

ANALISA *STATIC STRESS* TURBIN AIR ALIRAN PIPA DENGAN METODE CFD

Daniel Joachim¹, Fathurrahman², Silvester Lam³, M. Sobron Yamin Lubis⁴

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Tarumanagara
Email: Daniel.515190043@stu.untar.ac.id

²Program Studi Teknik Mesin, Universitas Tarumanagara
Email: fathurrahman.515190041@stu.untar.ac.id

³Program Studi Teknik Mesin, Universitas Tarumanagara
Email: silvester.515190025@stu.untar.ac.id

⁴Program Studi Teknik Mesin, Universitas Tarumanagara
Email: sobronl@ft.untar.ac.id

ABSTRACT

Turbine is a rotating machine that takes energy from a fluid flow. A water turbine is a machine that converts the potential energy of air into mechanical energy. Indonesia has many water areas such as rivers, streams, seas, and so on. Unfortunately, the development of new and renewable energy in Indonesia has not been maximized. Based on this, the team designed a turbine in a pipe called Tulipa. An innovation to exploit the potential of new and renewable energy. Tulipa utilizes the wastewater flow in the factory that is not used and then converts it back into electrical energy. The energy produced by Tulipa is 5,593 kW. The calculations in this study become the calculation of the strength of the rods and simulations. Tulipa was tested using mechanical analysis of each component. The analysis was performed using Fusion 360 software for mechanical simulation and ANSYS for CFD or Computational Fluid Dynamic simulation. Simulations were carried out to determine the value of static stress, reaction force, turbulence, velocity, pressure, and density. The compressive force used is 30N in each section with the load being evenly distributed and the fluid velocity used in the CFD is 4m/s.

Keywords: *Turbine, water turbine, renewable energy, mechanical analysis, computational fluid dynamic*

ABSTRAK

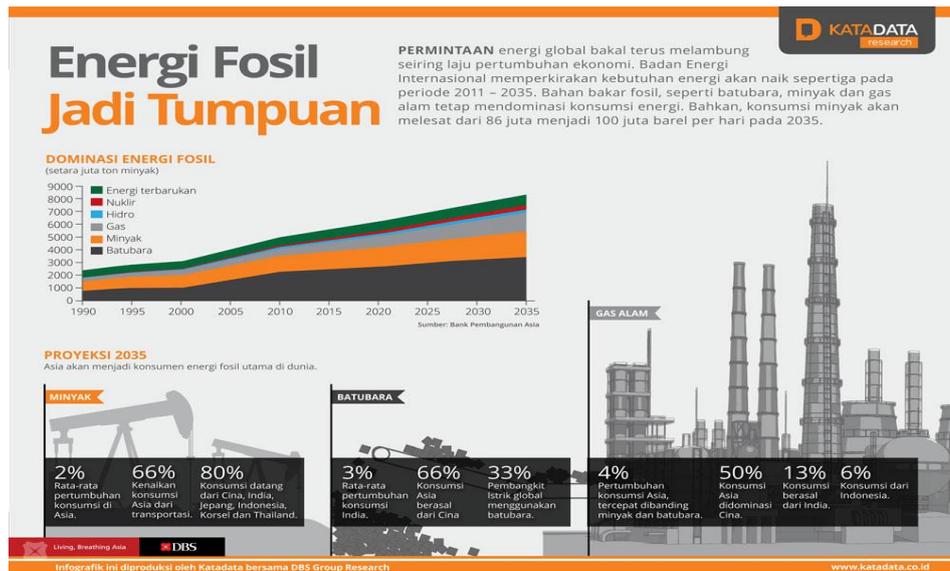
Turbin adalah mesin berputar yang mengambil energi dari aliran fluida. Turbin air adalah mesin yang mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Indonesia memiliki banyak sekali wilayah perairan seperti sungai, kali, laut, dan lain sebagainya. Sayangnya pengembangan energi baru terbarukan di Indonesia belum maksimal. Berdasarkan hal tersebut, tim merancang sebuah turbin di dalam media berupa pipa yang bernama Tulipa. Sebuah inovasi untuk memanfaatkan potensi dari energi baru terbarukan. Tulipa memanfaatkan aliran pembuangan limbah cair pada pabrik yang tidak terpakai kemudian mengubahnya kembali menjadi energi listrik. Energi yang dihasilkan Tulipa sebesar 5.593 kW. Perhitungan pada penelitian ini dibagi menjadi perhitungan kekuatan rangka batang dan simulasi. Tulipa diuji dengan menggunakan analisa mekanikal dari masing-masing komponen. Analisa dilakukan menggunakan *Software Fusion 360* untuk simulasi mekanikal dan ANSYS untuk simulasi CFD atau *Computational Fluid Dynamic*. Simulasi dilakukan untuk mengetahui nilai *static stress, reaction force, turbulency, velocity, pressure*, dan *density*. Gaya tekan yang digunakan adalah 30N pada tiap bagian dengan beban terdistribusi secara merata dan kecepatan fluida yang digunakan pada CFD adalah 4m/s.

Kata Kunci: *Turbin, turbin air, energi baru terbarukan, analisis mekanikal, computational fluid dynamic.*

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sebuah energi tidak akan pernah habis, karena pada dasarnya energy adalah kekal (hukum kekekalan energy). Namun seiring perkembangan energi, banyak sekali kegiatan yang memerlukan energy. Energi pada saat sekarang ini semakin berkurang akibat penggunaan energi fosil secara berlebihan disemua bidang, salah satunya dibidang pembangkit listrik. Berikut adalah data penggunaan bahan bakar fosil di Indonesia.



Gambar 1. Data Energy Fosil sebagai Tumpuan Energy Global (Arifin, 2015)

Pada Gambar 1.1 menunjukkan bahwa kebutuhan energi fosil terus meningkat setiap tahunnya. Menurut Arifin Tasrif, energi fosil akan habis dalam kurun waktu sembilan tahun. Salah satu sumber energi yang masih kurang dipergunakan dengan baik adalah energi dari arus air walaupun di Indonesia sudah banyak ditemukannya seperti turbin air, tapi turbin air tersebut masih belum mampu menjadi tumpuan sebagai pengganti energi fosil. Indonesia adalah negara agraris dengan potensi sumber daya air terbesar ke 5 di dunia. Menurut Djoko Kimrmanto, potensi sumber daya air yang sangat melimpah dengan jumlah total sekitar 3.200 miliar m³/tahun (Limbrata, 2013).

Penggunaan energy fosil di Indonesia telah sampai pada tahap dimana energy tersebut benar benar dibutuhkan. Tentu energy fosil memang dibutuhkan, namun energy tersebut tidak bersifat permanen. Sumber daya alam yang berupa sisa sisa fosil yang berada di Indonesia pasti akan habis pada masanya. Berdasarkan hal ini, diperlukan adanya energi terbarukan guna mengurangi penggunaan energy fosil yang bersifat tidak permanen. Konsep penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah cair agar tidak langsung terbuang, namun dapat digunakan untuk hal yang lainnya.

Pembangkit listrik tenaga air ini menjadi salah satu pilihan dalam memanfaatkan sumber energi terbarukan. Oleh karena itu diputuskan untuk merancang sebuah turbin aliran air pada sebuah pipa yang kami sebut dengan turbin pipa. Turbin pipa adalah sebuah turbin yang dirancang untuk memanfaatkan aliran fluida yang terdapat disebuah pipa. Turbin ini bekerja dengan cara menggunakan arus air yang nantinya sebuah blade dalam pipa akan berputar akibat energy kinetic, energy potensial, dan juga tekanan dari air yang akan diubah menjadi energy mekanik dalam bentuk putaran poros. Putaran poros ini nantinya akan diubah oleh generator menjadi tenaga listrik. Turbin pipa ini akan kami gunakan di pipa pembuangan limbah, yang mana akan selalu mengalir dengan deras dan tanpa henti. Berdasarkan uraian diatas maka akan dilakukan pengembangan terhadap turbin aliran air di dalam pipa sebagai pembangkit listrik tenaga air.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen. Simulasi menggunakan aplikasi Fusion 360. Penelitian ini dilakukan dengan memvariabelkan pembebanan statis pada tiap komponen turbin. Pembebanan dibuat sebesar 30N yang didapatkan dari beban x gravitasi. Pembebanan diasumsikan terjadi secara merata keseluruhan bagian dengan, sehingga akan didapatkan nilai ketahanan beban dan letak pembebanan pada masing-masing komponen turbin.

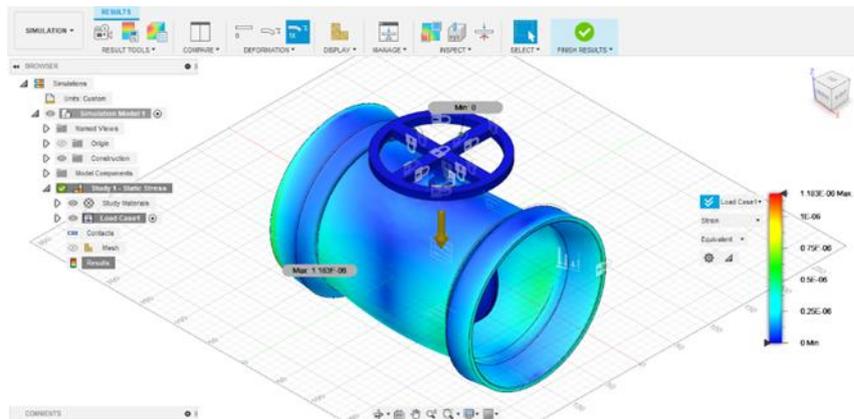
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk memastikan perancangan turbin berjalan sesuai perhitungan yang telah dilakukan pada penelitian ini, dilakukan simulasi *static stress* untuk mendapatkan hasil komputasi yang lebih optimal dan data yang benar dengan komputer.

Berikut adalah hasil dari simulasi *static stress* pada setiap bagian Turbin Air Aliran Pipa:

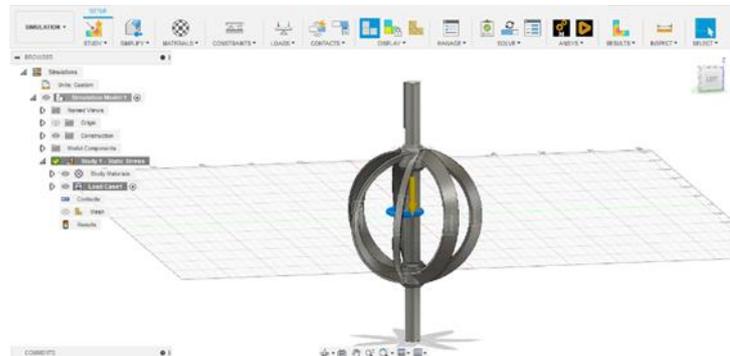
1. Pipa

Pada turbin air aliran pipa didalamnya akan dialirkan fluida baik panas, maupun dingin. Oleh karena itu dibuat *static stress analysis* yang mana merupakan cara perhitungan tegangan pada pipa yang diakibatkan oleh beban statis dan beban dinamis didalam maupun diluar pipa. Berikut adalah *static stress* pada pipa.

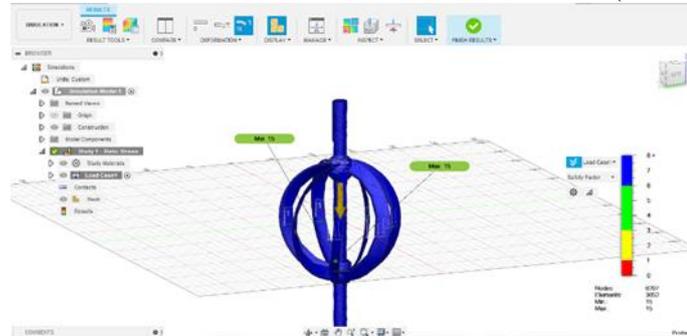


Gambar 3. Simulasi *Static Stress* Pipa

2. Sudu dan Poros

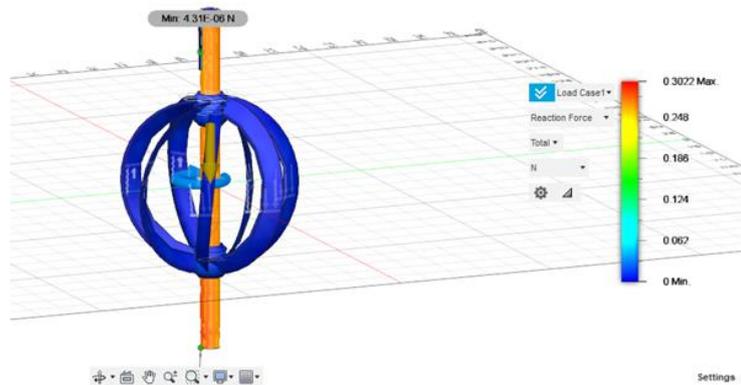


Gambar 4. Simulasi *Static Stress* Sudu dan Poros (sebelum)



Gambar 5. Simulasi *Static Stress* Sudu dan Poros (sesudah)

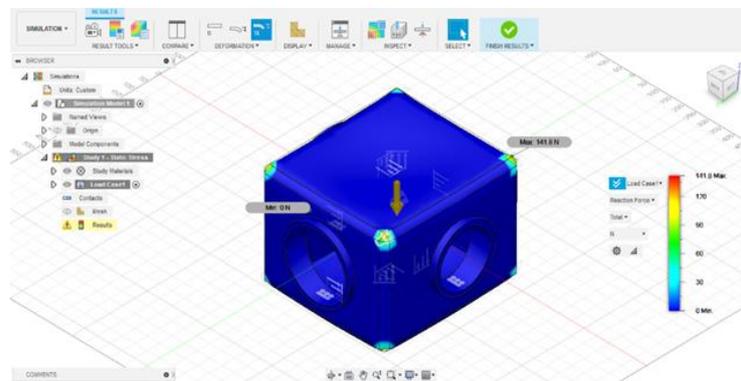
Dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5 sebelum dan sesudah uji statis. Pada sudu dan poros (kanan) pembebanan dilakukan dengan gaya 30 N (beban x gravitasi) ke arah bawah, asumsi beban terdistribusi merata kesetiap bagian.



Gambar 6. Hasil Simulasi *Static Stress* Sudu dan Poros

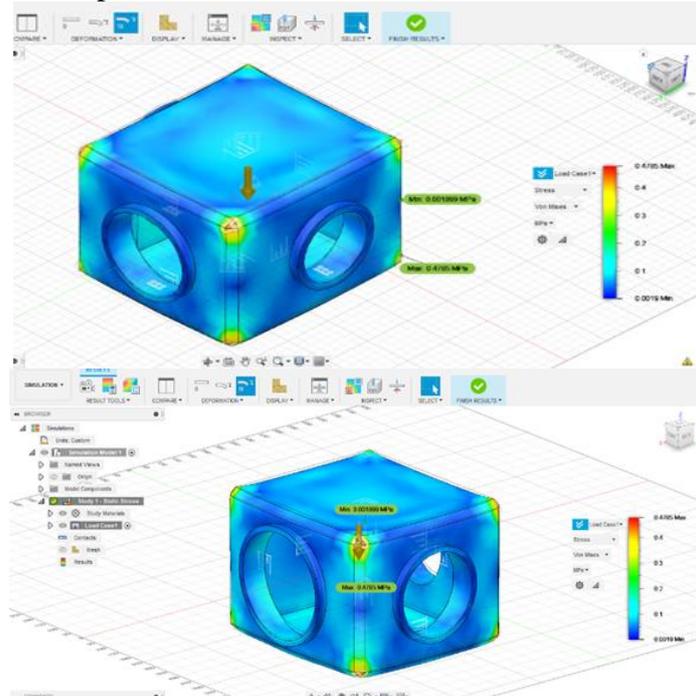
Setelah diuji, ditemukan bahwa pembebanan statis terdapat pada poros yang berfungsi untuk mentransmisikan putaran yang dihasilkan sudu. Data yang didapatkan adalah poros mampu menahan gaya reaksi sebesar 0.3100 N.

3. Connector



Gambar 7. Hasil Simulasi *Static Stress Connector* (1)

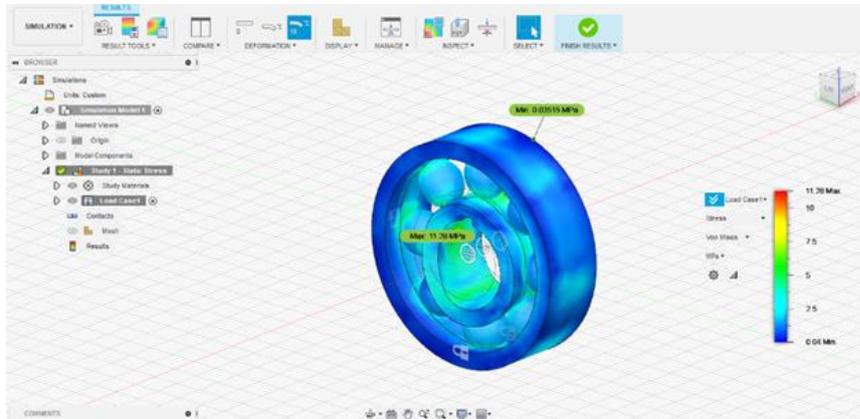
Dapat dilihat pada gambar di atas bahwa pembebanan pada connector terdapat pada ujung-ujung sudut. Tiap sudut dapat menahan tekanan reaksi mulai dari 0-141.8N.



Gambar 8. Hasil Simulasi *Static Stress Connector* (2)

Berdasarkan hasil simulasi pada Gambar 8, Connector mampu menahan beban statis mulai dari 0.001899MPa – 0.4785MPa dengan tiap ujung sudut yang menerima beban paling tinggi.

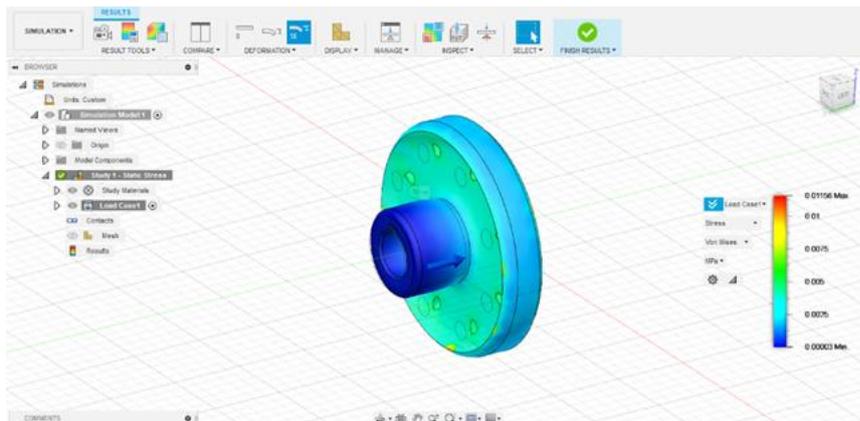
4. *Bearing*



Gambar 9. Hasil Simulasi *Static Stress Bearing*

Berdasarkan hasil simulasi, bearing mampu menahan beban statis mulai dari 0.3515MPa hingga 11.28 MPa. Dengan pusat pembebanan pada diameter dalam.

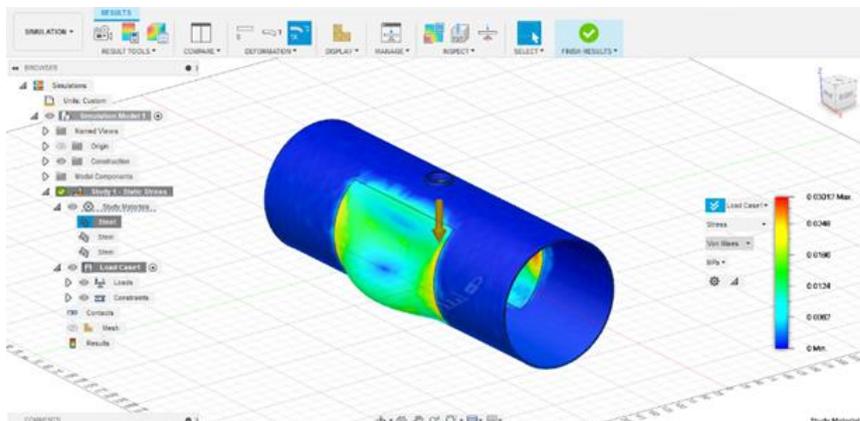
5. *Kopling*



Gambar 10. Hasil Simulasi *Static Stress Kopling*

Berdasarkan hasil simulasi, kopling dapat menahan tekanan mulai dari 0.00003 MPa hingga 0.01156 MPa. Dengan pembebanan terkecil pada *hub splines*.

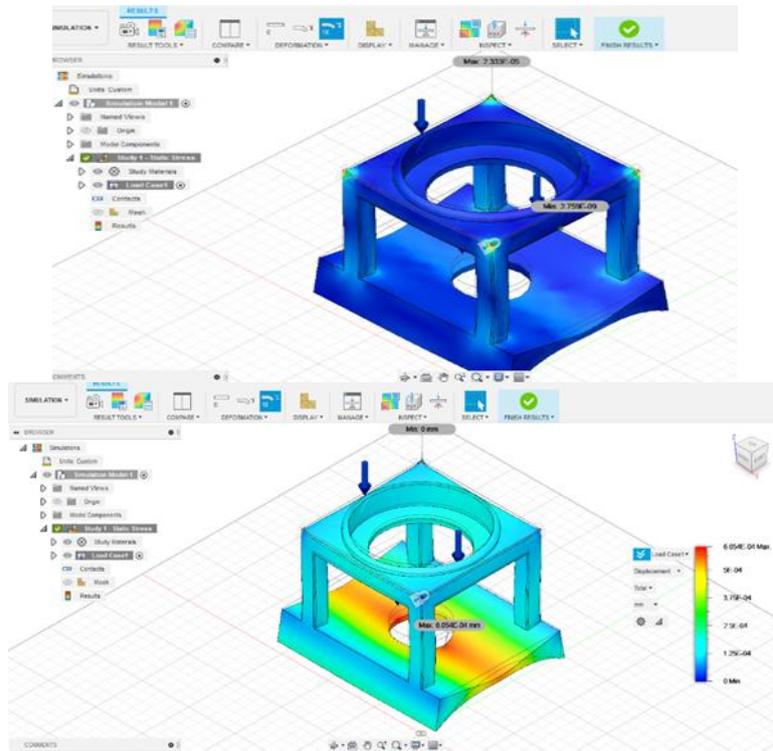
6. *Pipa Output*



Gambar 11. Hasil Simulasi *Static Stress Pipa Output*

Berdasarkan hasil simulasi, pipa *output* dapat menahan tekanan mulai dari 0 MPa hingga 0.03012 MPa. Dengan tekanan terkecil ada pada diameter luar pipa.

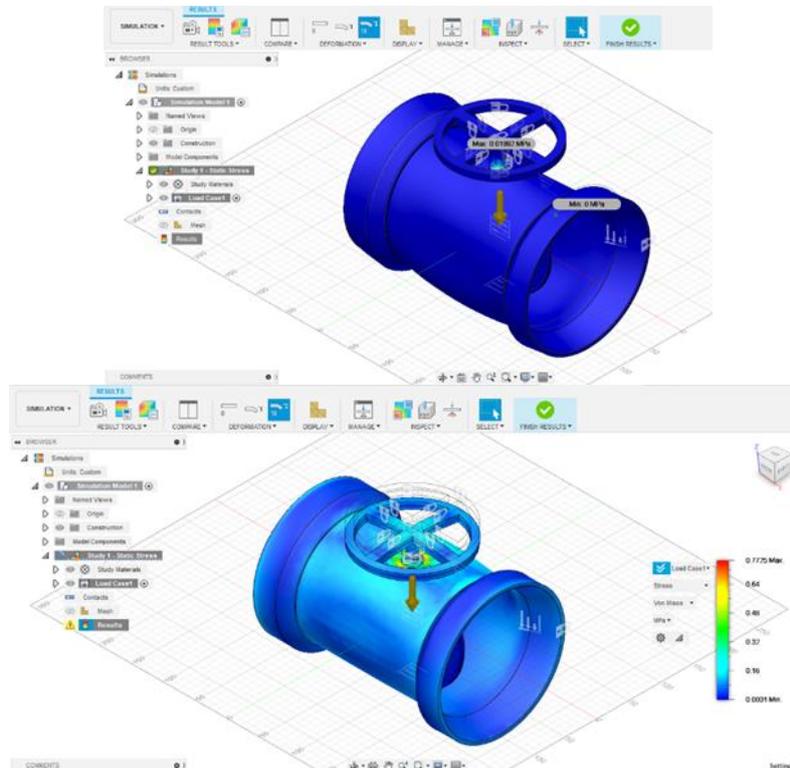
7. Dudukan Generator



Gambar 12. Hasil Simulasi *Static Stress* Dudukan Generator

Gambar diatas menunjukkan bahwa sudut-sudut dudukan adalah bagian yang mampu menahan beban statis terbaik. Penyebaran beban statis berada pada bagian bawah dudukan yang berwarna kuning kemerahan dimana bagian tersebut bersentuhan langsung dengan pipa *output*.

8. Stop Kran



Gambar 13. Hasil Simulasi *Static Stress* Stop Kran

Berdasarkan hasil simulasi, didapatkan bahwa stop kran mampu menahan beban statis mulai dari 0 MPa hingga 0.01892 Mpa. Dengan pembebanan berpusat di *valve*.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan

Pada turbin air aliran pipa didalamnya akan dialirkan fluida baik panas, maupun dingin. Oleh karena itu dibuat *static stress analysis* yang mana merupakan cara perhitungan tegangan/*stress* pada pipa yang diakibatkan oleh beban statis dan beban dinamis didalam maupun diluar pipa. Komponen yang dapat menahan beban statis terbesar adalah bearing dengan nilai ketahanan hingga 11.28 MPa disusul dengan dudukan generator dengan ketahanan hingga 3.338 MPa. Komponen dengan ketahanan beban statis terendah adalah kopling yang mana hanya mampu menahan beban sebesar 0.01156 MPa.

Ucapan Terima Kasih (*Acknowledgement*)

Terimakasih kepada Allah atas rahmat dan bimbingannya dalam memberikan tim penulis untuk menyelesaikan penelitian ini. Terimakasih banyak kepada Departemen Teknik Mesin atas naungan dalam menyediakan kebutuhan penelitian ini. Aperiaasi khusus kepada Universitas Tarumanagara karena telah mengijinkan tim untuk publikasi dan kolaborasi yang saling mendukung.

REFERENSI

- Arifin Tasrif, 2015, Energi Fosil Jadi Tumpuan, Kata Data, dilihat 14 November 2021, <<https://katadata.co.id/arsip/infografik/5e9a5705e8380/energi-fosil-jadi-tumpuan/>>.
- Libratama.com, 2013, Apa Itu Generator?, Libratama.com, dilihat 14 November 2021, <<http://libratama.com/apa-itu-generator/>>
- Zabadi, F 2020, Fungsi lubang cakram yang misterius, Belipart, dilihat 14 November 2021, <<https://www.belipart.com/blog/fungsi-lubang-cakram-yang-misterius/>>.
- Libratama.com. (2013). Apa Itu Generator? | Libratama.com. [online] Available at: <http://libratama.com/apa-itu-generator/> [Accessed 12 Aug. 2021].
- <https://journal.ppns.ac.id/index.php/CPEAA/article/download/382/339/>
- https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/34/004/34004096.pdf
- <https://jist.publikasiindonesia.id/index.php/jist/article/view/168/347>
- <http://libratama.com/apa-itu-generator/> [Accessed 12 Aug. 2021].
- <https://repository.unsri.ac.id/5247/>
- <http://www.pelatihanmigas.com/paket-kursus/mechanical-piping-engineering/pipe-stress-analysis-with-caesar-ii-static%E2%80%8E>

(halaman kosong)