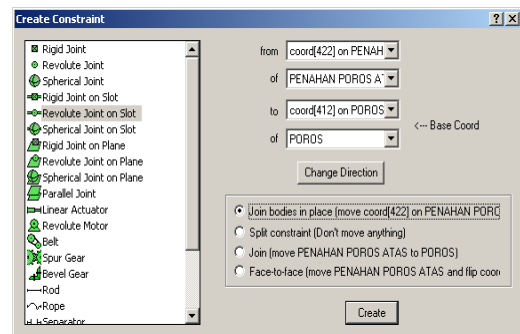
Memilih tipe *constraint* pada kotak dialog *constraint* tersebut, dalam hal ini *constraint* ini bertipe *revolute join on slot* seperti ditunjukkan Gambar .5, sehingga dia dapat berputar pada terhadap sumbu Z dan bertranslasi pada sumbu Z seperti terlihat pada Gambar 6.



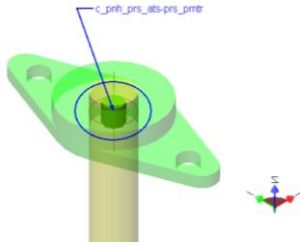
Gambar 3. Coord pada penahan poros atas



Gambar 4. Coord pada poros pemutar



Gambar 5. Membuat constraint antara penahan poros atas dengan poros pemutar



Gambar 6. Constraint penahan poros atas dengan poros pemutar

PENENTUAN BEBAN PADA MODEL

Dalam penentuan beban pada analisis ini akan diambil beban maksimal yang terjadi pada mesin pemutar es puter. Dan dalam analisis ini pula akan disertakan efek gravitasi bumi. Rangkuman beban dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar beban yang dikenakan pada model

No	Nama	Gaya (N)	Torsi (N mm)	Tekanan (Pa)	Koef. Gesek	Dikenakan Pada
1	l_gy_brt_mtr	620,698 [+Z]	N/A	N/A	N/A	Motor
2	l_gy_brt_gb	161,917 [+Z]	N/A	N/A	N/A	Gearbox
3	l_gy_brt_es_puter	172,66 [-Z]	N/A	N/A	N/A	Tabung Es Puter
4	l_gy_brt_es_pend	162,83 [-Z]	N/A	N/A	N/A	Tabung Pendingin
5	l_teg_vbelt_mtr-gb	-32,36	N/A	N/A	N/A	Poros Motor - Poros Bawah Gearbox
6	l_teg_vbelt_prs_at s_gb-prs_pmtr	-172,11	N/A	N/A	N/A	Poros Atas Gearbox - Poros Pemutar
7	l_trs_ptr	N/A	1034 [+Z]	N/A	N/A	Tabung Es Puter
8	l_tek_es_puter_1	N/A	N/A	4711,77	N/A	Tabung Es Puter Permukaan 1
9	l_tek_es_puter_2	N/A	N/A	4711,77	N/A	Tabung Es Puter Permukaan 2
10	l_tek_es_pend_tb_ es_puter_1	N/A	N/A	4757,658	N/A	Tabung Es Puter Permukaan 1
11	l_tek_es_pend_tb_ es_puter_2	N/A	N/A	4757,658	N/A	Tabung Es Puter Permukaan 2
12	l_tek_es_pend_tb_ pend_1	N/A	N/A	4757,658	N/A	Tabung Pendingin Permukaan 1
13	l_tek_es_pend_tb_ pend_2	N/A	N/A	4757,658	N/A	Tabung Pendingin Permukaan 2
14	l_tek_es_pend_tb_ pend_3	N/A	N/A	4757,658	N/A	Tabung Pendingin Permukaan 3
15	c_pnh_ats_prs_pmtr-prs_pmtr	N/A	N/A	N/A	T=0,3 R=0,2	Penahan Atas Poros Pemutar - Poros Pemutar
16	c_pnh_bwh_prs_pmtr-prs_pmtr	N/A	N/A	N/A	T=0,3 R=0,2	Penahan Bawah Poros Pemutar - Poros Pemutar

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komponen-komponen mesin pemutar es puter yang akan dianalisa dalam penelitian ini adalah: Poros Pemutar, Penahan Poros Pemutar Atas, Penahan Poros Pemutar Bawah, Pemutar Tabung Es Puter, Batang Pemutar, Tutup Tabung Es Puter, Tabung Es Puter, Tabung Pendingin

Gambar 7 sampai dengan Gambar 14 menunjukkan titik-titik kritis yang terjadi pada komponen-komponen mesin pemutar es krim. Gambar-gambar tersebut diperoleh dengan menerapkan kondisi

pemodelan dan pembebanan sebagai berikut: dilakukan dengan menggunakan jumlah frame minimum 30 buah, analisa dilakukan untuk tiap komponen dan kriteria kegagalan yang digunakan adalah kriteria kegagalan Von-Mises. Pembatasan dalam point 3 perlu dilakukan karena keterbatasan sumber daya komputer yang ada dan pembatasan pada point 4 dilakukan supaya lebih kelihatan titik-titik kritisnya. Sebagai catatan bahwa data yang diambil untuk menentukan tegangan maksimum dan titik-titik kritisnya adalah data dalam selang 30 *frame* dengan nilai tegangan tertinggi.

Hasil analisa yang ditunjukkan pada Gambar 7 s/d Gambar 14 memperlihatkan bahwa titik-titik kritis terjadi pada daerah-daerah di mana di daerah tersebut terjadi konsentrasi tegangan, seperti pada daerah perubahan dimensi, sambungan, dan lain-lain. Pada daerah-daerah tersebut terjadi tegangan yang tinggi karena mengalami momen lentur, torsi atau gaya aksial yang tinggi akibat putaran mesin atau beban berupa berat mesin pemutar itu sendiri

Sebagai contoh akan dikemukakan analisa untuk pemutar tabung es puter, pemutar tabung es puter dibagi menjadi 9829 node dan 5466 elemen, hasil analisisnya ditunjukkan pada Gambar 10. Tegangan maksimum yang terjadi adalah $3,39 \times 10^7 \text{ Pa}$ sedangkan titik luluhnya adalah $6,8 \times 10^8 \text{ Pa}$ sehingga menurut teori von-Mises kondisi ini masih dalam keadaan aman. Terdapat dua titik kritis yang terjadi, menarik untuk disimak adalah titik-titik kritis ini tidak terjadi tepat di puncak lengan pemutar tabung es puter, tetapi agak miring sedikit. Ini disebabkan oleh

pengaruh torsi beban yang cukup tinggi di titik tersebut.

Pada Gambar 11 ditunjukkan lokasi titik-titik kritis yang terjadi pada tutup tabung pemutar es puter, tegangan maksimum yang terjadi sebesar $1,89 \times 10^5 \text{ Pa}$ sedangkan titik luluhnya adalah $2,75 \times 10^8 \text{ Pa}$. Berdasarkan hal tersebut kondisi tutup tabung pemutar es puter masih dalam kondisi aman. Pada gambar tersebut terdapat beberapa titik kritis, yaitu empat pada bagian atas (pegangan) dan sisanya pada bagian dalam tutup. Analisa tegangan pada tabung es puter dilakukan dengan membagi tabung es outer menjadi 3043 nodal dan 1522 elemen. Hasil analisa dapat dilihat pada Gambar 13. Pada gambar tersebut terlihat beberapa buah titik kritis, dimana tegangan maksimum yang terjadi adalah $4,01 \times 10^5 \text{ Pa}$, sedangkan titik luluh material tabung es puter adalah $2,75 \times 10^8 \text{ Pa}$, sehingga kondisi tersebut masih dalam batas aman.

Tabel 2. Kondisi tegangan yang terjadi pada setiap komponen mesin pemutar es puter

No	Nama Komponen	Jml. Node FEA	Jml. Elemen FEA	Titik Luluh (Pa)	Tegangan Maks. Hasil Analisa (Pa)	UTS (Pa)	Faktor Keamanan	Kondisi	Jml. Titik Kritis
1	Poros Pemutar	1227	570	$3,85 \times 10^8$	$9,00 \times 10^6$	$5,00 \times 10^8$	55,56	Aman	2
2	Penahan Poros Pemutar Atas	3705	2015	8×10^{10}	$1,63 \times 10^4$	$1,40 \times 10^{11}$	8615384,62	Aman	2
3	Penahan Poros Pemutar Bawah	3705	2015	8×10^{10}	$1,63 \times 10^4$	$1,40 \times 10^{11}$	8615384,62	Aman	2
4	Pemutar Tabung Es Puter	9829	5466	$6,8 \times 10^8$	$3,39 \times 10^7$	$9,00 \times 10^8$	26,55	Aman	2
5	Batang Pemutar	2710	1335	$6,2 \times 10^8$	$1,12 \times 10^6$	$1,04 \times 10^9$	924,11	Aman	2
6	Tutup Tabung Es Puter	5821	3168	$2,75 \times 10^8$	$1,89 \times 10^5$	$8,40 \times 10^8$	4444,44	Aman	16
7	Tabung Es Puter	3043	1522	$2,75 \times 10^8$	$4,01 \times 10^5$	$8,40 \times 10^8$	2094,76	Aman	2
8	Tabung Pendingin	6587	3257	$4,25 \times 10^7$	$5,28 \times 10^6$	$5,00 \times 10^7$	9,47	Aman	2
9	Pemegang Tabung Pendingin	8243	3662	$3,85 \times 10^8$	$2,08 \times 10^7$	$5,00 \times 10^8$	24,04	Aman	1
10	Landasan 1 dan 2	2111	952	$3,85 \times 10^8$	$4,87 \times 10^6$	$5,00 \times 10^8$	102,67	Aman	2
11	Rangka	14594	6741	$5,17 \times 10^8$	$2,01 \times 10^7$	$6,55 \times 10^8$	32,59	Aman	7

KESIMPULAN

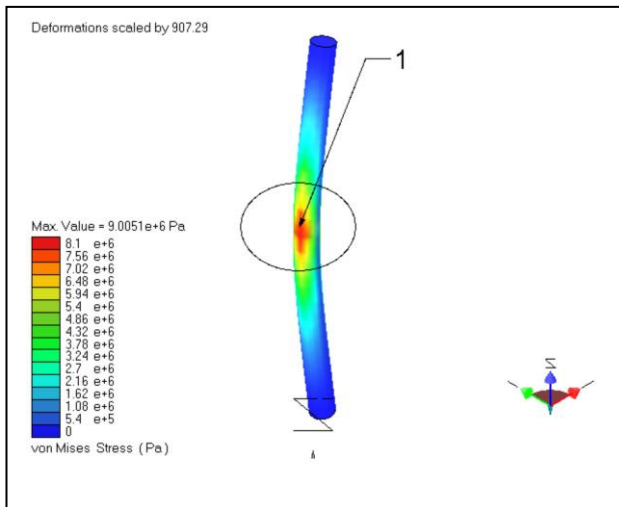
Berdasarkan data hasil analisa yang tercantum dalam Tabel 2 menunjukkan bahwa komponen-komponen pokok dalam mesin pembuat es puter ini masih masih dalam kondisi aman, karena tegangan *von-Mises* maksimum yang terjadi masih lebih kecil dibandingkan dengan titik luluhnya dan kondisi ini menurut teori kegagalan *von-Mises* masih aman, sehingga masih memungkinkan untuk menambah beban yang bisa berarti menambah kapasitas mesin, ditinjau dari sisi tegangan. Komponen mesin yang mengalami tegangan yang paling besar adalah pemutar tabung es puter yaitu $3,39 \times 10^7 \text{ Pa}$. Ini disebabkan karena, pertama; konstruksi dari pemutar tabung es puter yang sedemikian rupa (lengan yang kecil) yang

menghasilkan luas penampang yang kecil sehingga tegangan menjadi lebih besar dibandingkan dengan komponen-komponen yang berputar lainnya, seperti poros pemutar, yang kedua penyebabnya adalah modulus elastisitas material yang besar.

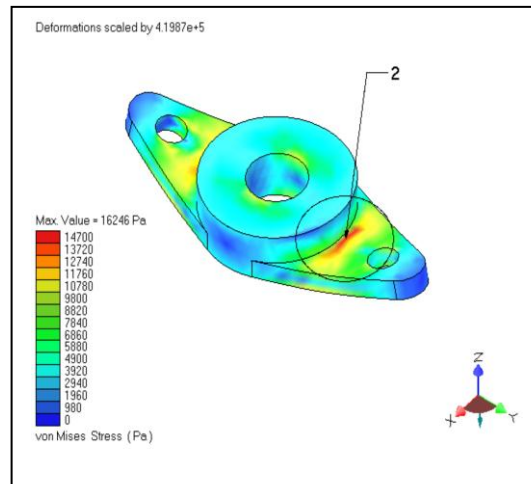
DAFTAR PUSTAKA

1. Autodesk Mechanical Desktop 6TM User Guide, 2001
2. Blair McDonald, "Failure Theories", <http://www.samconsult.biz/Science/FailureCriteria/Failure%20Criteria.htm>, 2005
3. Dan Notes: Stress etc: Failure Theories, <http://www.mech.uwa.edu.au/DANotes/SSS/failure/theories.html>, 2005.

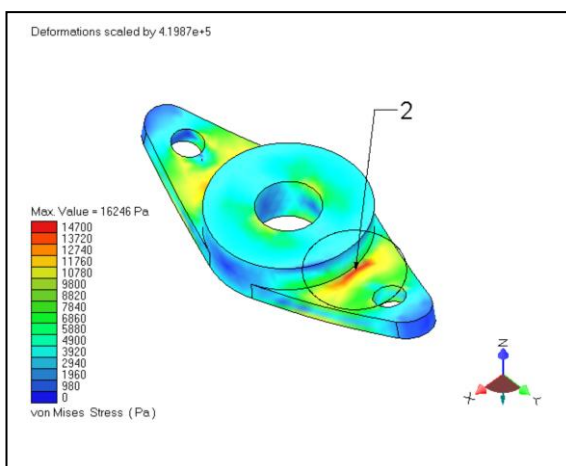
4. Electric Motor Guide, <http://www.co-design.co.uk/dpg/ele/ele4.html>, 2004.
5. E.P. Popov, "Mekanika Teknik", Alih Bahasa : Zainul AstamarTanisan, Erlangga 1996.
6. Feaservice, "Fundamentals of Structural Analysis", http://feaservices.com/fund_struct/fund_struct.html, 2004
7. Gustav Niemann, "Machine Elements, Design And Calculation in Mechanical Engineering Volume II", Translated by: K. Lakshminarayana, M.A. Parameswaran, G.V.N. Rayudu, Springer Verlag 1978.
8. Jusuf Sartono, "Sistem Satuan Internasional (SI)", Lembaga Pendidikan Perkebunan Yogyakarta, 1988.
9. Laboratorium Komputasi Jurusan Teknik Mesin UNDIP, "Modul I MSC/Nastran V 4.5: Introduction & Structural Analysis", 2002.
10. Mike Barton, "Finite Element Primer For Engineers", 2000.
11. MSC visualNastran 2002 4D™ User Guide, 2002
- 12.



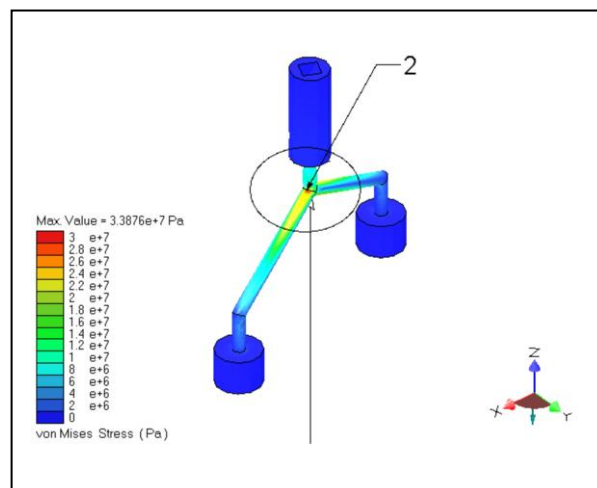
Gambar 7. Titik kritis poros pemutar



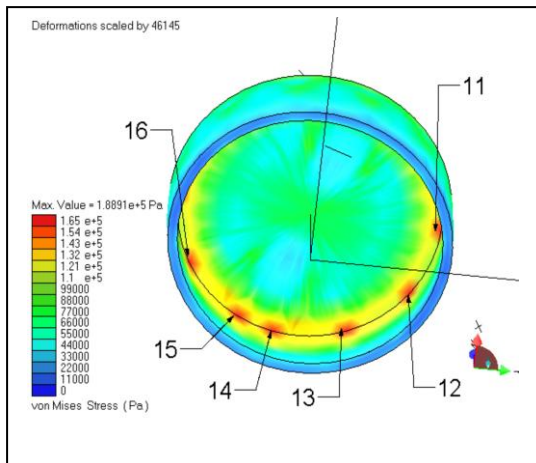
Gambar 8. Titik kritis penahan poros pemutar atas



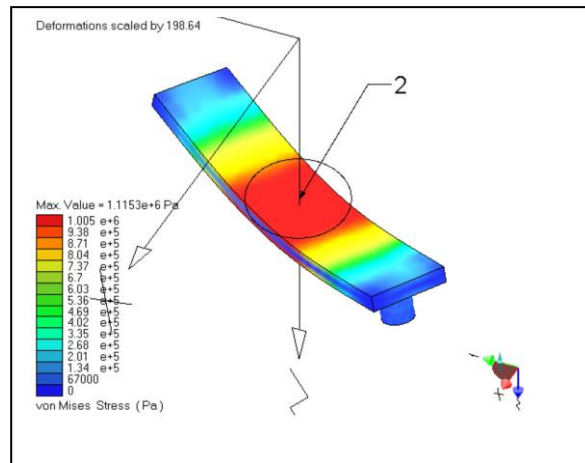
Gambar 9. Titik kritis penahan poros pemutar atas



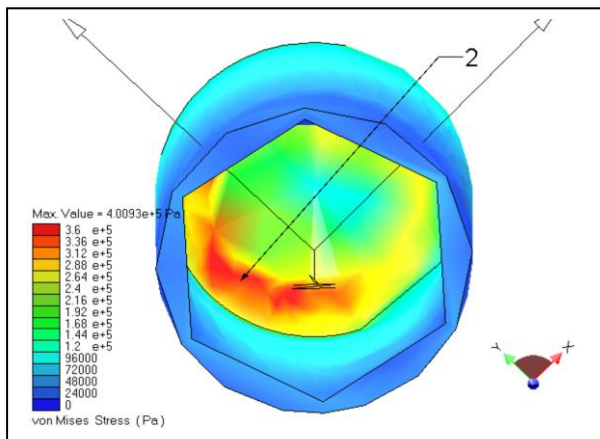
Gambar 10. Titik-titik kritis pemutar tabung es puter



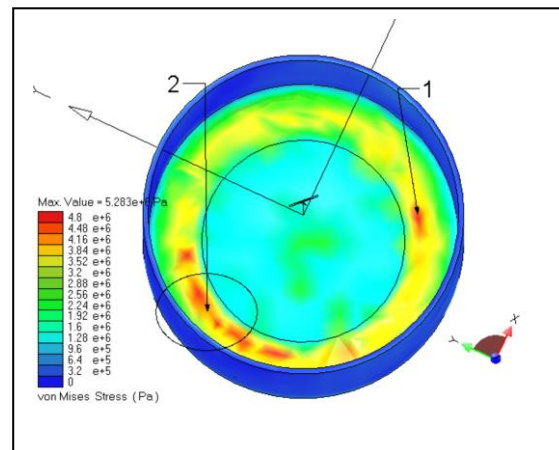
Gambar 11. Titik kritis pada tutup tabung es puter



Gambar 12. Titik kritis pada batang pemutar



Gambar 13. Titik kritis tabung es puter



Gambar 14 Titik kritis pada tabung es pendingin