

ANALISA TEGANGAN PADA PLUG VALVE MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA BERBASIS SIMULASI

Rahmad Maulana¹, Muhammad Razi², Saifuddin A. Jalil²

¹Mahasiswa Prodi D-IV Teknologi Rekayasa Manufaktur

²Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jl. Banda Aceh-Medan Km.280 Buketrata

Email : rahmadmaulanaaa@gmail.com

Abstrak

Plug Valve adalah katup gerakan rotasi seperempat putaran yang menggunakan plug meruncing atau silinder untuk menghentikan atau mengarahkan laju aliran fluida. Plug Valve bisa dipakai mulai dari tekanan atmosfer hingga 10.000 psi (69.000 KPa) dan suhu dari 50 hingga 1.500 °F. Dalam penelitian ini, dilakukan analisa tegangan yang terjadi pada body plug valve akibat tekanan laju aliran fluida menggunakan Metode Elemen Hingga Ansys Workbench. Pada penelitian ini, body plug valve diberikan variasi tekanan Working Pressure berdasarkan standard ASME B16.34 pada suhu material 300°C yang kemudian dengan Test Pressure hingga tegangan yang terjadi mencapai batas Yield Tensile Strength material ASTM A216 Grade WCB yaitu sebesar 280 MPa. Hasil tegangan yang didapat berdasarkan hasil simulasi pada body plug valve yang dimodelkan didalam software Ansys Workbench didapatkan bahwa pada Working Pressure 1.02 MPa tegangan maksimum yang terjadi sebesar 3.7625 MPa, selanjutnya pada Test Pressure 16 MPa didapatkan tegangan maksimum sebesar 59.02 MPa, lalu pada Test Pressure 36 MPa didapatkan tegangan maksimum sebesar 132.8 MPa, kemudian pada Test Pressure 56 MPa didapatkan tegangan maksimum sebesar 206.57 MPa, dan pada Test Pressure 76 MPa didapatkan nilai tegangan maksimum sebesar 280.35 MPa. Berdasarkan variasi tekanan yang diberikan pada body valve didapatkan, pada test pressure 76 MPa tegangan maksimum yang terjadi sudah melewati nilai batas Yield Tensile Strength dari material yang dipakai, dalam kondisi ini body plug valve akan mengalami kegagalan distorsi deformasi plastis (plastic deformation), dimana semua perubahan yang terjadi akan terjadi secara permanen dan akan terus berlanjut hingga mencapai batas tegangan maksimum material.

Kata kunci: Body, Plug Valve, Tegangan Maksimum, Pressure

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Katup (*valve*) suatu peralatan mekanis yang dirancang khusus untuk mengatur, mengontrol dan mengarahkan laju tekanan aliran fluida dengan cara membuka, menutup atau membuka sebagian dari laju tekanan aliran. Pada saat katup (*valve*) dipasang di sistem perpipaan, katup selalu menerima tekanan dari pergerakan laju aliran fluida. Akibat dari tekanan laju aliran fluida yang diterima oleh katup (*valve*), maka pada salah satu bagian katup (*valve*) akan mengalami tegangan yaitu pada *body*. Fenomena dari perubahan tegangan ini sangat penting untuk diketahui nilainya guna untuk mengetahui bagaimana sebuah *body* katup (*valve*) dapat menerima tekanan hingga batas tertentu berdasarkan material yang dipakai.

Untuk mengetahui nilai tegangan yang terjadi pada *body* katup (*valve*) akibat tekanan laju aliran fluida dapat diketahui dengan sebuah analisa. Metode analisa yang dapat dilakukan untuk mengetahui nilai tegangannya yaitu dengan menggunakan Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*). Metode Elemen Hingga adalah salah satu metode analisa untuk memecahkan masalah mekanika kontinum dalam rekayasa

dengan ketelitian yang dapat diterima oleh rekayasawan.[1]. Metode Elemen Hingga merupakan teknik komputasi yang digunakan untuk mendapatkan solusi perkiraan dari masalah nilai dalam rekayasa.[2]. Metode Elemen Hingga telah menjadi solusi untuk tugas memprediksi kegagalan karena tekanan yang tidak dapat ditunjukkan dalam teoritis dan memungkinkan desainer untuk melihat semua tekanan teoritis yang terjadi.[3].

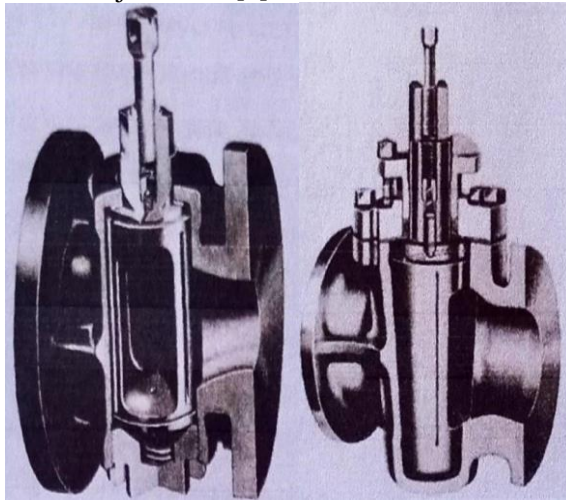
Berdasarkan permasalahan diatas, peneliti tertarik untuk mengetahui nilai tegangan yang terjadi pada batas tertentu dari material yang digunakan pada *body* katup (*valve*) jenis *Plug Valve* akibat tekanan laju aliran fluida yang diterima dengan menggunakan Metode Elemen Hingga berbasis simulasi menggunakan software ANSYS Workbench.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Plug Valve

Plug Valve adalah elemen mesin yang biasanya digunakan untuk regulasi aliran medium fluida, semi-cair, dan granular pada berbagai tangki dan sistem perpipaan. *Plug Valve* adalah gerakan katup rotasi seperempat putaran yang menggunakan *plug* meruncing atau silinder untuk

menghentikan atau memulai aliran. *Plug Valve* memiliki satu atau lebih lorong berlubang yang menyamping melalui plug sehingga cairan dapat mengalir melalui *plug* saat katup dibuka. Bahan yang digunakan untuk pengecoran *body* katup adalah baja karbon.[4]



(a) (b)
Gambar 2.1 *Plug Valve* bentuk (a) silinder dan (b) runcing

Pada tahun 2011 [4] melakukan analisa Metode Elemen Hingga pada *body plug valve* yang diikuti dengan analisis tegangan secara eksperimental menggunakan metode *strain gauge* untuk optimasi berat *body*. Hasil tegangan divalidasi dengan mengubah ketebalan dinding *body* dan *rib* dari *plug valve* yang dimodelkan.

Kemudian [5] pada tahun 2019 juga melakukan analisa optimasi berat *body* pada *plug valve* dengan Metode Elemen Hingga dan analisa secara eksperimental. Analisa tegangan dilakukan untuk menganalisa daerah tegangan maksimum di *body* katup yang ada dengan melakukan beberapa modifikasi desain daripada *body plug valve* sehingga didapatkan berat dan tegangan yang aman.

Pada kesempatan lain, [6] melakukan penelitian pada *Tapper Plug Valve* (TPV) dengan melakukan analisa aliran turbulen yang dimodelkan secara simulasi dengan menggunakan *software* NX Siemens. Model yang dimodelkan adalah batang dan *body* dari *Tapper Plug Valve* dengan bahan yang digunakan adalah Iron Nodular.

3. Metodologi

3.1 Alat Penelitian

Pada penelitian ini peneliti menggunakan sebuah perangkat komputer dengan memakai beberapa *software* untuk mendapatkan hasil dari penelitian ini, diantaranya:

1. *Software* CATIA V5R21 untuk permodelan CAD *Plug Valve*.
2. *Software* Ansys R17.2 untuk pengujian Analisa tekanan.

3.2 Pengumpulan Data

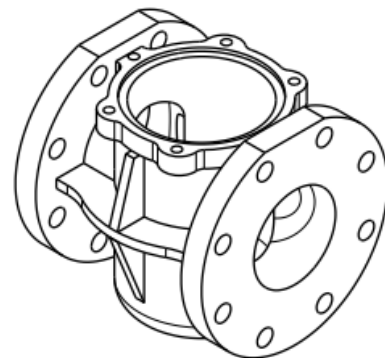
Dalam penelitian ini pengumpulan data yang dilakukan adalah dengan metode studi dokumentasi. Data yang dikumpulkan didapat dari beberapa sumber :

1. Artikel jurnal penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan penelitian ini.[4][5][6].
2. Data spesifikasi *Plug Valve* pada katalog produk dari Produsen *Plug Valve* DeZURIK/APCO.[7].
3. Data dari standar ASME B16.34. Data yang didapat berupa ukuran dimensi *body plug valve* dan kelas tekanan kerja pada temperature material.[8]

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Computer Aided Design (CAD)

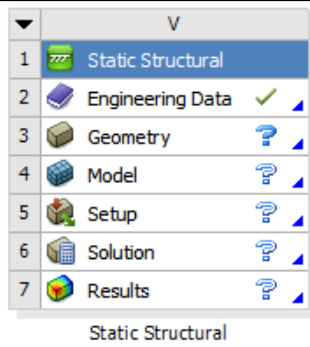
Dalam prosedur ini peneliti membuat sebuah model desain 3D dari *plug valve* menggunakan *software* CATIA V5R21 berdasarkan spesifikasi pada katalog produk dari Produsen *Plug Valve* DeZURIK/APCO. Spesifikasi ditentukan berdasarkan ukuran nominal diameter (DN) 100 pada Kelas Tekanan 150. Desain yang dimodelkan adalah *body* dari *Plug Valve*.



Gambar 3.1 CAD *Body Plug Valve*

3.3.2 Computer Aided Engineering (CAE)

Dalam prosedur ini peneliti melakukan analisa *Static Structural* dengan menggunakan Metode Elemen Hingga pada *Plug Valve* dengan variasi tekanan. Variasi tekanan diberikan sampai *tensile strength* dari material yang dipilih melawati batas *Yield Tensile Strength* pada saat diberi tekanan. Prosedur ini dilakukan dengan langkah-langkah yang diterapkan oleh *software* yang digunakan, yang pada umumnya ada 5 langkah yang harus dilakukan pada Analisa *Static Structural*.



Gambar 3.2 *Static Structural*

1. *Engineering Data*

Menentukan material ASTM A216 Grade WCB sebagai data properties.

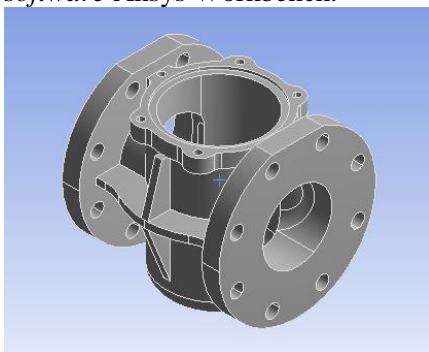
ASTM A216 Grade WCB

Density	7.82e-06 kg/mm ³
Structural	
▼ Isotropic Elasticity	
Derive from	Young's Modulus and Poisson's R.
Young's Modulus	1.9e+05 MPa
Poisson's Ratio	0.29
Bulk Modulus	1.5079e+05 MPa
Shear Modulus	73643 MPa
Tensile Ultimate Strength	570 MPa
Tensile Yield Strength	280 MPa

Gambar 3.3 *Mechanical Properties ASTM A216 Grade WCB*

2. *Geometry*

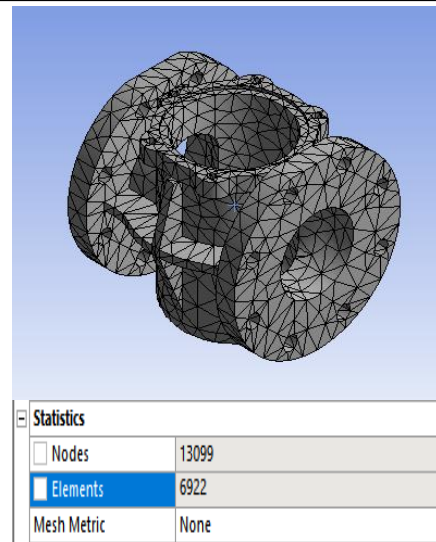
Meng-*import geometry* CAD kedalam *software* Ansys Workbench.



Gambar 3.4 *Imported CAD Body Plug Valve*

3. *Model*

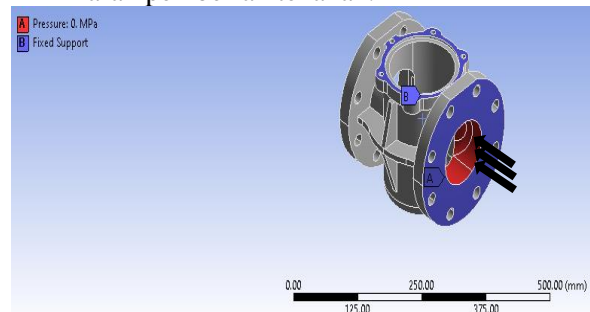
Pada bagian ini peneliti men-*generate* body kedalam mesh menjadi beberapa elemen - elemen kecil yang berhingga dengan jumlah nodes 13099 dan jumlah elemen 6922.



Gambar 3.5 *Generate Body Mesh*

4. *Static Structural*

Pada bagian ini peneliti mengaplikasikan tekanan pada permukaan atau bagian dari valve yang sering menerima beban. Sedangkan untuk menjaga valve tidak bergeser pada saat diberikan pembebanan, maka plug valve ini diberikan *constraint* (warna ungu) pada *inside diameter body* (warna merah), aktualnya arah aliran fluida ditunjukan oleh panah hitam yang menjadikannya sebagai arah pemberian tekanan.

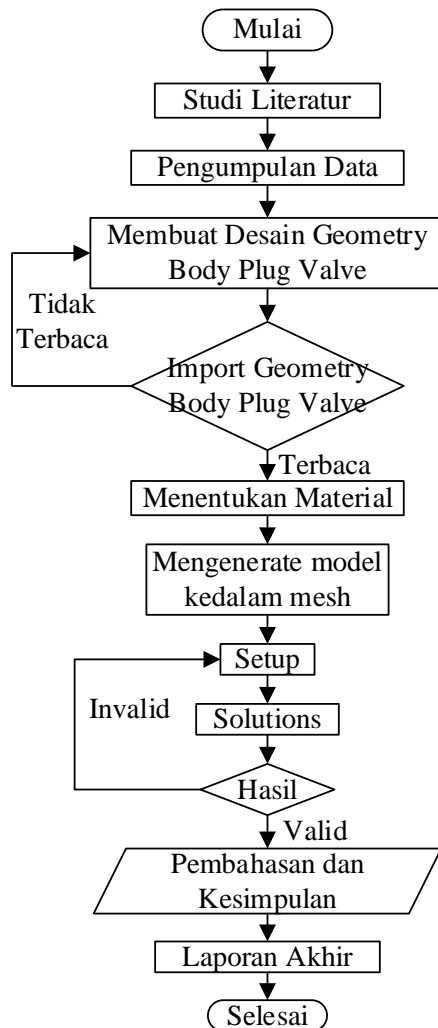


Gambar 3.6 Lokasi *Fixed Support* dan Tekanan yang diberikan

5. *Solutions*

Pada bagian ini peneliti menentukan elemen hingga yang digunakan pada dianalisa ini yakni, *Equivalent Stress (Von-Misess)* dan *Total Deformation*.

3.4 **Diagram Alir**



Gambar 3.7 Diagram Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil analisa tegangan pada *Plug Valve* menggunakan Metode Elemen Hingga yang dimodelkan secara simulasi dengan sistem analisa *Static Structural* yang dilakukan pada *body Plug Valve* didapatkan hasil tegangan dan deformasi yang terjadi hingga melewati batas nilai *Yield Tensile Strength* pada material *body* ASTM A216 Grade WCB. Terdapat 5 variasi tekanan yang diterapkan hingga tegangan yang terjadi melewati batas nilai *Yield Tensile Strength* dari material *body Plug Valve*, yaitu dimulai dari *Working Pressure* yang dianjurkan oleh standard ASME B16.34 pada temperature 300°C sebesar 1.02 MPa, kemudian dilanjutkan *Test Pressure* dengan meningkatkan tekanan secara bertahap yaitu 16 MPa, 36 MPa, 56 MPa dan 76 MPa. Tekanan ditingkatkan hingga hasil tegangan maksimum yang dialami mencapai/melewati batas nilai *Yield Tensile Strength* dari material yang dipilih yaitu 280 MPa.

4.2 Hasil Analisa Model Simulasi

Pada hasil analisa yang dimodelkan secara simulasi menggunakan software Ansys Workbench dengan sistem analisa *Static Structural*, Terdapat dua hasil Analisa yaitu *Total Deformation* dan *Equivalent Stress (Von-mises)*. Semua hasil analisa menggunakan material dengan temperature yang sama, pemberian mesh dengan statistic yang sama dan titik *Fixed Support (Constraint)* yang sama serta lokasi dan arah pemberian tekanan yang sama pula yaitu pada diameter dalam *body plug valve*.

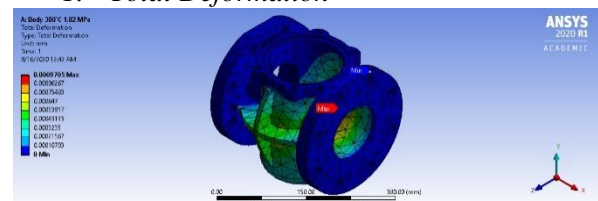
4.2.1 Tekanan pada Working Pressure 1.02 MPa

Hasil analisa tegangan pada tekanan *Working Pressure* 1.02 MPa adalah sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil analisa pada *Working Pressure* 1.02 MPa

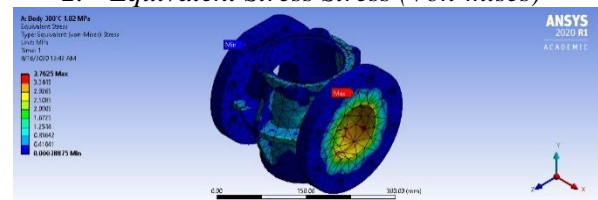
Material	ASTM A216 Grade WCB	
Temperature (°C)	300	
Mesh	Nodes	13099
	Elements	6922
Applied Pressure (Mpa)	1.02	
Total Deformation (mm)	Minimum	0
	Maximum	0.0009705
Equivalent Stress (Mpa)	Minimum	0.00038875
	Maximum	3.7625

1. *Total Deformation*



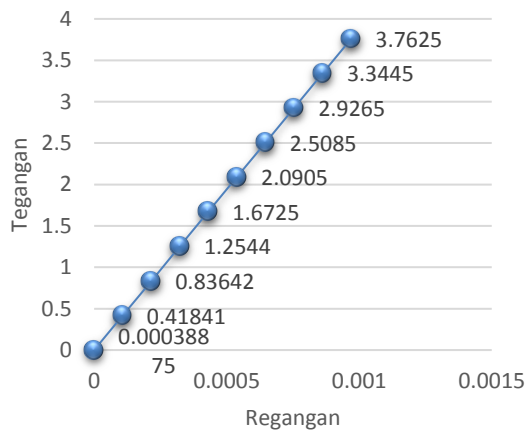
Gambar 4.1 *Total Deformation Working Pressure* 1.02 MPa

2. *Equivalent Stress Stress (Von-mises)*



Gambar 4.2 *Equivalent Stress Working Pressure* 1.02 Mpa

Tegangan Vs Regangan Working Pressure 1.02 Mpa



Grafik 4.1 Tegangan Vs Regangan Working Pressure 1.02 MPa

Dari hasil diatas didapatkan bahwa *body plug valve* yang diberi tekanan pada Working Pressure 1.02 MPa yang ditentukan oleh standar ASME B16.34 benar-benar dalam keadaan aman dimana tegangan maksimum yang terjadi sangat kecil dibandingkan dengan angka dari *Yield Tensile Strength* material yaitu sebesar 3.7625 MPa. Tegangan maksimum yang ditunjukkan oleh gambar tidak ditandai dengan perubahan warna merah, yang menandakan bahwa tegangan yang terjadi masih jauh dari kritis nya material.

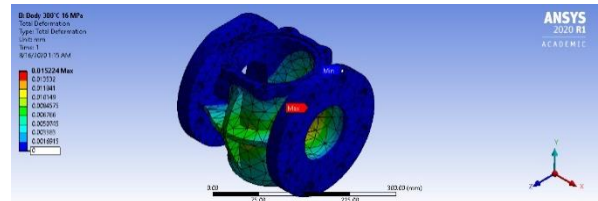
4.2.2 Tekanan pada Test Pressure 16 MPa

Hasil analisa tegangan pada tekanan Test Pressure 16 MPa adalah sebagai berikut :

Tabel 4.2 Hasil analisa pada Test Pressure 16 MPa

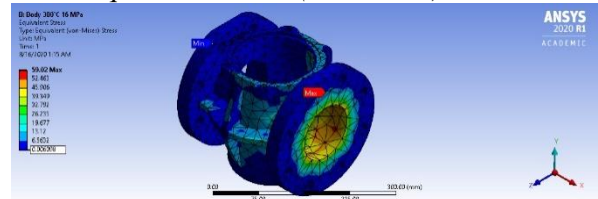
Material		ASTM A216 Grade WCB
Temperature (°C)		300
Mesh	Nodes	13099
	Elements	6922
Applied Pressure (Mpa)		16
Total Deformation (mm)	Minimum	0
	Maximum	0.015224
Equivalent Stress (Mpa)	Minimum	0.006098
	Maximum	59.02

1. Total Deformation



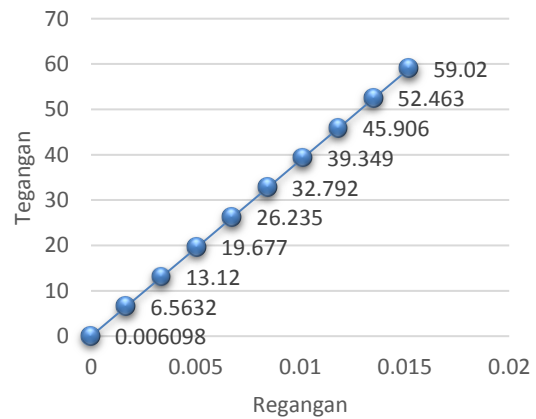
Gambar 4.3 Total Deformation Test Pressure 16 MPa

2. Equivalent Stress (Von-mises)



Gambar 4.4 Equivalent Stress Test Pressure 16 MPa

Tegangan Vs Regangan Test Pressure 16 Mpa



Grafik 4.2 Tegangan Vs Regangan Test Pressure 16 MPa

Selanjutnya tekanan dinaikkan pada tekanan 16 MPa menunjukkan hasil bahwa *body plug valve* mengalami kenaikan tegangan dari Working Pressure nya dengan tegangan maksimum yang terjadi sebesar 59.02 MPa. Dalam hal ini *body plug valve* yang dianalisa bisa dinyatakan masih dalam kondisi aman dikarenakan nilai tegangan maksimum yang terjadi pada Test Pressure ini masih jauh dibawah angka *Yield Tensile Strength* dari material *body* yang dipakai. Dengan kata lain, tekanan 16 MPa masih bisa diterapkan pada material *body plug valve* yang dianalisa.

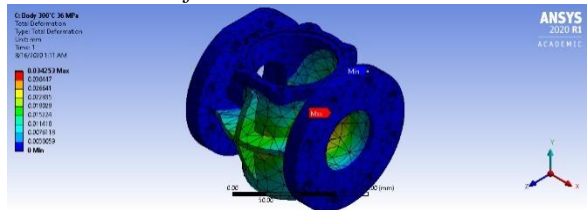
4.2.3 Tekanan pada Test Pressure 36 Mpa

Hasil analisa tegangan pada tekanan Test Pressure 36 MPa adalah sebagai berikut :

Tabel 4.3 Hasil analisa pada *Test Pressure 36 MPa*

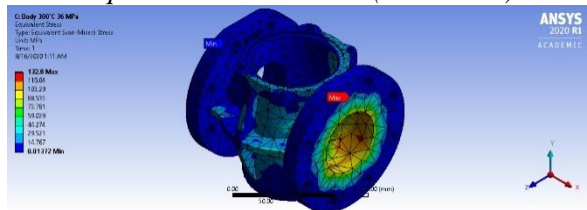
Material		ASTM A216 Grade WCB
Temperature (°C)		300
Mesh	Nodes	13099
	Elements	6922
Applied Pressure (Mpa)		36
Total Deformation (mm)	Minimum	0
	Maximum	0.034253
Equivalent Stress (Mpa)	Minimum	0.01372
	Maximum	132.8

1. Total Deformation

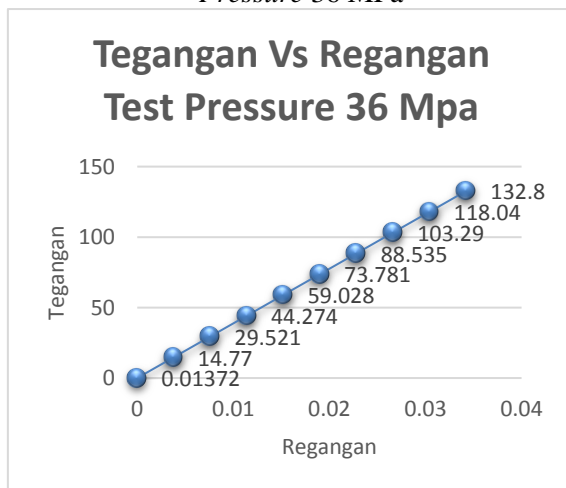


Gambar 4.5 Total Deformation Test Pressure 36 MPa

2. Equivalent Stress Stress (Von-mises)



Gambar 4.6 Equivalent Stress (Von-mises) Test Pressure 36 MPa



Grafik 4.3 Tegangan Vs Regangan Test Pressure 36 MPa

Dari hasil diatas didapatkan bahwa *body plug valve* yang diberi tekanan *Test Pressure* sebesar 36 MPa mengalami tegangan maksimum sebesar 132.8 MPa. Pada hasil *Test Pressure 36 MPa* *body plug valve* masih dinyatakan dalam kondisi aman

dikarenakan tegangan yang terjadi masih jauh dibawah nilai *Yield Tensile Strength* Material yang dipakai.

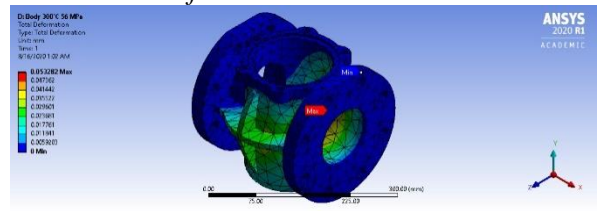
4.2.4 Tekanan pada *Test Pressure 56 Mpa*

Hasil analisa tegangan pada tekanan *Test Pressure 56 MPa* adalah sebagai berikut :

Tabel 4.4 Hasil analisa pada *Test Pressure 56 MPa*

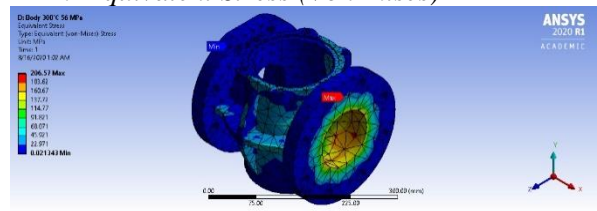
Material		ASTM A216 Grade WCB
Temperature (°C)		300
Mesh	Nodes	13099
	Elements	6922
Applied Pressure (Mpa)		56
Total Deformation (mm)	Minimum	0
	Maximum	0.053282
Equivalent Stress (Mpa)	Minimum	0.021343
	Maximum	206.57

1. Total Deformation

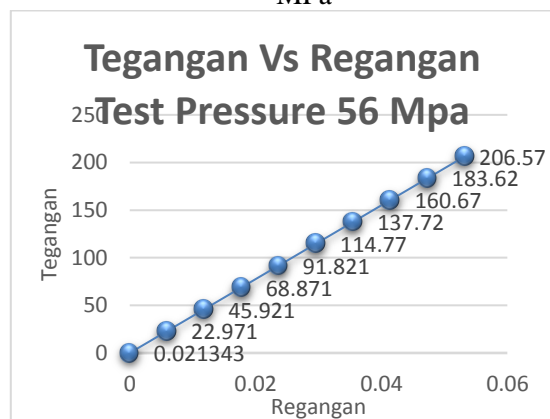


Gambar 4.7 Total Deformation Test Pressure 56 MPa

2. Equivalent Stress (Von-mises)



Gambar 4.8 Equivalent Stress Test Pressure 56 MPa



Grafik 4.4 Tegangan Vs Regangan Test Pressure 56 MPa

Dari hasil diatas didapatkan bahwa *body plug valve* yang diberi tekanan *Test Pressure* sebesar 56 MPa mengalami tegangan maksimum sebesar 206.57 MPa. Tegangan ini masih bisa dinyatakan pada kondisi aman untuk diaplikasikan pada *body plug valve* berdasarkan hasil simulasi yang didapatkan dengan membandingkan pada nilai *Yield Tensile Strength* material. Tetapi, Tekanan ini seharusnya tidak sering diterapkan mengingat tegangan maksimum nya yang tinggi yang apabila sering diterapkan pada material lama kelamaan kemungkinan akan mengalami kegagalan *fatigue*.

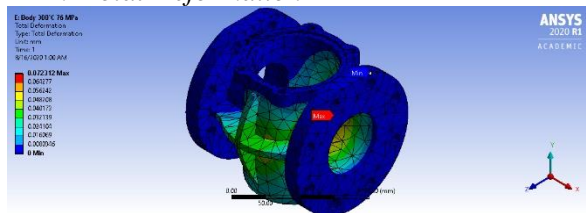
4.2.5 Tekanan pada Test Pressure 76 Mpa

Hasil analisa tegangan pada tekanan *Test Pressure* 76 MPa adalah sebagai berikut :

Tabel 4.5 Hasil analisa pada *Test Pressure* 76 MPa

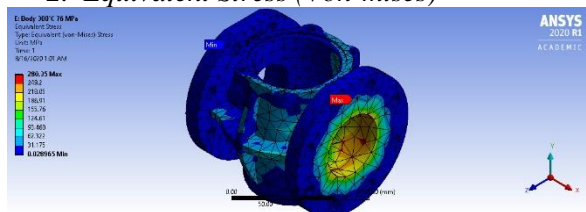
Material	ASTM A216 Grade WCB	
Temperature (°C)	300	
Mesh	Nodes	13099
	Elements	6922
Applied Pressure (Mpa)	76	
Total Deformation (mm)	Minimum	0
	Maximum	0.072312
Equivalent Stress (Mpa)	Minimum	0.028965
	Maximum	280.35

1. Total Deformation



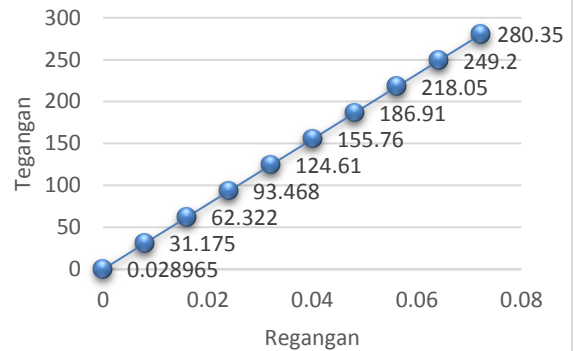
Gambar 4.9 Total Deformation Test Pressure 76 MPa

2. Equivalent Stress (Von-mises)



Gambar 4.10 Equivalent Stress Test Pressure 76 MPa

Tegangan Vs Regangan Test Pressure 76 Mpa



Grafik 4.5 Tegangan Vs Regangan Test Pressure 56 MPa

Dari hasil diatas didapatkan bahwa *body plug valve* yang diberi tekanan *Test Pressure* sebesar 76 MPa mengalami tegangan maksimum yang terjadi sebesar 280.35 MPa. Nilai tegangan maksimum sudah melewati batas *Yield Tensile Strength* dari material yang dipakai. Maka pada tekanan ini *body plug valve* pada penelitian akan dinyatakan gagal apabila menerima tekanan sebesar 76 MPa atau lebih.

Berdasarkan hasil semua simulasi didapatkan nilai deformasi dan tegangan maksimum yang terjadi pada *body plug valve* yang diberikan tekanan sebesar 1.02 MPa, 16 MPa, 36 MPa, 56 MPa dan 76 MPa. Dari semua hasil tegangan maksimum yang terjadi diketahui bahwa pada tekanan 76 MPa tegangan maksimum yang terjadi sudah melewati batas nilai *Yield Tensile Strength* material yang dipakai yaitu sebesar 280.35 MPa. Dengan demikian, *body plug valve* yang dinalisa pada penelitian ini akan mengalami kegagalan apabila menerima tekanan sebesar 76 MPa atau lebih. Kegagalan yang terjadi pada *body plug valve* ini adalah jenis kegagalan distorsi karena nilai tegangan maksimum yang terjadi sudah melewati batas nilai *Yield Tensile Strength* material yang dipakai dan pada kondisi ini *body plug valve* akan berada dalam area deformasi plastic (*plastic deformation*), dimana semua perubahan yang terjadi akan terjadi secara permanen dan akan terus berlanjut hingga mencapai batas tegangan maksimum material.

3. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian yang berjudul Analisa Tegangan Pada *Plug Valve* Menggunakan Metode Elemen Hingga Berbasis Simulasi, peneliti dapat menarik beberapa kesimpulan, yaitu sebagai berikut :

1. Analisa tegangan yang terjadi pada *body plug valve* dapat dilakukan dengan melakukan analisa dengan sistem analisa *Static Structural* menggunakan *software* Ansys Workbench.
2. Perubahan tegangan pada *body plug valve* dihasilkan dari variasi tekanan yang diterapkan hingga tegangan maksimum yang terjadi melewati batas nilai *Yield Tensile Strength* material ASTM A216 Grade WCB pada *temperature* 300°C.
3. Ada 5 variasi tekanan yang diterapkan hingga tekanan yang dialami mencapai batas nilai *Yield Tensile Strength* material, yaitu 1.02 MPa, 16 MPa, 36 MPa, 56 MPa dan 76 MPa. Hasil tegangan dan deformasi yang didapat dari tiap – tiap variasi tekanan adalah sebagai berikut :

Tekanan (Mpa)	Hasil (Mpa)			
	Equivalent Stress		Total Deformation	
	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum
1.02	0.00039	3.7625	0	0.000971
16	0.0061	59.02	0	0.015224
36	0.01372	132.8	0	0.034253
56	0.02134	206.57	0	0.053282
76	0.02897	280.35	0	0.072312

Berdasarkan hasil yang didapat, *body plug valve* pada penelitian ini hanya dapat menerima tekanan dibawah 76 MPa, karena apabila tekanan yang diterima diatas tekanan 76 MPa *body plug valve* pada penelitian ini akan mengalami kegagalan distorsi karena nilai tegangan maksimum yang terjadi sudah melewati batas nilai *Yield Tensile Strength* material ASTM A216 Grade WCB. Dalam ini *body plug valve* sudah memasuki area deformasi plastik (*plastic deformation*), dimana semua perubahan yang terjadi akan terjadi secara permanen dan akan terus berlanjut hingga mencapai batas tegangan maksimum material.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian yang berjudul Analisa Tegangan Pada *Plug Valve* Menggunakan Metode Elemen Hingga Berbasis Simulasi, peneliti dapat memberikan beberapa saran, yaitu sebagai berikut :

1. Untuk melakukan analisa secara simulasi dianjurkan untuk memakai *software* Ansys

Workbench versi terbaru dikarenakan terdapat fitur yang tidak lengkap diversi yang lama dibandingkan versi terbaru.

2. Agar hasil penelitian ini bisa lebih sempurna dianjurkan untuk dilakukan studi eksperimenta

Daftar Pustaka

- [1] Cook, R. D. (1990). Konsep dan Aplikasi Metode Elemen Hingga. Bandung: PT. Eresco Bandung.
- [2] Hutton, D. V. (2004). Fundamental Of Finite Element Analysis. Pullman, WA: McGraw-Hill.
- [3] Rahmi, M. , Canra, D. , & Suliono. (2018). Analisis Kekuatan Ball Valve Akibat Tekanan Fluida Menggunakan Finite Element Analisis. JURNAL TEKNOLOGI TERAPAN, 2.
- [4] Vinayak, D., & Chavan, D. S. (2011) Optimization of 16" Plug Valve Body Using FEA And Experimental Stress
- [5] Yadav, A. C., Prof G. R Kulkarni, & Prof. A. M. Qureshi. (2019). Weight Optimization of API 6D 12" - 150 Class Plug Valve Body by Finite Element Analysis and Experimental Method. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 6890-6895.
- [6] Dumitrache, C, Barhalescu , M., & Sabau, A. (2015). Naval Plug Valve Design and Computer Fluid Dynamic Analysis. Constanta Maritime University Annals, 23 Analysis Method. International Journal of Mechanical Engineering, 79-83.
- [7] DeZURIK. (2020, 4 12). DeZURIK. Retrieved from DeZURIK.com: <https://www.dezurik.com/>
- [8] ASME. (2017). *Valves-Flanges, Threaded and Welding Ends*. New York: THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS.