

## Analisis Tegangan Support pada Pipa Exhaust Main Engine

Sebrina Sidqi Shavira <sup>1\*</sup>, Fipka Bisono <sup>2</sup>, Budianto <sup>3</sup>

Teknik Desain dan Manufaktur, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1\*</sup>  
Teknik Desain dan Manufaktur, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>2</sup>  
Teknik Bangunan Kapal, Teknik Desain dan Konstruksi Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>3</sup>  
Email: Sebrinashavira@gmail.com<sup>1</sup>

---

**Abstract** – The KRSB ship is a hospital ship made by one of the shipping manufacturing companies in Surabaya. On the ship there is a main engine that has an exhaust system. The exhaust system consists of several components, one of which is the exhaust pipe. The exhaust pipe will be subjected to vibration due to resonance from the main engine. So it is necessary to design a support for the exhaust pipe that is strong and not deformed to support all types of loading. An analysis of the stresses acting on the supports was performed using the Fusion 360 student version software. In this study, we obtained a design drawing that can be used as an alternative in installing supports on the exhaust pipe. In this study, 3 variations of the strut installation were selected. The first concept are choosen, which consists of 9 supports, it has the highest score in the Ulrich concept assessment. Safety factor value is 2.87, capable of receiving a voltage of 60.66 MPa.

**Keyword:** Exhaust pipe, Frequency, Support, Safety factor, Stress

---

### 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terdiri dari beberapa pulau, baik pulau besar maupun pulau kecil. Tercatat pada tahun 2020 jumlah pulau di Indonesia adalah 16.771. Indonesia memiliki kewajiban untuk membangun kekuatan pertahanan dan keamanan maritim sehingga dapat meningkatkan potensi maritim untuk mencapai pemerataan ekonomi bagi Indonesia.

Terdapat salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang manufaktur maritim yang telah memproduksi berbagai jenis kapal. Salah satu jenis kapal yang diproduksi adalah kapal yang merupakan jenis kapal rumah sakit. Kapal ini difungsikan sebagai rumah sakit terapung dengan fasilitas poliklinik, unit gawat darurat, fasilitas operasi, ruang rawat inap dan beberapa fasilitas Kesehatan lainnya. Kapal ini juga difungsikan untuk bantuan kemanusiaan, bencana alam, transportasi logistik, pencarian dan penyelamatan, serta evakuasi massal.

Pada ruang mesin kapal terdapat *Main Engine* (ME) yang terhubung dengan sistem pembuangan atau *Exhaust system*. Sistem pembuangan dihubungkan dengan pipa – pipa yang bertujuan untuk menyeimbangkan kerja mesin utama. Sistem pembuangan merupakan salah satu bagian dari mesin diesel yang berguna untuk menyalurkan gas buang.

Pipa – pipa pembuangan ditopang oleh sistem penopang yang harus didesain dengan baik agar mencegah kerusakan pada pipa yang disebabkan oleh segala jenis beban dan adanya resonansi dari mesin utama sekaligus mengoptimalkan penggunaan penumpu yang terlalu banyak. Pada pembangunan kapal sebelumnya ditemukan kesalahan atau kekurangan desain pada bagian penopang pipa

pembuangan yang menyebabkan terjadinya resonansi pada penopang pipa. Ketika terjadi resonansi, amplitudo getaran dan tegangan dinamis akan besar yang lama-kelamaan dapat menimbulkan kelelahan (*fatigue*). Setelah berjalan sejumlah *cycle* bisa terjadi retakan hingga munculnya perambatan retak sampai akhirnya akan terjadi patah atau kegagalan struktur.

Berdasarkan uraian diatas, penulis ingin melakukan kajian desain untuk menentukan jumlah dan peletakan penopang pipa yang tepat agar menjaga fungsi sistem perpipaan pada sistem pembuangan berada dalam kondisi aman. Digunakan software Fusion 360 student version untuk mengetahui *allowable stress* pada penopang pipa.

### 2. METODOLOGI

#### 2.1 Penopang Pipa

Dalam sebuah sistem perpipaan, penopang merupakan komponen penting yang digunakan untuk menahan atau memegang sistem perpipaan sehingga dapat menahan berat pada sistem perpipaan. Tempat diletakkannya penopang harus memperhatikan pergerakan sistem perpipaan terhadap profil pembebanan penopang tersebut harus menyangga dan menahan keseluruhan berat sistem perpipaan termasuk didalam pipa, Insulasi, fluida yang terdapat dalam pipa, komponen, dan berat penopang itu sendiri.

Sebagai metode dalam memperkiraan tegangan yang terjadi pada pipa dan berat penyangga terhadap berat yaitu dengan memodelkan pipa sebagai batang yang mempunyai beban terbagi rata pada panjangnya. Pada pipa *critical line*, penentuan letak penyangga ditentukan dari analisis menggunakan *software* komputer. Peletakkan penopang harus memperhatikan letak pipa yang terdapat pada



H	a. Letak penopang tidak mengganggu operasional kapal	Tim Desain
H	b. Desain sederhana dan mudah dipasang	Tim Desain
2. Hasil analisis		
S	a. Safety factor memenuhi	Tim Desain
S	b. Nilai displacement kecil	Tim Desain
S	c. Nilai maksimum stress memenuhi	Tim Desain
S	d. Nilai strain kecil	Tim Desain
S	e. Tidak terjadi resonansi	Tim Desain
3. Biaya		
S	a. Biaya produksi relative lebih murah	Tim Desain dan Tim manufaktur

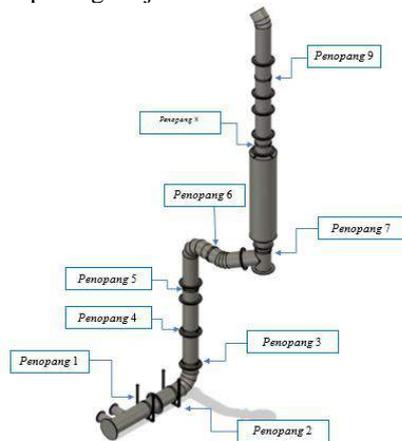
Ket:  
 S = Syarat  
 H = Harapan

### 3.3 Perencanaan Konsep

Dalam pemilihan konsep penulis menggunakan 3 konsep yang berbeda. Parameter yang diperlukan dalam mendesain perencanaan penopang yakni perancangan penopang dilakukan sesuai dengan data tegangan ijin yang dibutuhkan. Penopang harus memenuhi data yang sudah dihitung sehingga perancangan penopang dapat dikatakan sesuai kriteria.

#### a. Konsep I

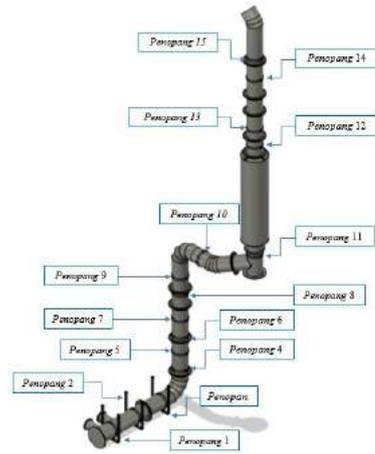
Pada konsep 1 penopang diletakkan masing masing satu buah pada setiap *deck*. Namun, untuk *deck* 1 diberikan 2 buah karena letaknya yang berdekatan dengan mesin utama sehingga menerima gaya lebih besar. Sehingga penopang yang terpasang berjumlah 9 buah.



Gambar 2. Konsep desain I

#### b. Konsep II

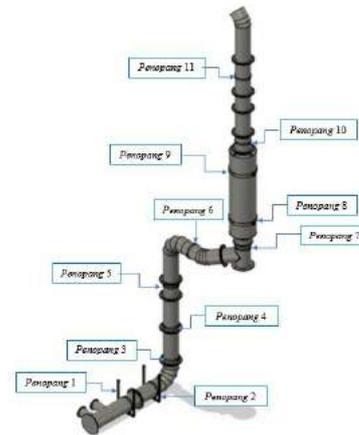
Pada konsep 2 penulis menambahkan masing masing 1 penopang pada setiap *deck*, sehingga penopang yang terpasang pada setiap *deck* berjumlah 2 buah. Namun pada pipa yang berada di dekat mesin utama diberikan 3 buah. Sehingga total penopang berjumlah 15 buah.



Gambar 3. Konsep desain II

#### c. Konsep III

Pada konsep 3 penulis menggunakan kembali konsep yang hampir sama dengan konsep 1 namun dengan menambahkan 2 buah penopang pada silencer. Sehingga jumlah penopang yang terpasang berjumlah 11 buah.



Gambar 4. Konsep desain III

### 3.4 Analisa Tegangan dengan Software Fusion 360

Pada perancangan penopang dibutuhkan kekuatan secara fisik maupun analisa dengan menggunakan aplikasi analisis yang berbasis komputer. Sehingga menentukan keakuratan dan menjadi masukan supaya penopang lebih baik dalam pembuatannya. Analisa bertujuan supaya produk yang ingin dibuat teruji, sesuai kegunaan hingga terjamin kekuatannya. Untuk mencari besar *actual Stress* pada penopang menggunakan bantuan Fusion 360 dengan menggunakan satu beban, yaitu memanfaatkan beban gravitasi.

#### 1. Pemodelan Penopang

Ukuran dari model penopang dibuat berdasarkan ukuran standar profil yang ada di pasaran dan dengan menyesuaikan ukuran pipa yang akan dipasangkan penopang. Berikut

merupakan gambar Penopang seperti yang ditunjukkan pada gambar 5 dan 6 dibawah.



Gambar 5. Clamp support



Gambar 6. Resting support with clamp

## 2. Material

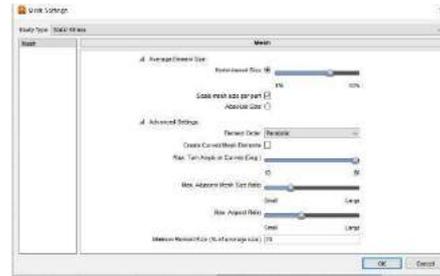
Pada analisa penopang menggunakan material baja ASTM A36 dengan *mechanical properties yield strength* sebesar 250 MPa dan tensile strength sebesar 400 Mpa. Berikut merupakan gambar spesifikasi material bisa dilihat pada gambar 7.



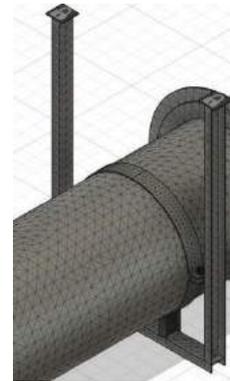
Gambar 7. Material properties

## 3. Meshing

Meshing adalah memecah domain atau daerah perhitungan menjadi beberapa daerah – daerah kecil yang disebut dengan *grid*, *mesh* atau *cell*. Semakin kecil daerah pada struktur semakin halus pembacaan pembebanan gaya yang terjadi pada struktur tersebut. Pada penelitian ini penulis menggunakan pengaturan *meshing* yang sama pada setiap model dan setiap *study analysis*. Untuk ukuran elemen meshing pada struktur penopang dan pipa yakni sebesar 7% dari dimensi aslinya dan untuk tipe meshing menggunakan tipe tetrahedra. Berikut dialog box untuk pengaturan meshing dan tampilan penopang pipa setelah dilakukan meshing seperti yang ditunjukkan pada gambar 8 dan 9.



Gambar 8. Tampilan pengaturan meshing



Gambar 9. Tampilan setelah meshing

Pada konsep 1 dihasilkan 637.745 partikel meshing, sedangkan pada konsep 2 dihasilkan 758.153 partikel meshing, dan pada konsep 3 dihasilkan 710.597 partikel meshing.

## 4. Constraint

Setelah melakukan proses meshing, langkah selanjutnya yakni menentukan tumpuan *fixed/constraints* pada posisi bagian samping *clamp* yang akan dijepitkan pada dek kapal. Berikut merupakan gambar peletakan posisi *constraints* yang dapat dilihat pada gambar 10 dan 11.



Gambar 10. Posisi constrain I



Gambar 11. Posisi constrain II

Pembebanan yang terjadi disebabkan karena berat pipa itu sendiri yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi sehingga dalam penentuan bebannya

cukup menggunakan beban gravitasi saja. Posisi pembebanan dan *constrain* pada setiap konsep desain adalah sama karena jenis penopang yang digunakan pada tiap konsep juga sama, hanya jumlahnya saja yang berbeda. Setelah melakukan pembebanan pada penopang dan pipa. Tahapan akhir dari proses analisa akan menunjukkan hasil analisa *safety factor* dan *principle stress*.

**5. Hasil Simulasi**

Berikut merupakan gambar hasil dari analisis perancangan konsep pertama desain penopang pada pipa pembuang mesin utama Kapal Bantu Rumah Sakit.

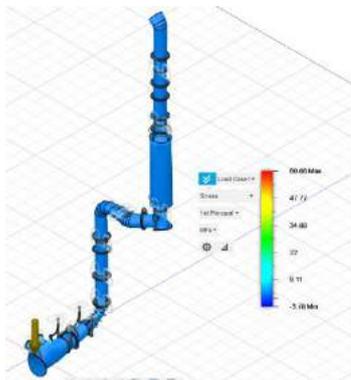
**a. Konsep I**

Dari hasil analisa didapatkan *safety factor* sebesar 2.837 seperti yang ditunjukkan gambar 12. hasil analisis minimum *safety factor* yang menunjukkan nilai 2.837 berarti masih memenuhi *minimum safety factor* yaitu senilai 2 sf.



Gambar 12. Safety factor konsep I

Berikut merupakan gambar hasil dari analisa *stress Penopang* konsep 1 yang dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Analisis stress konsep I

Didapatkan hasil analisa *stress* sebesar 60.66  
 Tegangan ijin :

$$sw = \frac{sm}{fs}$$

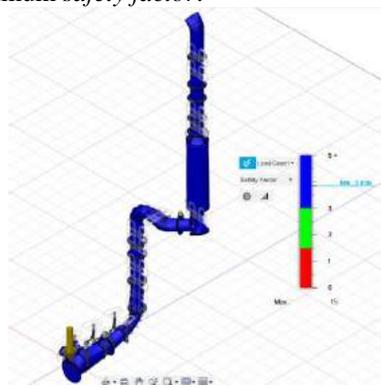
$$sw = \frac{250}{2}$$

$$sw = 125$$

Nilai tegangan izin yaitu 125 MPa. Terlihat jika nilai *stress* tidak melebihi dari tegangan izin, itu artinya desain konsep masih memenuhi tegangan izin.

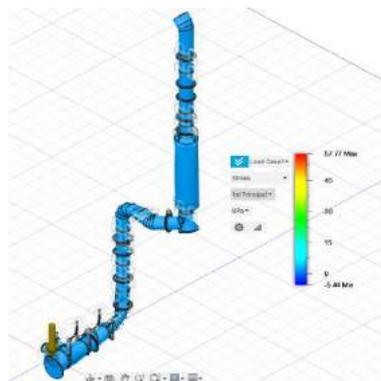
**b. Konsep II**

Dari hasil analisa didapatkan *safety factor* sebesar 3.836 seperti yang ditunjukkan gambar 14. Hasil analisis minimum *safety factor* yang menunjukkan nilai 3.836 berarti masih memenuhi minimum *safety factor* yaitu senilai 2 sf. Jika dibandingkan dengan konsep desain 1 , maka nilai sf pada konsep 2 lebih tinggi dari konsep desain 1 meskipun keduanya sama sama memenuhi minimum *safety factor*.



Gambar 14. Safety factor konsep II

Berikut merupakan gambar hasil dari analisa *stress Penopang* konsep 2 yang dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15. Analisis stress konsep II

Didapatkan hasil analisa *stress* sebesar 57,77  
 Mpa.

Tegangan ijin :

$$sw = \frac{sm}{fs}$$

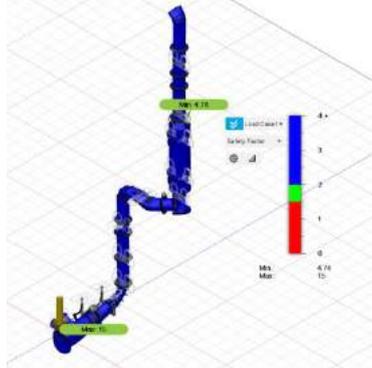
$$sw = \frac{250}{2}$$

$$sw = 125$$

Tegangan ijin bernilai 125 MPa sedangkan hasil analisis stress menunjukkan nilai 57.77 MPa, itu berarti untuk konsep ke 2 masih memenuhi *allowable stress* yang sudah ditentukan.

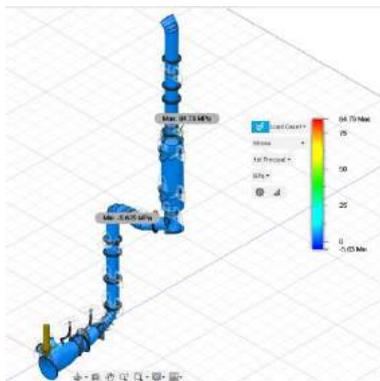
c. Konsep III

Dari hasil analisa didapatkan safety factor sebesar 4.74 seperti yang ditunjukkan gambar 16. Hasil analisis minimum *safety factor* yang menunjukkan nilai 4.74 berarti masih memenuhi nilai minimum *safety factor* yaitu senilai 2 sf.



Gambar 16. Safety factor konsep III

Berikut merupakan gambar hasil dari analisa stress Penopang konsep 3 yang dapat dilihat pada gambar 17.



Gambar 17. Analisis stress konsep III

Didapatkan hasil analisa stress sebesar 84,79 Mpa Tegangan ijin :

$$sw = \frac{sm}{fs}$$

$$sw = \frac{250}{2}$$

$$sw = 125$$

Nilai tegangan ijin yaitu 125 MPa sehingga untuk model ke 3 masih memenuhi tegangan ijin.

6. Perbandingan Hasil Analisa Penopang dan Pipa

Tabel 2: Perbandingan analisa

No	Penopang	Strain	Stress
1	konsep 1	4,26E-01	60,66
2	konsep 2	3,71E-04	57,77

3	konsep 3	4,84E-04	84,79
---	----------	----------	-------

Pada tabel 2 diatas menunjukkan perbandingan dari hasil analisa dari penopang pipa konsep 1, penopang pipa konsep 2, dan penopang pipa konsep 3 yang telah memenuhi kriteria desain agar dapat beroperasi. Berdasarkan simulasi yang dilakukan pada penopang pipa konsep 1 didapatkan hasil *safety factor* sebesar 2,87 dan *stress* 60,66 MPa. Pada penopang pipa konsep 2 didapatkan hasil *safety factor* sebesar 3,84 dan *stress* 57,77 MPa. Pada penopang pipa konsep 3 didapatkan hasil *safety factor* sebesar 4,74 dan *stress* 84,79 MPa.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan bahwa pada penopang pipa konsep 1 didapatkan hasil *safety factor* sebesar 2,87 dan nilai *stress* 60,66 Mpa. Pada penopang pipa konsep 2 didapatkan hasil *safety factor* sebesar 3,84 dan nilai *stress* 57,77 Mpa. Pada penopang pipa konsep 3 didapatkan hasil *safety factor* sebesar 4,74 dan nilai *stress* 84,79 Mpa. Dilihat dari tabel 2, bahwa hasil analisa *stress* tertinggi terdapat pada penopang pipa konsep 3, dan terendah pada penopang pipa konsep 2.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat berjalan dengan lancar tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, peneliti mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing dan teman-teman yang telah membantu penulis dalam pengerjaan penelitian ini.

7. PUSTAKA

[1] Batan I. (2012). **Desain Produk**, Surabaya: Ini Karya Guna

[2] Husodo W. A, Ari. M, Hardiyanti F (2018). **Modul Ajar Mekanika Teknik**, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

[3] Nayyar, M. (2000). **Piping Handbook**. New York: McGraw-Hill

[4] Pridyatama, P. A. (2014). **Analisa Rancangan Pipe Support pada Sistem Perpipaan High Pressure Vent Berdasarkan Stress Analysis dengan Pendekatan Caesar II**. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.

[5] Smith, Paul R dan Van Laan, Thomas J. (1987). **Piping and Pipe Support System**, New York: McGraw Hill Book Companies Inc.

- [6] Ulrich.K.T dan Eppinger.S.D. (2001).  
**Product Design and Development.**  
Singapore : Mc-Graw Hill Book Co.