

**Perancangan dan Analisis Mesin *Dust Collector* pada *Chemical Clay* di PT XYZ*****Design and Analysis of Dust Collector Machines for Chemical Clay at PT XYZ*****Andhy Rinanto<sup>1,a)</sup>, Titus Farrel Indra Putra<sup>2</sup>, Adhi Setya Hutama<sup>3</sup>**<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin Industri, Fakultas Teknik, Politeknik ATMI Surakarta<sup>2</sup>Program Studi Rekayasa Teknologi Manufaktur, Fakultas Teknik, Politeknik ATMI Surakarta<sup>3</sup>Program Studi Perancangan Manufaktur, Fakultas Teknik, Politeknik ATMI Surakarta<sup>a)</sup>Corresponding author: andhy.rinanto@atmi.ac.id,**Abstrak**

*Dust Collector* merupakan salah satu alat penyedot debu yang berfungsi untuk memisahkan partikel padat dengan gas maupun cairan. Alat ini bekerja dengan menghisap debu yang beterbangan selama proses *loading chemical* ke dalam *hopper*. Permasalahan utama adalah adanya *Dust Collector* yang sudah terpasang, namun masih terdapat partikel *chemical* yang tersebar di ruangan. Penelitian ini merancang *Dust Collector* baru dengan metode VDI 2222 dan menganalisisnya menggunakan *software Solidworks*. Hasil rancangan berupa *Dust Collector* berukuran 2600 mm × 2200 mm × 2200 mm dengan *high-efficiency cyclone* dan debit *blower* 0,306 m<sup>3</sup>/s. Hasil pengujian simulasi menunjukkan efisiensi penangkapan debu mencapai 95% untuk partikel berukuran 10-50µm, serta tegangan maksimal pada rangka sebesar 154,98 kN/m<sup>2</sup>, yang masih di bawah batas luluh material (250 kN/m<sup>2</sup>). Desain ini juga terbukti ekonomis dengan biaya produksi 20% lebih rendah dibandingkan alternatif lainnya.

**Kata Kunci:** *dust collector*; *high-efficiency cyclone*; efisiensi penangkapan debu; analisis FEA; VDI 2222

**Abstract**

The *Dust Collector* is a device designed to separate solid particles from gases or liquids. It operates by suctioning airborne *Dust* during the *chemical loading process* into the *hopper*. The main issue is that the existing *Dust Collector* still allows *chemical particles* to disperse in the workspace. This study designs a new *Dust Collector* using the VDI 2222 method and analyzes it using *Solidworks software*. The resulting design features dimensions of 2600 mm × 2200 mm × 2200 mm, equipped with a *high-efficiency cyclone* and a *blower capacity* of 0.306 m<sup>3</sup>/s. Simulation tests demonstrate a *Dust capture efficiency* of 95% for particles sized 10-50µm, with maximum structural stress of 154.98 kN/m<sup>2</sup>—well below the material's yield strength (250 kN/m<sup>2</sup>). The design is also cost-effective, reducing production costs by 20% compared to alternatives.

**Keywords:** *dust collector*; *high-efficiency cyclone*; dust capture efficiency; fea analysis; VDI 2222

**PENDAHULUAN**

Kertas merupakan produk vital yang mendukung berbagai aktivitas manusia, mulai dari kemasan hingga kebutuhan sehari-hari. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS, 2022), industri kertas di Indonesia menunjukkan pertumbuhan signifikan dengan peningkatan Produk Domestik Bruto (PDB) sebesar 6,58% pada kuartal III/2022, mencapai Rp20,55 triliun. Salah satu perusahaan yang berkontribusi dalam industri

ini adalah PT XYZ, yang memproduksi kertas *ivory* untuk kemasan rokok dan produk sejenis.

Proses produksi kertas di PT XYZ melibatkan beberapa tahapan, termasuk pencampuran bahan kimia seperti *starch* dan *clay* di bagian *kitchen*. Selama proses *loading chemical* ke dalam *hopper*, partikel debu kimia beterbangan di udara, menimbulkan risiko kesehatan bagi pekerja, terutama gangguan pernapasan (Bashir, 2017; Kanojiya et al., 2021).

Meskipun perusahaan telah menggunakan *Dust Collector* konvensional, efektivitasnya masih terbatas karena partikel kimia tetap tersebar di lingkungan kerja.

Hal ini sejalan dengan temuan Johansyah et al. (2021) yang menyatakan bahwa desain *Dust Collector* tradisional seringkali tidak optimal untuk menangani partikel berukuran mikro.

Dampak paparan debu kimia terhadap kesehatan telah banyak dilaporkan dalam penelitian. Menurut Theodore (2008), partikel *clay* dan *starch* yang terhirup dapat mengakibatkan iritasi saluran pernapasan hingga penyakit kronis seperti pneumoconiosis. Studi oleh Karunia et al. (2017) juga menunjukkan bahwa sistem *Dust Collector* dengan efisiensi tinggi mampu mengurangi konsentrasi debu hingga 90% di area *inDustri*. Oleh karena itu, perancangan *Dust Collector* baru dengan metode VDI 2222 dan teknologi *high-efficiency cyclone* menjadi solusi yang diusulkan untuk meminimalkan risiko tersebut (Wang & Theodore, 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Merancang *Dust Collector* yang mampu menangkap partikel kimia secara efektif selama proses *loading*.
2. Menganalisis performa sistem melalui simulasi *Finite Element Analysis* (FEA) untuk memastikan keamanan struktural.
3. Memberikan rekomendasi berbasis hasil uji efisiensi dan studi literatur terkini.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya mendukung kelancaran produksi tetapi juga meningkatkan keselamatan kerja sesuai standar *inDustri* (Cooper & Alley, 2011).

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metodologi **VDI 2222** (*Verein Deutscher Ingenieure*) sebagai kerangka kerja sistematis untuk merancang *Dust Collector*. Metode ini dipilih karena kemampuannya dalam mengintegrasikan aspek teknis, ekonomis, dan ergonomis dalam proses desain (Pahl et al., 2007). *Verein Deutsche Ingenieur* 2222 (VDI 2222) merupakan metode pendekatan sistematis terhadap desain untuk merumuskan dan mengarahkan berbagai macam metode desain yang berkembang karena adanya riset. VDI 2222 memiliki tahapan rancangan yaitu, analisis, pembuatan konsep, merancang, dan penyelesaian (Müller & Schmidt, 2022).

1. Analisis merupakan tahapan pertama proses perancangan produk untuk mengidentifikasi suatu masalah.
2. Pembuatan konsep berisi syarat-syarat teknis yang disusun dari daftar keinginan. Pembuatan konsep meliputi beberapa proses yakni, mengidentifikasi masalah esensial, menetapkan struktur fungsi, mencari prinsip solusi, menggabungkan dan menetapkan varian, dan mengevaluasi kriteria teknis serta ekonomi.
3. Merancang merupakan tahapan untuk mendesain produk dari hasil penilaian konsep.

4. Penyelesaian merupakan tahapan akhir dalam tahapan perancangan.

## Tahap Merencana

Tahap merencana melewati beberapa langkah, yaitu identifikasi masalah, pengumpulan data pendukung, dan pembuatan *Requirement List* (Tabel 1). Proses pengumpulan data dapat dilakukan dengan cara wawancara dan pengamatan secara langsung.

**Tabel 1.** *Requirement List*

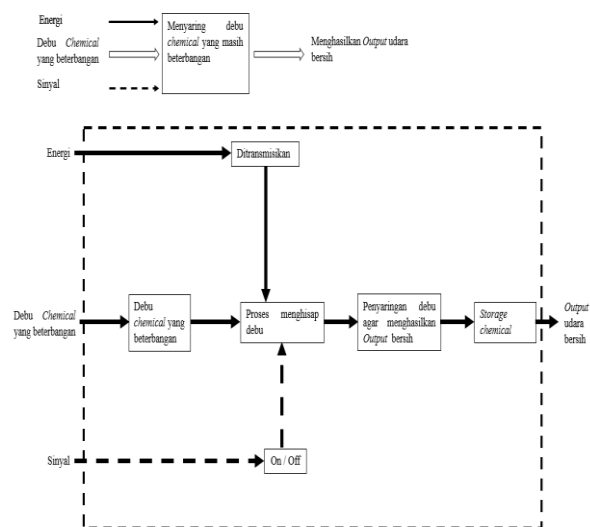
| Daftar Permintaan             |                                                         |                                                                            |            |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------|
| No.                           | Persyaratan                                             | Kuantifikasi                                                               | Keterangan |
| <b>1. Persyaratan Utama</b>   |                                                         |                                                                            |            |
| 1.1                           | Dapat mengurangi <i>chemical</i> yang masih beterbangan |                                                                            | IV         |
| 1.2                           | Ukuran Mesin                                            | -Tinggi alat tidak melebihi 2500 mm<br>-Lebar mesin tidak melebihi 2000 mm | IV         |
| <b>2. Persyaratan Minimum</b> |                                                         |                                                                            |            |
| 2.1                           | Maintenance mudah                                       |                                                                            | III        |
| 2.1                           | Mudah dioperasikan                                      |                                                                            | II         |
| 2.2                           | Tidak bising                                            |                                                                            | II         |
| 2.3                           | Material konstruksi yang kuat                           |                                                                            | III        |
| 2.4                           | Umur pakai                                              | > 5 Tahun                                                                  | IV         |
| <b>3. Harapan</b>             |                                                         |                                                                            |            |
| 3.2                           | Perakitan mudah                                         |                                                                            | II         |

Keterangan persyaratan:

- I : Tidak penting  
II : Cukup penting  
III : Penting  
IV : Sangat penting

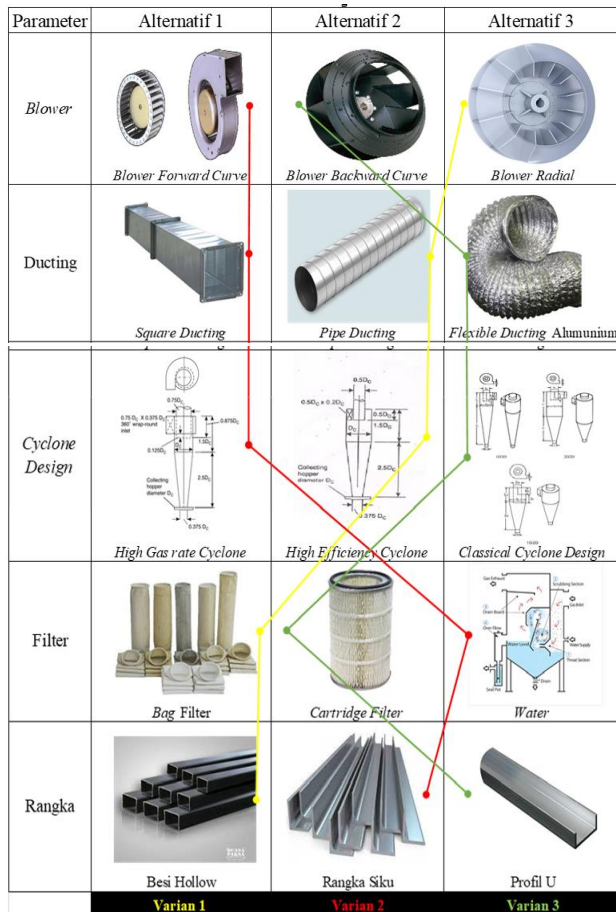
## Tahap Mengonsep

Tahap mengonsep diawali pembuatan struktur fungsi untuk mengetahui konsep dasar berproses dari suatu alat. **Gambar 1** menunjukkan proses atau alur kerja dari *Dust Collector*.



**Gambar 1.** Struktur Fungsi

Tahap selanjutnya yaitu pembuatan morfologi. Morfologi berguna untuk memberikan beberapa konsep varian dalam penelitian. **Gambar 2** adalah konsep serta varian dari alat yang akan dirancang.



Gambar 2. Morfologi

Morfologi yang dirancang memiliki 3 varian. Masing-masing dari varian dinilai dan dianalisis dengan menggunakan cara penilaian teknis dan juga ekonomis. Penilaian dilakukan dengan melibatkan responden yang sudah memiliki pengalaman dan pengetahuan di bidang desain. Tabel 2 Tabel 3 menunjukkan hasil penilaian varian.

Tabel 2. Penilaian Teknis

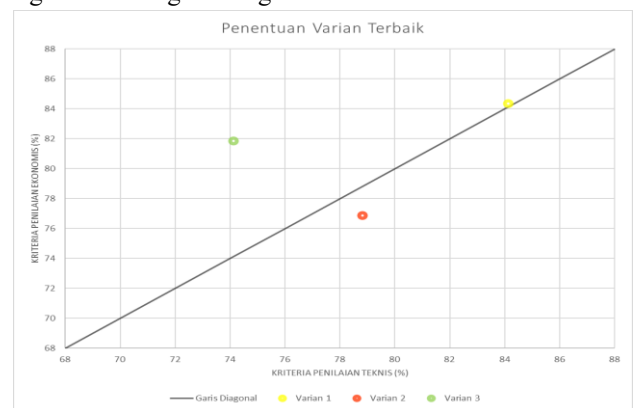
| Kriteria Penilaian Teknis | Bobot | Varian1     |               | Varian 2 |               | Varian 3 |               | Nilai Ideal |               |
|---------------------------|-------|-------------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|-------------|---------------|
|                           |       | Nilai       | Bobot x Nilai | Nilai    | Bobot x Nilai | Nilai    | Bobot x Nilai | Nilai       | Bobot x Nilai |
| Fungsi Blower             | 5     | 9           | 45            | 8        | 40            | 7        | 35            | 10          | 50            |
| Kemudahan Perawatan       | 3     | 8           | 24            | 8        | 24            | 7        | 21            | 10          | 30            |
| Keamanan Konstruksi       | 4     | 9           | 36            | 7        | 28            | 8        | 32            | 10          | 40            |
| Faktor Kebisingan         | 2     | 7           | 14            | 9        | 18            | 7        | 14            | 10          | 20            |
| Kemudahan Perakitan       | 3     | 8           | 24            | 8        | 24            | 8        | 24            | 10          | 30            |
| Total                     |       | 41          | 143           | 40       | 134           | 37       | 126           | 50          | 170           |
| Nilai Teknis              |       | 0,84        |               | 0,788    |               | 0,741    |               | 1           |               |
| Presentase (%)            |       | 84,11764706 |               | 78,8     |               | 74,1     |               | 100         |               |
| Peringkat                 |       | 1           |               | 2        |               | 3        |               |             |               |

Tabel 3. Penilaian Ekonomis

| Kriteria Penilaian Teknis | Bobot | Varian1 |               | Varian 2 |               | Varian 3 |               | Nilai Ideal |               |
|---------------------------|-------|---------|---------------|----------|---------------|----------|---------------|-------------|---------------|
|                           |       | Nilai   | Bobot x Nilai | Nilai    | Bobot x Nilai | Nilai    | Bobot x Nilai | Nilai       | Bobot x Nilai |
| Biaya Bahan Baku material | 5     | 9       | 45            | 6        | 30            | 7        | 35            | 10          | 50            |
| Biaya Standart Part       | 3     | 8       | 24            | 9        | 27            | 8        | 24            | 10          | 30            |
| Biaya Proses Permesinan   | 4     | 8       | 24            | 9        | 27            | 9        | 27            | 10          | 30            |
| Biaya Perakitan           | 2     | 9       | 18            | 9        | 18            | 9        | 18            | 10          | 20            |
| Biaya Perawatan           | 3     | 8       | 24            | 7        | 21            | 9        | 27            | 10          | 30            |
| Total                     |       | 42      | 135           | 40       | 123           | 42       | 131           | 50          | 160           |
| Nilai Teknis              |       | 0,844   |               | 0,77     |               | 0,82     |               | 1           |               |
| Presentase (%)            |       | 84,375  |               | 77       |               | 81,875   |               | 100         |               |
| Peringkat                 |       | 1       |               | 3        |               | 2        |               |             |               |

Penilaian teknis dilakukan untuk memilih varian terbaik dari 3 konsep *Dust Collector*. Kriteria penilaian mengacu pada standar industri dan studi literatur, dengan skala prioritas 1-5 (1 = tidak memenuhi, 5 = sangat ideal) (Patel & Smith, 2020)

Varian konsep dipilih berdasarkan nilai varian yang paling mendekati sumbu diagonal dengan arah sumbu positif. Gambar 2 akan menunjukkan hasil varian yang paling mendekati garis diagonal.



Gambar 3. Strength Diagram

Hasil dari *strength diagram* menunjukkan varian nomor 1 dengan simbol berwarna kuning adalah jenis varian yang terpilih. Varian kuning pada *Strength Diagram* dipilih sebagai desain terbaik untuk *Dust Collector* karena menyeimbangkan kinerja teknis dan kelayakan ekonomis secara optimal. Posisinya yang paling dekat dengan sumbu diagonal positif dalam diagram menunjukkan keseimbangan ideal antara performa dan biaya. Warna kuning sengaja dipilih untuk menandakan solusi optimal, tidak ekstrem ke teknis (merah) atau ekonomis (hijau).

### Tahap Merancang

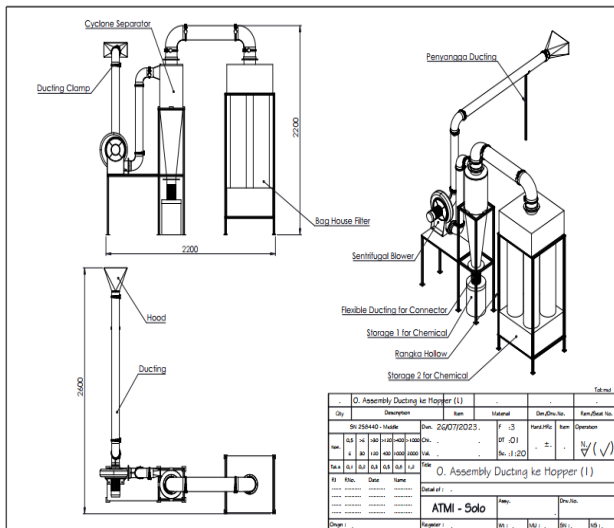
Tahap dalam merancang hasil pemilihan varian yang dipilih. Desain dirancang dengan aplikasi *Solidwork* dengan proses awal *predesign* dan penyelesaian desain.



**Gambar 4.** Desain *Dust Collector*

### Tahap Penyelesaian

Tahap terakhir dilakukan dengan membuat gambar 2D.



**Gambar 5.** 2D Rancangan *Dust Collector*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Rancangan

Rancangan konstruksi dibuat berdasarkan varian yang telah dipilih melalui proses penilaian. Rancangan dibagi menjadi beberapa *sub-assembly* yaitu, *frame assembly*, *cyclone assembly*, *bag house assembly*. Proses awal perancangan dengan menghitung daya hisap *blower* yang sanggup menghisap *chemical* yang beterbangan.

### Perhitungan *Blower*

Perhitungan *blower* diawali dengan mencari tekanan hisap *blower* dengan rumus.

$$P_o = \frac{m_p \times g}{A_p} \quad (1)$$

Keterangan :

$P_o$  = tekanan hisap (Pa)  
 $m_p$  = massa partikel (kg)  
 $g$  = gaya gravitasi (=9,81) ( $m/s^2$ )  
 $A_p$  = luas proyeksi permukaan partikel ( $m^2$ )

Berdasarkan hasil perhitungan didapat nilai tekanan hisap  $34,307.10^{-3}$  Pa. Hasil tekanan hisap yang sudah ditemukan, proses selanjutnya mencari spesifikasi *blower* yang memiliki tekanan hisap yang sudah diketahui. Perhitungan kecepatan *blower* menggunakan rumus.

$$Q = v \times A \quad (2)$$

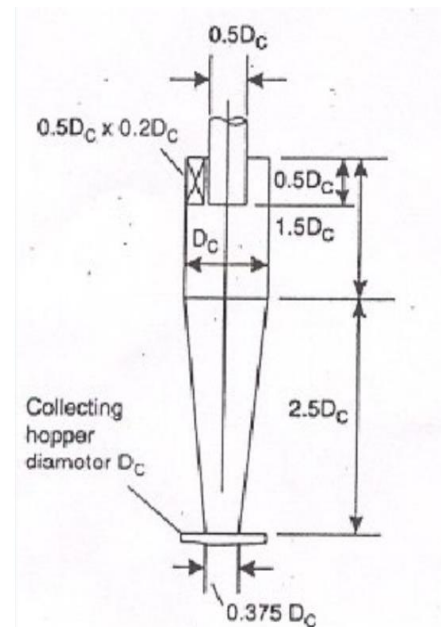
$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,306}{0,0081} = 37 \frac{m}{s}$$

Keterangan :

$Q$  = Debit ( $m^3/s$ )  
 $v$  = Kecepatan aliran ( $m/s$ )  
 $A$  = Luas penampang pipa ( $m^2$ )

Nilai dari kecepatan *blower* yang didapat 37 m/s. Kecepatan digunakan untuk proses perhitungan *cyclone*.

Jenis *cyclone* yang digunakan yaitu *high efficiency cyclone* [1]. Gambar 6 akan menunjukkan bagian dari *cyclone*.



**Gambar 6.** *High Efficiency cyclone*

Langkah awal menentukan  $D_C$  menggunakan rumus.

$$D_C = \left( \frac{A_{inlet}}{D_{C_{area}}} \right)^{0,5} \quad (3)$$

Hasil yang didapat dari  $D_C$  yaitu 285,831 mm, hasil  $D_C$  lalu dikalikan sesuai dengan rumus yang sudah ditentukan.

$D_C$  dari *cyclone* sudah didapat selanjutnya menghitung bagian *cyclone* dengan rumus :

1. Lebar inlet =  $0,5 \times D_C = 0,15 \text{ m} = 150 \text{ mm}$
2. Panjang inlet =  $0,2 \times D_C = 0,06 \text{ m} = 60 \text{ mm}$
3. S (panjang lubang outlet) =  $0,5 \times D_C = 0,15 \text{ m} = 150 \text{ mm}$

4. D lubang outlet atas =  $0,5 \times D_c = 0,15 \text{ m} = 150 \text{ mm}$
5. Lb (panjang dc) =  $1,5 \times D_c = 0,45 \text{ m} = 450 \text{ mm}$
6. Lc =  $2,5 \times D_c = 0,75 \text{ m} = 750 \text{ mm}$
7. D Lubang outlet bawah =  $0,357 \times D_c = 0,1125 \text{ m} = 113 \text{ mm}$

Proses selanjutnya mencari nilai jarak *hood* terhadap mulut *hopper*. Rumus yang digunakan yaitu.

$$Q = v (10x^2 + A) \quad (4)$$

Keterangan :

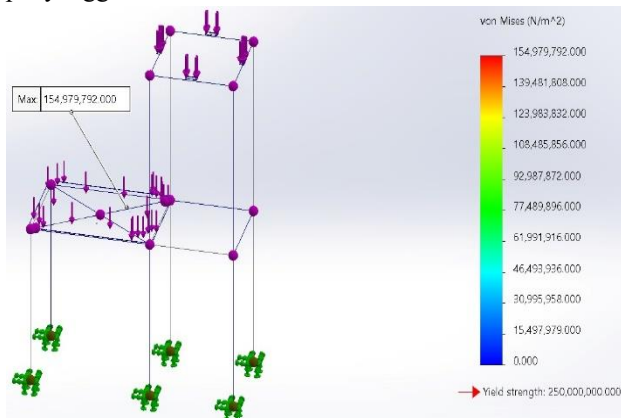
|    |                                       |                     |
|----|---------------------------------------|---------------------|
| v  | = Kecepatan tangkap                   | (m/s)               |
| Q  | = Debit hisapan <i>hood</i>           | (m <sup>3</sup> /s) |
| x  | = Jarak dari sumber mulut <i>hood</i> | (mm)                |
| Af | = (L x W) = Area mulut <i>hood</i>    | (mm <sup>2</sup> )  |

Nilai dari jarak maksimal *hood* ke mulut *hopper* agar bekerja secara maksimal ialah 19 mm.

### Hasil Analisis

Analisis menggunakan *software Solidworks* dengan fitur FEA (*Finite Elemen Analysis*) untuk mengetahui kekuatan konstruksi rangka penopang *Dust Collector*. Metode FEA menganalisis hasil desain dengan menyesuaikan material, *constraint*, dan *load*. Penggunaan FEA bertujuan untuk memastikan keamanan dari konstruksi rangka dengan membandingkan *von mises* (tegangan ekuivalen) terhadap *yield strength* (kekuatan luluh). Hasil dari analisis FEA sebagai berikut.

Rangka penyangga dari *cyclone* dengan jenis material yang digunakan *Mild Steel* (MS) dengan dimensi profil 20 mm x 20 mm x 2 mm. dimensi untuk menopang *cyclone* 350 mm x 350 mm x 1325 mm. Beban: Tekanan angin 34.3 Pa (hasil perhitungan *blower*). Tumpuan (*Constraint*): Rangka dianggap *fixed support* pada dasar penyangga.



**Gambar 7.** Analisis FEA Rangka

**Gambar 7** analisa menunjukkan *Yield strenght* maksimal yang diterima rangka sebesar 250.000 kN/m<sup>2</sup> (Çengel & Cimbala, 2006). Maka berdasarkan hasil analisis dapat dinyatakan bahwa rangka penyangga *Cyclone* aman dan mampu memenuhi pembebanan yang diterima dengan beban 154.979,8 kN/m<sup>2</sup>.

### PENUTUP

#### Simpulan

Kesimpulan dari perancangan alat penyedot debu / *Dust Collector* adalah :

1. Desain mesin pengumpul debu (*Dust Collector*) untuk menghisap *chemical* beterbangan di devisi produksi sub-bagian *kitchen* di PT XYZ menggunakan jenis *cyclone* “*High Efficiency Cyclone*” yang didapatkan dengan nilai debit blower 0,306 m<sup>3</sup>/s.
2. Hasil analisis rangka penyangga *cyclone* menggunakan metode *Finite Elemen Analysis* (FEA) menunjukkan bahwa rangka penyangga *cyclone* memiliki rangka yang kuat dan aman. Hasil simulasi FEA menunjukkan *safety factor* 1.6 (tegangan maksimal 154.98 MPa < *yield strength* Mild Steel 250 MPa)

#### Saran

Saran yang diberikan terkait pengembangan tugas akhir di masa mendatang ialah :

1. Perhitungan efisiensi *Cyclone* dapat dilengkapi untuk mengetahui *cyclone* bekerja secara optimal atau tidak.
2. Perhitungan luas ruangan dapat ditambahkan untuk mengetahui efisiensi alat penyedot debu dapat bekerja secara optimal pada luas ruangan tertentu.
3. Perancangan dapat ditambahkan sistem otomatis untuk menyalakan atau mematikan alat penyedot debu.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bashir, K. (2017). Design and fabrication of 2D2D cyclone separator having cut point of 6.8 microns particles with separation efficiency 98.8%. *Journal of Aerosol Science*, 105, 1-12.
- [2] Cecala, A. B., O'Brien, A. D., Schall, J., Colinet, J. F., Fox, W., Franta, R. J., .
- [3] Çengel, Y.A., & Cimbala, J.M. (2006). *Fluid Mechanics*. New York: McGraw-Hill..
- [4] Cooper, C. D., & Alley, F. C. (2011, 2002, 1994, 1986). *Air Pollution ControlA Design Approach*. United States of America: Waveland Press, INC.
- [5] Johansyah, M., Amir, & Randy, Y. (2021). Pembuatan *Dust Collector* Untuk Tangki Penyimpanan NIBS di PT. Y. *Jurnal Teknik Mesin Universitas MuhammadiyahTangerang*, 1-5.
- [6] Kanojiya, M.T., et al. (2021). Design and fabrication of cyclone *Dust Collector* for inDustrial application. *International Journal of Engineering Research*, 10(3), 45-50.

- [7] Karunia, A., Santoso, E., & Aditya, D. (2017). Perancangan *Dust Collector* System untuk Proses Buffing. 116-120.
- [8] Müller, B., & Schmidt, P. (2022). Systematic engineering design using VDI 2222. *Engineering Reports*, 4(5), e12489.
- [9] Nugroho, A.K., Kusnayat, A., & Mufidah, I. (2019). Perancangan *Dust Collector* pada industri pakan ternak menggunakan metode reverse engineering & redesign. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin*, 6764-6770
- [10] Patel, R., & Smith, J. (2020). Cost-benefit analysis of industrial *Dust* collection systems. *Journal of Cleaner Production*, 256, 120456.
- [11] Phal, G., Beitz, W., Feldhusen, J., & Grote, H. K. (2007). *Engineering Design A Systematic Approach Third Edition*. London: Springer Science+Business Media.
- [12] Riadi, A. L., & Adhiatama, I. (2019). Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Tangerang. *PROSIDING SEMINAR NASIONAL TEKNOLOGI V* (pp. 157-164). Samarinda: Universitas Mulawarman.
- [13] Theodore, L. (2008). *Air Pollution Control Equipment*. United States of America: John Wiley & Sons, INC.
- [14] Wang, L. J. (2004). *The McGraw-Hill Companies, Inc.*, Texas.
- [15] Widodo, A. (2018). *Optimasi kinerja blower pada sistem Dust Collector* [Tesis Magister]. Universitas Gadjah Mada.
- [16] Wang, L., & Theodore, L. (2019). Design and performance evaluation of a high-efficiency cyclone separator for fine particles. *Journal of Environmental Engineering*, 145(8), 04019045