
PERANCANGAN ALAT PEMISAH DEBU SIKLON UNTUK INDUSTRI DENGAN KAPASITAS 0,1 m³/s

**Muhammad Arief Syahrizal¹, H. War'an Rosihan,² Agneta Grace
Pessireron³**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Manufaktur, Universitas Jenderal
Achmad Yani, Bandung, Indonesia¹²³

2114181043@tms.unjani.ac.id¹, waranrosihan@gmail.com²

Abstrak (Indonesia)

Received:25
September
2022
Revised :08
Oktober
2022
Accepted:13
Oktober
2022

Latar Belakang: Alat pemisah debu siklon adalah suatu alat proses yang berfungsi untuk memisahkan udara dari debu yang mengotorinya.

Tujuan: memisahkan antara udara dari debu yang mengotorinya sehingga masukan dari alat ini adalah udara yang dikotori oleh debu dan untuk keluaran mengeluarkan udara yang lebih bersih dan juga kumpulan debu yang terkumpul.

Metode: morfologi yang memberikan informasi kesesuaian antara sub-sub fungsi, alternatif komponen (prinsip solusi).

Hasil: Kemampuan pemisahan debu yang tinggi, Dapat efektif memisahkan debu pada diameter yang ditentukan Ukuran alat yang lebih kecil.

Kesimpulan: Dari ketiga alternatif varian dari alat pemisah debu siklon, terpilih varian 1, Kapasitas debit dari alat pemisah debu siklon ialah 0,1 m³/s, Efisiensi pemisahan debu dari alat pemisah debu siklon ini sebesar 90% dengan target pemisahan debu berdiameter rata-rata diatas 50 µm.

Kata kunci: Rancangan; pemisah; pemisah debu siklon

Abstract (English)

Background: A cyclone dust separator is a process tool that functions to separate air from the dust that pollutes it.

Objective: separates the air from the dust that pollutes it so that the input of this tool is the air that is polluted by dust and for the output it emits cleaner air and also a collection of accumulated dust.

Methods: morphology that provides information on the suitability between sub-functions, alternative components (solution principle).

Results: High dust separation ability, Can effectively separate the dust in the specified diameter Smaller tool size.

Conclusion: Of the three alternative variants of the cyclone dust separator, variant 1 was selected. The discharge capacity of the cyclone dust separator is 0.1 m³/s. The dust separation efficiency of this cyclone dust separator is 90% with a dust separation target of above average diameter. 50 m.

Keywords: Design; separator; cyclone dust separator

*Correspondent Author : Muhammad Arief Syahrizal
Email : 2114181043@tms.unjani.ac.id



PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya teknologi industrial di Indonesia, maka berkembang juga teknologi yang digunakan dari suatu industri. Dari banyaknya teknologi yang ada, salah satunya adalah teknologi separasi udara yang terkontaminasi oleh padatan. Sistem separasi udara dengan padatan yang mencampurinya banyak diperlukan di industri untuk kepentingan berbagai macam hal seperti kebutuhan proses suatu pengolahan atau yang paling umum ialah untuk mengendalikan pencemaran udara. Dalam hal ini, pengendalian pembuangan udara tentu perlu dilakukan dengan cara membersihkan udara dari padatan pengotor (Ashby & CEBON, 1993).

Oleh karena itu diperlukanlah pengendalian udara kotor yang terkontaminasi oleh padatan dari suatu industri. Dari banyaknya teknologi separasi udara dengan padatannya, pada perancangan kali ini dipilih alat pemisah debu siklon atau cyclone dust separator dikarenakan memiliki konstruksi yang sederhana dan mudah dibuat. Alat pemisah debu siklon juga memiliki efisiensi yang dapat dirancang dengan efisiensi yang tinggi (ISMAIL, HASSAN, &

HISHAMUDIN, 2022). Oleh karena itu, alat ini tentu disarankan untuk diindustri yang memerlukan penanganan udara terkontaminasi.

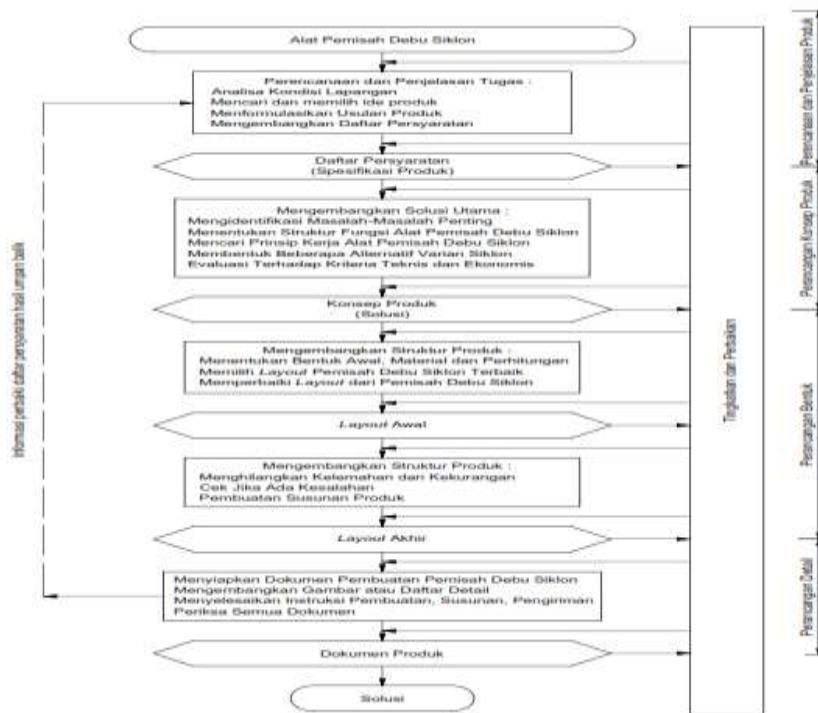
Dari berbagai macam kegiatan perindustrian, ada salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan yaitu pengendalian pencemaran lingkungan. Adapun dalam salah satu kasusnya kegiatan yang dapat menimbulkan pencemaran udara berupa debu yang dihasilkan dari suatu proses flash dryer (Parker, Jain, Calvert, Drechsel, & Abbott, 1981). Alat pemisah debu siklon yang dipasang pada alat proses ini memiliki kapasitas relatif besar dikarenakan volume yang besar untuk memenuhi kebutuhan waktu operasi yang panjang. Melihat permasalahan tersebut maka penulis akan merancang alat pemisah debu siklon dengan kapasitas debit masuk yang lebih kecil dari yang ada pada aktual lapangan (Martínez & Gámez Berral, 2021). Maka dari itu diperlukanlah perancangan ulang dari alat pemisah debu siklon atau *cyclone dust separator* yang disesuaikan desainnya untuk kapasitas yang lebih kecil.

Tujuan dari tugas akhir ini ialah merancang alat pemisah debu siklon atau cyclone dust separator beserta komponen pelengkap lainnya seperti struktur yang menopang alat tersebut. Alat yang akan dirancang akan memisahkan udara yang tercampur dengan benda padat berupa debu, dari hasil dari suatu proses dengan kapasitas 0,1 m³/s kemampuan memisahkan debu dari udaranya dengan diameter lebih dari 50 µm. Hasil perancangan akan dituangkan kedalam 3D model dan juga gambar detail untuk keperluan fabrikasi menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor 2018 (Boiler, 2010).

Adapun batasan masalah dalam perancangan alat pemisah debu siklon ini, antara lain Kapasitas masuk dari alat ialah $Q_2 = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$, Udara kotor yang dimasukan memiliki diameter diatas 50 µm, menentukan dimensi dari alat pemisah debu, menentukan material yang akan digunakan, menentukan ketebalan material plat yang akan digunakan pada bagian cangkang utama, menentukan ketebalan material plat yang akan digunakan pada bagian cangkang konus, menentukan ketebalan material plat yang akan digunakan pada bagian cangkang kepala, menentukan dimensi dan ketebalan plat untuk lug support, merancang struktur dan menentukan jenis profil yang akan menopang alat (Harsokoesoemo, 2004).

METODE PENELITIAN

Dalam merancang Alat Pemisah Debu Siklon, diperlukan metode perancangan yang disusun dalam tahapan-tahapan yang nantinya akan membantu proses perancangan (Gajadhar, n.d.). Berikut adalah tahapan atau diagram alir yang ditunjukan pada gambar dibawah untuk melakukan kegiatan di setiap fasenya pada perancangan alat pemisah debu siklon menurut Pahl dan Beitz :



Gambar 0.1 Diagram alir perancangan alat pemisah debu siklon menurut Pahl dan Beitz.

- A. Analisa Kondisi Lapangan; Pada kondisi aktual lapangan , alat pemisah debu siklon yang ada memiliki kapasitas yang relatif besar dikarenakan berbagai faktor seperti contoh permintaan khusus dari pengguna, namun produsen juga menginginkan desain siklon yang memiliki efisiensi separasi yang tinggi, agar pengumpulan debu dapat optimal. Adapun produsen ingin agar desain agar mudah diinstalasi dan juga di rawat (Megyesy, 1973).
- B. Memformulasikan Usulan Produk; Produk yang akan dirancang sesuai dengan kondisi lapangan dan juga permintaan produsen dan konsumen yaitu alat pemisah debu siklon berjenis efisiensi tinggi agar pemisahan dapat maksimal, dan juga pengoperasian yang lebih mudah tanpa tambahan alat bantu. Sehingga dapat mempermudah pekerjaan operator dan juga menjadikan alat pemisah debu yang sesuai dengan keinginan produsen (Moss, 2013).
- C. Penjelasan Produk; Dalam penjelasan produk ini membahas mengenai alat yang akan dirancang yaitu alat pemisah debu siklon. Alat ini dirancang memiliki tujuan utama yaitu memisahkan antara udara dari debu yang mengotorinya sehingga masukan dari alat ini adalah udara yang dikotori oleh debu dan untuk keluaran mengeluarkan udara yang lebih bersih dan juga kumpulan debu yang terkumpul. Alat ini biasanya digunakan dalam suatu alat proses kimia yang memerlukan separasi dan lazim digunakan di industri. Alat

yang dirancang akan berfokus pada pemisahan debu secara maksimal(Beitz, Pahl, & Grote, 1996).

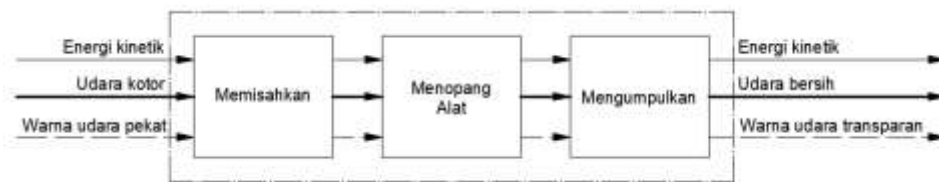
D. Mengembangkan Daftar Persyaratan; Untuk mendapatkan hasil fase yaitu daftar spesifikasi, maka persyaratan yang berdasarkan pada keinginan pengguna harus informatif. Persyaratan yang didapat dari hasil perbincangan dengan staff perusahaan akan dikembangkan dengan parameter yang terukur, dimana setiap dari parameter yang mempunyai satuan dari gaya, beban, kapasitas, waktu, jarak, kecepatan, dll. Berikut adalah beberapa daftar persyaratan yang harus dimiliki oleh alat pemisah debu siklon yang akan dirancang : kesimpulan, Instalasi maupun lepas pasang alat yang lebih mudah, Pengumpulan debu yang mudah, Pemindahan debu yang terkumpul dapat lebih mudah, Bentuk siklon yang sederhana, Perawatan yang lebih mudah, Pengiriman alat dapat disusun perbagian , Dapat dibuat dengan material yang kuat dan lebih tahan korosi.

E. Perancangan Konsep Produk; Dalam mengembangkan solusi utama, perancang menjelaskan konsep produk mengenai perancangan dari alat pemisah debu siklon. Adapun langkah-langkah dari tahapan mengembangkan solusi utama ini adalah : Mengidentifikasi Masalah-masalah Penting. Berikut faktor yang terpenting dari merancang alat pemisah debu siklon : Kekuatan, Keamanan beroperasi, Kapasitas dan efisiensi pemisah debu.

F. Menentukan Struktur Fungsi Produk; Struktur fungsi produk menjelaskan mengenai fungsi utama atau keseluruhan dari alat pemisah debu siklon, dimana fungsi utama ini diuraikan menjadi sub-sub fungsi yang dibuat dalam blok fungsi. Struktur fungsi produk alat pemisah debu siklon dialiri oleh 3 aliran diantaranya aliran energi berupa energi kinetik. kemudian material yaitu bentuk dari objek yang akan dilewatkan dan sinyal berupa informasi yang yang muncul saat masuk dan keluar dari blok fungsi dan sub-sub fungsi



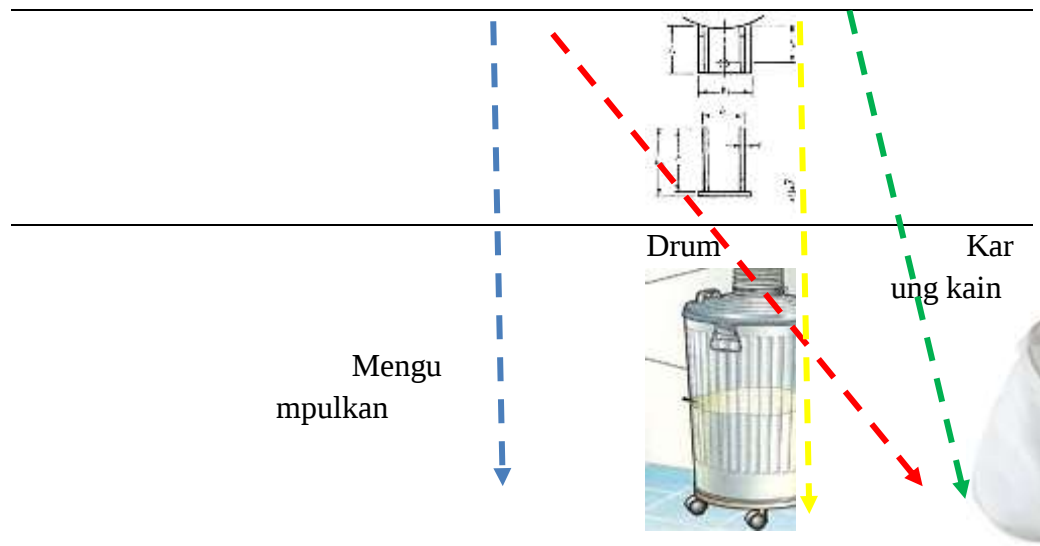
Berdasarkan struktur fungsi diatas, maka didapat sub fungsi yang menjabarkan dari fungsi utama. Berikut adalah sub fungsi yang ditunjukkan pada gambar dibawah :



G. Mencari Prinsip-Prinsip Kerja; Dalam beroperasinya dari alat pemisah debu siklon ini diperlukan elemen- elemen yang bekerja untuk menahan tekanan dari gas kotor yang masuk ke dalam alat pemisah debu siklon dan juga diperlukan elemen untuk menopang alat yang berbobot relatif berat. Prinsip kerja alat pemisah debu siklon dalam melakukan proses pemisahan udara dari debu pengotornya perlu dirancang siklon dengan kemampuan pemisahan yang tinggi sehingga debu-debu yang terpisahkan dan terkumpul pada suatu tempat pengumpulan dapat dikelola dengan baik, serta udara yang keluar dari suatu proses dapat lebih bersih dan tidak mencemari lingkungan.

H. Membentuk Beberapa Alternatif Produk; Untuk menentukan alternatif dari konsep produk, maka dilakukan penggabungan dari prinsip solusi yang masing-masing disusun berdasarkan saub-sub fungsi. Dalam perancangan alat pemisah debu siklon ini digunakan metode hasildan beberapa bentuk varian termasuk kelebihan serta kekurangannya.

o.	Sub Fungsi	Prinsip	
		1	2
		Efisiensi Tinggi	Laju Gas Tinggi
	Memisahkan		
	Menopang		
	Lug	Support	

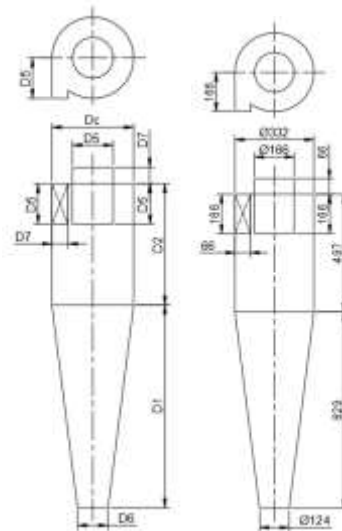


I. Seleksi Konsep Produk; Dalam menentukan penilaian terhadap kriteria perbandingan, maka diperlukan hasil bobot nilai sesuai dengan keinginan pengguna. Bobot nilai yang terbesar menunjukkan kriteria secara mayor. Sebaliknya, bobot nilai yang terkecil adalah menunjukkan kriteria secara minor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

- A. Data Awal; Dalam menghitung komponen yang dibutuhkan oleh alat pemisah debu, maka diperlukan data awal yang akan digunakan dalam proses perancangan. Berikut merupakan data awal yang yang digunakan dalam proses perancangan : Diameter debu rata-rat: 50 μm , Debit udara yang masuk: 0,1 m^3/s , Densitas padatan: 1600 kg/m^3 , Viskositas udara: 0,018 $\text{mN s}/\text{m}^2$, Jumlah pengumpul debu: 2 unit, Tekanan operasi: 1 atm = 14,7 psi, Safety factor tekanan: 1,5, Tekanan desa : $14,7 \times 1,5 = 22,04$ psi, Material: SS 304, Tegangan izin material: 20000 psi = 138 Mpa, Densitas material: 8000 kg/m^3 .
- B. Densitas udara yang masuk 1,184 kg/m^3 Dimensi alat pemisah debu; Dalam menentukan dimensi utama dari alat pemisah debu, perancang harus memiliki data awal berupa parameter-parameter udara berdebu yang akan memasuki alat pemisah debu. Setelah dihitung didapat dimensi utama yaitu D_c sebesar 332 mm kemudian dimensi tersebut menjadi acuan dalam menentukan ukuran keseluruhan . Dimensi 1= $D_1 = 2,5 \times D_c = 2,5 \times 332 = 829 \text{ mm}$, Dimensi 2= $D_2 = 1,5 \times D_c = 1,5 \times 332 = 497 \text{ mm}$, Dimensi 3= $D_3 = 0,875 \times D_c = 0,875 \times 332 = 290 \text{ mm}$, Dimensi 4 = $D_4 = 0,75 \times D_c = 0,75 \times 332 = 249 \text{ mm}$, Dimensi 5 = $D_5 = 0,5 \times D_c = 0,5 \times 332 = 166 \text{ mm}$, Dimensi 6 = $D_6 = 0,375 \times D_c = 0,375 \times 332 = 124 \text{ mm}$, Dimensi 7 = $D_7 = 0,2 \times D_c = 0,2 \times 332 = 66 \text{ mm}$. Setelah didapat semua dimensi dasar dari alat pemisah debu, maka dapat ditampilkan

ukuran-ukuran dari alat pemisah debu pada sketsa awal yang tampak pada gambar dibawah :



Kemudian pada alat pemisah debu ini, terjadi penurunan tekanan ketika fluida keluar dari alat ini dan setelah dihitung didapat penurunan tekanan $\Delta P = 0,023 \text{ bar}$. Nilai dari penurunan tekanan yang didapat cukup rendah sehingga desain siklon dapat digunakan.

C. Perhitungan Cangkang; Perhitungan pada cangkang utama memerlukan beberapa parameter yang perlu diketahui seperti tekanan (P), Radius dalam (R), Stress value dari material (S), Efisiensi sambungan (E), derajat kemiringan konus (α), Diameter dalam (D), Koefisien C (C), Kemudian setelah dihitung, didapat ketebalan yang digunakan pada cangkang utama dan konus setebal 1 mm dan cangkang tutup 4 mm sudah termasuk korosi yang diizinkan.

D. Perhitungan Massa; Perhitungan massa pada komponen alat pemisah debu memiliki 2 bagian utama, yaitu bagian isi dari alat dan juga bagian cangkang dibentuk dari plat. Melihat dari komponen utama tersebut, maka kita memerlukan data densitas dari masing-masing bagian tersebut, yaitu densitas material plat dan juga isi dari alat pemisah debu yang diasumsikan dengan densitas udara, maka persamaan yang digunakan ialah $W = \rho \times v$ Kemudian setelah dilakukan perhitungan, ditemukan massa total dari alat pemisah debu sebesar 18,32 kg.

E. Perhitungan Rangka; Rangka pada siklon berbentuk sederhana, dengan susunan berbentuk persegi dan 4 batang horizontalnya menahan beban terpusat sehingga analisis dilakukan dengan mengambil 1 sisi batang dan dengan beban yang dibagi 4 dan beban yang dikenakan sama dengan beban lug support, dan dengan melihat spesifikasi, dipilih profil baja kanal dengan ukuran 50 x 25 x 5 x 6, dengan lebar 409,8 mm dan pembebanan diberikan di tengah, setelah dihitung didapat tegangan geser $\tau = 0,0682 \text{ N/mm}^2$, tegangan normal $\sigma = 7,4065 \text{ N/mm}^2$, dan tegangan utama $\sigma_p = 7,4156 \text{ N/mm}^2$, maka dapat disimpulkan bahwa desain dapat digunakan karena tegangan utama masih dibawah kekuatan material

yaitu $7,4156 \text{ N/mm}^2 < 515 \text{ N/mm}^2$, kemudian pada analisis buckling pada struktur vertikal, ditemukan beban sebelum terjadinya buckling sebesar 18015,18 N tegangan sebelum terjadi buckling sebesar $36,47 \text{ N/mm}^2$, sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa desain dapat digunakan

- F. Perhitungan Pengumpul debu; Untuk perhitungan alat pengumpul debu dikarenakan tidak ditentukan untuk volumenya, maka dibuat dimensi dari pengumpul yang proposional dalam bentuknya dan tidak menabrak struktur yang ada dengan batasan diameter pengumpul debu tidak lebih dari lebar struktur yang ada yaitu 410 mm, maka ditentukan dimensi diameter 300 mm dan tinggi 500 mm, sehingga didapat volume isi $0,03534 \text{ m}^3$, dan dapat diketahui berat total jika berisi penuh 623,91 N dan dengan jumlah roda 4, beban pada 1 roda menjadi 155,98 N sehingga pada roda bagian bawah dipilih roda dengan kode 452001 RE.C7-050-SBL yang memiliki kemampuan kapasitas sampai dengan 350 N.
- G. Hasil Perancangan; Pada gambar dibawah ini merupakan hasil dari perhitungan berupa 3D model secara keseluruhan dari alat pemisah debu siklon yang telah digabungkan dari tiap-tiap bagiannya yang berdasar kepada varian konsep terpilih yaitu varian 1 yang telah mencapai fase perancangan detail dan telah mendapatkan hasil perancangan untuk mendapatkan ukuran atau dimensi dan standar spesifikasi yang digunakan untuk pemakaian dalam komponen yang ada.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan alat pemisah debu siklon, maka didapat spesifikasi sebagai berikut : Dari ketiga alternatif varian dari alat pemisah debu siklon, terpilih varian 1, Kapasitas debit dari alat pemisah debu siklon ialah $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$, Efisiensi pemisahan debu dari alat pemisah debu siklon ini sebesar 90% dengan target pemisahan debu berdiameter rata-rata diatas $50 \mu\text{m}$, Penurunan tekanan yang terjadi pada alat pemisah debu siklon ini sebesar 0,023 bar, Dimensi total dari bagian utama alat pemisah debu siklon yaitu $334 \text{ mm} \times 334 \text{ mm} \times 1399 \text{ mm}$, Pengumpul debu berdimensi diameter 300 mm dan tinggi 500 mm sehingga volume debu yang dapat ditampung ialah $0,035 \text{ m}^3$ atau seberat 554,6 N, Roda pada pengumpul debu ialah kode 452001 dan deskripsi RE-C7-050-SBL, Rangka menggunakan profil kanal ukuran $50 \times 25 \times 5 \times 6$.

BIBLIOGRAFI

- Afework, B. (2018, September 3). Energy Education. Retrieved from Energy Education: https://energyeducation.ca/encyclopedia/Cyclone_separator
- Ashby, M. F. (2011). Materials Selection in Mechanical Design. Boston: Elsevier Ltd.

- Asia, S. S. (n.d.). Stainless Structural. Retrieved from <https://www.stainless-structurals.com>: <https://www.stainless-structurals.com/download/Data-Sheet-Standard-Channels-Asia.pdf>
- Corrosionpedia. (2019, April 10). Corrosionpedia Inc. Retrieved from Corrosionpedia: <https://www.corrosionpedia.com/definition/6939/material-selection>
- Dirgo, J., & Leith, D. (2007). Comparison of Experimental Results with Theoretical Predictions. Cyclone Collection Efficiency, 1-16.
- ELESA. (2013). ELESA S.p.A. Retrieved from www.elesa.com: https://www.elesa.com/static/sfogliabili/files/RE13_ENG_WEB.pdf
- Engineers, A. S. (2010). AN INTERNATIONAL CODE 2010 ASME Boiler & Pressure Vessel Code. New York: The American Society of Mechanical Engineers.
- Harsokoesoemo, H. D. (2004). PENGANTAR PERANCANGAN TEKNIK. Bandung: Penerbit ITB.
- Hibbeler, R. C. (2011). MECHANICS OF MATERIALS. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Megyesy, E. F. (2008). PRESSURE VESSEL HANDBOOK. Oklahoma: PV PUBLISHING, INC.
- Moss, D. R. (2013). PRESSURE VESSEL DESIGN MANUAL. Oxford: Elsevier Inc.
- Pahl, G., & Beitz, W. (2007). Engineering Design A Systematic Approach. London: Springer-Verlag.



© 2021 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY SA) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).