

## ANALISIS KEKUATAN GATE VALVE 2 9/16 3.000 PSI AKIBAT TEKANAN FLUIDA MENGGUNAKAN FINITE ELEMENT ANALYSIS SOLIDWORKS 2018

Bisma Herlambang<sup>1,a</sup>, Tri Mulyanto<sup>2,b</sup>

Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Gunadarma, Jl. Margonda Raya No.100, Depok  
Jawa Barat, Indonesia – 16424

<sup>a</sup>bismaherlambang@gmail.com, <sup>b</sup> tri\_mulyanto@staff.gunadarma.ac.id

### Abstrak.

*Valve (katup) sebagai salah satu produk industri, sangat dibutuhkan oleh perusahaan yang bergerak mengontrol aliran cairan untuk efisiensi. Kebutuhan tentang ini banyak digunakan oleh perusahaan pembangkit listrik dan industri minyak dan gas. Tujuan penggunaan valve adalah untuk membatasi dan mengontrol cairan pada kondisi tekanan tinggi. Salah satu katup yang sering digunakan adalah gate valve, yaitu katup dengan tipe gerak fully open dan fully close. Adanya permintaan gate valve ini, dibutuhkan produk dengan spesifikasi tertentu memiliki rancangan dengan tingkat kekuatan yang baik. Dengan kata lain, produk valve (katup) yang baik, harus memiliki kekuatan yang baik, aman dan sesuai dengan kebutuhan dilakukan pengujian. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis terhadap gate valve 2 9/16 WP 3.000 psi untuk memastikan katup yang diproduksi sesuai spesifikasi, kuat dan tahan terhadap tekanan fluida. Metode yang digunakan adalah Finite Element Analysis (FEA) dengan software solidworks 2018. Analisis dilakukan pada gate valve dengan keadaan full open, dan full closed serta dengan pembebanan bertahap mulai 1.000 psi, 2.000 psi dan 3.000 psi hasil dari Computational Fluid Dynamics (CFD). Analisis dilakukan pada temperatur 300C, Berdasarkan hasil analisis dengan FEA, dinyatakan bahwa gate valve 2 9/16 WP 3.000 psi kuat dan aman untuk digunakan. Nilai faktor keamanan (safety factor), signifikan lebih tinggi dari nilai safety factor minimum yang diizinkan.*

**Kata kunci.** FEA, Safety Factor, Gate Valve

### Abstract.

*Valve (valve) as one of the industrial products, is needed by companies engaged in controlling fluid flow for efficiency. This need is widely used by power companies and the oil and gas industry. The purpose of using valves is to limit and control liquids under high pressure conditions. One valve that is often used is the gate valve, which is a valve with a type of motion fully open and fully close. The demand for this gate valve requires a product with certain specifications to have a design with a good level of strength. In other words, a good valve product (valve), must have a good strength, safe and in accordance with the needs to be tested. This study aims to analyze the gate valve 2 9/16 WP 3,000 psi to ensure the valve produced is according to specifications, strong and resistant to fluid pressure. The method used is Finite Element Analysis (FEA) with the 2018 Solidworks software. The analysis is performed on the gate valve with a full open, full closed state and with gradual loading starting at 1,000 psi, 2,000 psi and 3,000 psi resulting from Computational Fluid Dynamics (CFD). The analysis was carried out at 300C, Based on the results of the analysis with FEA, it was stated that the gate valve 2 9/16 WP 3,000 psi was strong and safe to use. The safety factor value is significantly higher than the minimum permissible safety factor value*

**Keywords.** FEA, Safety Factor, Gate Valve

## Pendahuluan

Valve adalah alat mekanis yang mengatur aliran atau tekanan cairan. Fungsinya bisa menutup atau membuka aliran, mengontrol laju aliran, mengalihkan aliran, mencegah aliran balik, mengontrol tekanan, atau mengurangi tekanan. Katup dapat diklasifikasikan berdasarkan metode berikut antara lain jenis operasi, alam dan kondisi fisik aliran, kebocoran dan kontrol jenis aliran, metode operasi, fungsionalitas, dan lain-lain.

Sejumlah penelitian yang telah dilakukan terhadap bentuk, ukuran, jenis cairan atau fluida, parameter operasi dan koefisien debit valve untuk peningkatan teknologi valve. Penelitian-penelitian yang dilakukan terhadap katup khusus dengan metode analisis, bertujuan untuk meminimalisasi biaya. Keuntungan lain yang didapatkan adalah, bisa melakukan optimasi desain sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Bentuk analisis aliran dalam sistem yang sering digunakan pada katup yaitu analisis Computational Fluid Dynamics (CFD).

Gate valve adalah valve yang menggunakan sistem gerbang atau pintu untuk membuka dan menutup aliran. Bagian katup yang mengontrol aliran melaluinya gate yang memiliki lubang, atau port. Ketika valve di buka, lubang tegak lurus terhadap ujung lobang flange, dan aliran melewati gate. Handwheel akan di putar searah jarum jam yang memungkinkan melihat posisi valve. Gate valve merupakan satu klasifikasi dengan butterfly valve dan plug valve dengan mekanisme fully open dan fully close.

## Metodologi Penelitian

Bagian ini menjelaskan metode yang digunakan untuk analisis kekuatan gate valve 2 9/16 working pressure 3.000 psi. Proses analisis tekanan terdiri dari dua bagian, yaitu pembuatan model 3D gate valve, input data akibat pengaruh CFD. Analisis FEA akan dilakukan pada kondisi berbeda. kategori data yang akan dianalisis dapat dilihat pada Tabel 1. Bagian metode berisi paparan dalam bentuk paragraf tentang rancangan penelitian, sumber data, teknik pengumpulan data, dan analisis data yang secara nyata dilakukan oleh penel. Untuk penelitian yang menggunakan alat dan bahan, perlu dituliskan spesifikasi alat dan bahannya secara detail.

Implementasi pada FEA, ada beberapa tahapan yang sangat penting untuk mendapatkan solusi akhir untuk model FEA. Namun, sebagian besar kegiatan dalam tahapan tersebut secara otomatis dilakukan oleh perangkat lunak. Pengguna memberikan informasi minimal sebagai input dari model untuk menjalankan simulasi numerik.

Implementasi pada FEA, ada beberapa tahapan yang sangat penting untuk mendapatkan solusi akhir untuk model FEA. Namun, sebagian besar kegiatan dalam tahapan tersebut secara otomatis dilakukan oleh perangkat lunak. Pengguna memberikan informasi minimal sebagai input dari model untuk menjalankan simulasi numerik. FEA menyediakan pengguna grafis interface hanya untuk perintah yang di masukan oleh pengguna yaitu dilakukan dalam 3 tahap, preprocessing, processing, dan post processing.

### 1. Gate Valve

Pada penulisan ini, penulis ingin menganalisa gate valve dengan size 2 9/16 working pressure 3.000 psi. Gate valve ini mengacu terhadap standart American Petroleum Institute (API 6A) tentang *Specification for Wellhead and Christmas Tree Equipment*. Gate valve ini banyak di gunakan pada perusahaan minyak dan gas bumi, tepatnya pada kepala sumur minyak baik itu di on shore atau off shore.

### 2. Perancangan Menggunakan Solidwroks 2018

Penelitian ini dilakukan pada *gate valve model rising stem* dan *non rising stem*, sehingga cara untuk mengetahui informasi terkait produk tersebut perlu dilakukan dengan metode re-engineering. Pemahaman mengenai re-engineering secara singkat adalah membuat produk yang sesuai bentuk fisiknya menjadi bentuk CAD yang selanjutnya di desain yang sama dengan produk aslinya.



Gambar 1. Gate Valve non-Rising Stem

Tabel 1. Spesifikasi Gate Valve

Jenis Valve	Gate Valve
Size	2 9/16 Inch
Working Pressure	3.000 PSI
Standart	API 6A
Material	AISI 4130

Metode re-engineering yang dilakukan yaitu membuat design ulang dengan mengembangkan model terbaru tanpa mengurangi fungsi dan penggunaannya. Design ulang merupakan langkah pembuatan gambar dari model konvensional menjadi design terbaru ke dalam bentuk model tiga dimensi CAD. Re-engineering design dilakukan menggunakan solidworks 2018, sehingga design terbaru dapat di simulasikan menggunakan solidworks simulation dengan menginput data material yang digunakan lalu melakukan simulation dan menginput pressure sesuai working pressure pada gate valve. Langkah selanjutnya dengan menganalisa design terbaru apakah gate valve model non-rising stem bisa lebih baik dari pada gate valve konvensional.

### 3. Simulation Menggunakan Software Solidworks 2018

Setelah proses re-engineering selesai dan menghasilkan design non rising stem, selanjutnya melakukan simulation pada software solidworks 2018, dengan cara menginput spesifikasi, seperti material yang akan di gunakan berdasarkan standart API 6A yang telah di tetapkan yaitu material AISI 4130 Alloy Steel.

Tabel 2. Material Properties AISI 4130

Property	Value	Units
Elastic Modulus	2.05e+11	N/m <sup>2</sup>
Poisson's Ratio	0.285	N/A
Shear Modulus	8e+10	N/m <sup>2</sup>
Mass Density	7850	kg/m <sup>3</sup>
Tensile Strength	731000000	N/m <sup>2</sup>
Compressive Strength		N/m <sup>2</sup>
Yield Strength	460000000	N/m <sup>2</sup>
Thermal Expansion Coefficient		/K
Thermal Conductivity	42.7	W/(m·K)

Selanjutnya untuk menginput pembebanan terhadap gate valve, kita akan memberi pembebanan sesuai kondisi batas dan pembebanan yang sudah di tetapkan, yaitu :

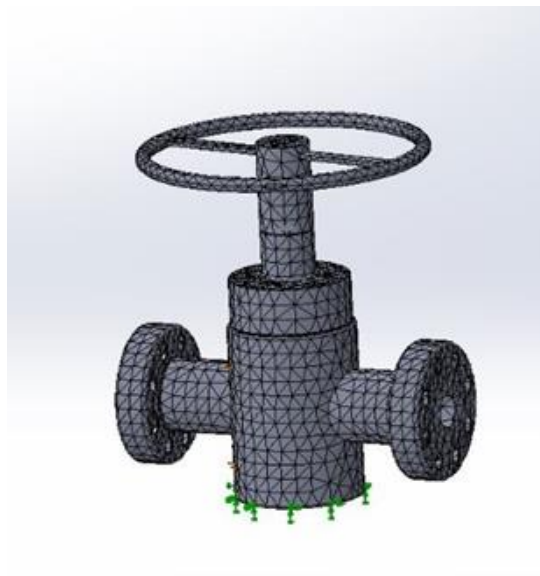
Tabel 3. Kondisi batas dan pembebanan Gate Valve 2 9/16

Percobaan	Kondisi	Pressure	Temperatur
1	Fully Open	1.000 PSI	30 <sup>0</sup> C
2	Fully Open	2.000 PSI	30 <sup>0</sup> C
3	Fully Open	3.000 PSI	30 <sup>0</sup> C

## Hasil, Pembahasan dan Analisa

### 1. Meshing Model

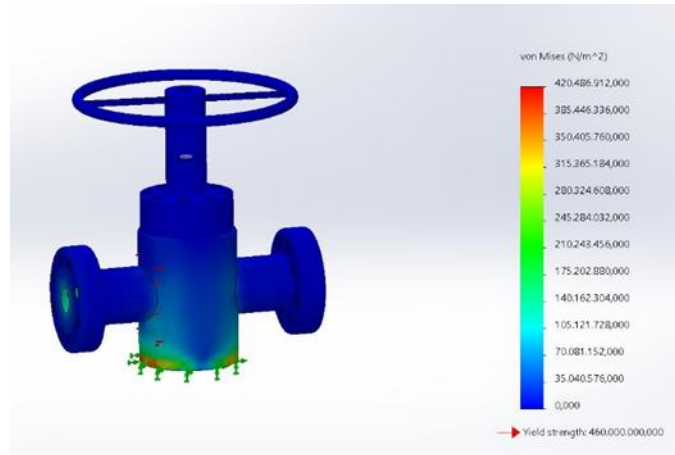
Hasil analisis yang baik didapatkan dari hasil pemodelan 3D yang baik dan sederhana. Fungsinya adalah memudahkan dalam perhitungan dan kalkulasi dalam software solidworks 2018. Penyederhanaan model, tidak akan mempengaruhi hasil analisis. Gambar 2 menjelaskan bentuk mesh sebelum dilanjutkan pada tahap analisis terhadap gate valve 2 9/16. Semua komponen yang ada pada gate valve, harus berhasil di mesh secara sempurna sebelum dilakukan tahap analisis selanjutnya. Bentuk node atau nodalnya adalah trihedron.



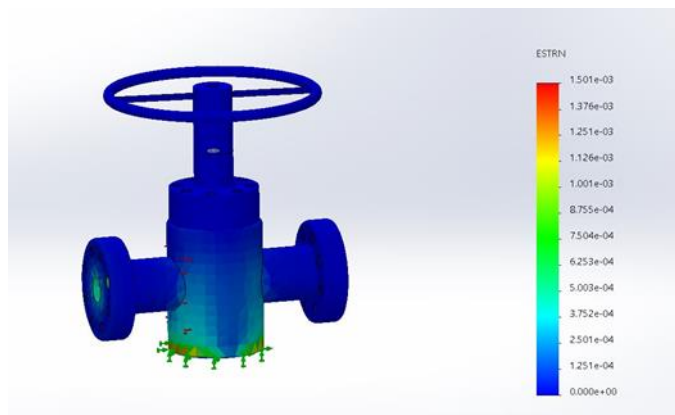
Gambar 2. Hasil Meshing pada Gate Valve 2 9/16 WP 5.000 psi

### 2. Hasil Analisis Kekuatan dengan FEA

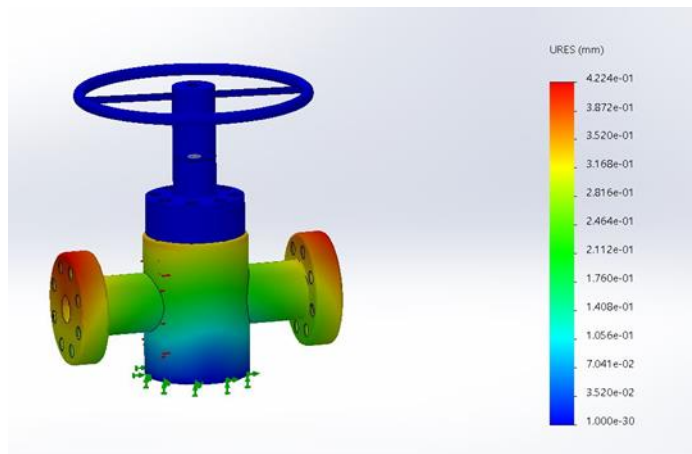
Bentuk hasil simulasi FEA yang dilakukan dengan bantuan software Solidworks 2018 pada gate valve 2 9/16 working pressure 3.000 psi dapat dilihat gambar 3 sampai gambar 6. Setiap hasil analisis dengan menggunakan software FEA, akan menunjukkan adanya nilai maksimum dan minimum. Gambar 3. merupakan hasil analisis stress yang terjadi pada ball valve akibat pengaruh pembebanan dan kondisi yang diinput. Parameter yang dipakai adalah nilai berdasarkan von mises stress. Selain itu perubahan serta gradasi warna akan menunjukkan bahwa terdapat perubahan atau kondisi kritis pada hasil simulasi. Berlaku juga untuk hasil simulasi strain, deformation dan safety factor.



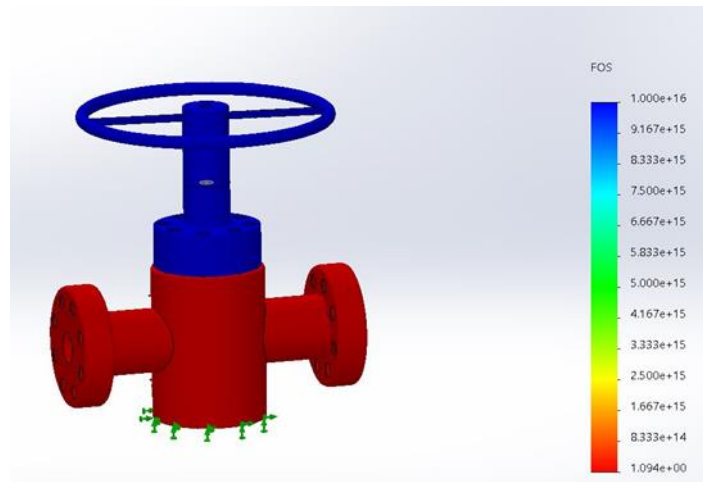
Gambar 3. Hasil analisis stress



Gambar 4. Hasil analisis strain



Gambar 5. Hasil analisis displacement



Gambar 6. Hasil analisis Factor of Safety (FOS)

Hasil analisis dengan FEA dengan kondisi yang sudah ditentukan dapat dilihat pada gambar 6. Berdasarkan hasil simulasi, dapat dilihat bahwa perubahan nilai stress, strain dan deformation tidak mengalami perubahan yang signifikan dapat di lihat pada tabel 4, sehingga tidak terdapat kondisi dan area kritis yang harus dilakukan perubahan desain dan optimisasi desain. Sedangkan hasil simulasi untuk faktor keamanan, dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 4. Rekapitulasi hasil FEA

Percobaan	Pressure	Stress max	Strain max	Deformasi max
1	1.000 PSI	20.328 psi	5.003e-04	1.408e-01mm
2	2.000 PSI	40.657 psi	10.001e-03	2.816e-01mm
3	3.000 PSI	60.986 psi	15.001e-03	4.224e-01mm

Tabel 5. Rekapitulasi factor of safety (FOS)

Percobaan	Min	Max
1	1.000e+16	3.282e+00
2	1.000e+16	1.641e+00
3	1.000e+16	1.094e+00

Berdasarkan hasil simulasi, maka disimpulkan bahwa gate valve aman dan mampu diberi pembebanan sesuai dengan hasil simulasi CFD. Hal ini dilihat dari nilai minimum safety factor yang jauh diatas ambang batas untuk produk-produk katup dan perpipaan yaitu 1.

## Kesimpulan

Analisis pada gate valve 2 9/16 working pressure 3.000 psi, dengan beberapa kondisi dengan pembebanan hasil CFD pada penelitian sebelumnya, disimpulkan bahwa untuk gate valve ini comply dan aman sesuai dengan kondisi yang disimulasi dan di analisis. Gate valve memiliki kekuatan yang baik untuk kondisi full open. Nilai factor of safety juga menunjukkan bahwa gate valve sangat aman digunakan untuk fluida liquid sesuai dengan penelitian sebelumnya.

Meskipun perhitungan menyatakan bahwa pemilihan material AISI 4130 Alloy Steel aman untuk digunakan sebagai bahan dalam pembuatan, penulis ingin merekomendasikan bahan dengan kekuatan hasil lebih tinggi dan kekuatan tarik untuk mencegah kemungkinan terjadinya kerusakan. Kondisi ini dapat dicapai dengan dua cara, baik mengganti bahan meskipun biaya akan dinaikkan, atau memilih material AISI 4140 Alloy Steel dengan nilai yield strength lebih tinggi

Tidak ada nilai stress, strain dan deformation yang menunjukkan nilai signifikan yang mempengaruhi desain gate valve 2 9/16 working pressure 3.000 psi. Penggunaan metode Finite Element Analysis, merupakan metode yang baik digunakan untuk memastikan kekuatan valve setelah hasil perancangan selesai dilakukan. Ini bertujuan untuk meminimalisir kegagalan pada saat katup selesai diproduksi.

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah bagaimana memastikan kekuatan valve pada kondisi fully close dan kekuatan flange yang berfungsi sebagai penyambung pada valve saat digunakan pada sistem perpipaan terutama untuk industri minyak dan gas.

## Daftar Pustaka

- [1] Sumit Dharmarao, 2014. Stress Analisis of Gate Valve by Ansys. India.
- [2] Peng Liu, Yonghong Liu, Zhiqian Huang, Baoping Cai, 2019. Design optimization for subsea gate valve based on combined analyses of fluid characteristics and sensitivity. China.
- [3] D. Battini, G. Donzella, A. Avanzini, A. Zenoni, 2018. Experimental testing and numerical simulations for life prediction of gate valve O-rings exposed to mixed neutron and gamma fields. Italy.
- [4] Bahram Borooghani, Ali Ashrafi, Hossein Valeh, Hossein Honarvar, 2019. Failure analysis of a gate valve bonnet at wellhead facilities in sour gas service. Iran.
- [5] Zhe Lin, Guangfei Ma, Baoling Cui, Yi Li, 2016. Influence of flashboard location on flow resistance properties and internal features of gate valve under the variable condition. China.
- [6] C. Rodak, S. Silliman, 2012. Probabilistic risk analysis and fault trees: Initial discussion of application to identification of risk at a wellhead. USA.
- [7] L. Anggraini, Fatigue Analysis pada Pegas Daun Jenis SST 74 dalam Aplikasi Industri Alat Berat dengan Pemodelan Metode Elemen Hingga. ROTASI, 20(2), 118-123, 2018.