



## **Perancangan Alat *Vacuum Cleaner* Menggunakan Energi Udara Bertekanan Jaringan Pipa Distribusi Udara Pabrik**

### ***Design Equipment Vacuum Cleaner Using Energy Air Pressure Network Pipe Air Distribution Factory***

Kris Julianto <sup>1\*</sup>, Rizal Hanifi <sup>2</sup>

<sup>12</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Indonesia

Diterima: 21-08-2020 ; Disetujui: 16-02-2021 ; Diterbitkan: 06-05-2021

\*Corresponding author: 1610631150074@student.unsika.ac.id

---

#### **Abstrak**

Sektor-sektor industri di Indonesia dari tahun ke tahun keadaan semakin meningkat dengan banyaknya kemajuan teknologi yang dibuat. Masalah yang sering muncul pada sektor industri yaitu mengenai kebersihan. Upaya untuk mengatasi permasalahan mengenai kebersihan (debu) perlu adanya alat pembersih debu yang biasa disebut vacuum cleaner. Penelitian yang dilakukan antara lain mengubah energi semula dari listrik menjadi energi udara tekan yang terdapat pada distribusi udara tekan pabrik menggunakan prinsip efek venturi pipa. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian yaitu pendekatan kuantitatif dengan metode numerik dan metode simulasi. Pengujian analisa dilakukan dengan pembuatan alat sederhana dan simulasi software Autodesk CFD. Hasil penelitian yang diperoleh berdasarkan analisis perhitungan dari 5 variasi diameter pipa alat uji pada desain perancangan alat dengan menggunakan perangkat lunak Ms.Excel untuk mencari diameter yang optimal. Persentase hasil perhitungan yang digunakan sebagai alat uji yaitu diameter pipa utama 1 inch, pipa venturi 0,5 inch dan pipa hisap 0,5 inch dengan hasil perhitungan tekanan pada pipa venturi sebesar 195.345 Pa, dan pipa hisap 200.055 Pa dari tekanan utama kompresor 200.000 Pa, kemudian kecepatan aliran udara  $V_1=17,5$  m/s,  $V_2 =72,37$  m/s,  $V_3=15,81$  m/s, debit komposisi campuran  $Q_1=0,0083$  m/s<sup>3</sup>,  $Q_2= 0,0087$  m/s<sup>3</sup> dan  $Q_3= 0,0090$  m/s<sup>3</sup>, Kerugian tekanan total 0,31 bar serta daya hisap alat sebesar 1,35 W. Oleh karena itu, untuk menghemat dan memanfaatkan energi yang ada peneliti membuat perancangan alat vacuum cleaner untuk sektor-sektor industri yang menggunakan sistem distribusi udara tekan.

**Kata Kunci:** efek venturi, udara bertekanan, vacuum cleaner, simulasi CFD

#### **Abstract**

*Industrial sectors in Indonesia from year to year are increasing with the many advances in technology made. The problems that often arise in the industrial sector are about hygiene. Efforts to address the problem of hygiene (dust) need to have a dust-cleaning device commonly called a vacuum cleaner. The research conducted, among other things, converts the energy back from electricity into the air press energy contained in the distribution of air press factories using the principle of the Venturi pipe effect. The research methods used in the study are quantitative approaches with numeric methods and simulation methods. Testing analysis is done with the creation of simple tools and simulation of Autodesk CFD software. The results of the study gained based on the calculation analysis of the 5 variations in pipe diameter test equipment on the design of the tool designing by using the Ms. Excel software to find the optimal diameter. Percentage of calculated results used as a test tool namely the main pipe diameter 1 inch, venturi pipe 0.5 inch and 0.5 inch suction pipe with the calculation of pressure on the venturi pipe of 195,345 Pa, and Suction pipe 200,055 Pa from the main pressure compressor 200,000 Pa, then the air flow speed  $V_1= 17.5$  m/s,  $V_2 =72.37$  m/s,  $V_3= 15.81$  m/s, mixed discharge composition  $Q_1= 0.0083$  m/s<sup>3</sup>,  $Q_2= 0.0087$  m/s<sup>3</sup> and  $Q_3= 0.0090$  m/s<sup>3</sup>. Total pressure losses 0.31 bar as well as tool suction of 1.35 W. Therefore, to save and utilize the existing energy researchers create a vacuum cleaner tool design for industrial sectors using air Press distribution system.*

*Keyword: venturi effect, compressed air, vacuum cleaner, CFD simulation*

---

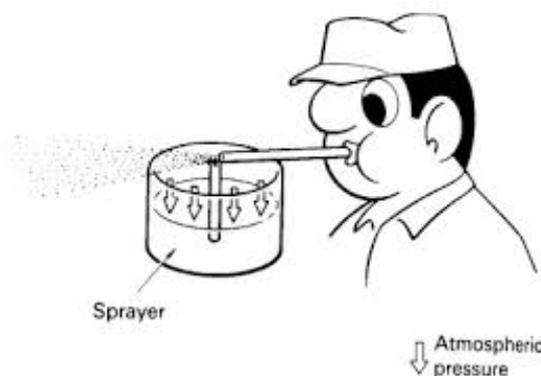
**How to Cite:** Julianto, K., 2021. Perancangan Alat Vacuum Cleaner Menggunakan Energi Udara Bertekanan Jaringan Pipa Distribusi Udara Pabrik. *JMEMME (Journal of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials and Energy)*. 5 (1): 34-47

---

## PENDAHULUAN

Diketahui bahwa sektor-sektor industri di Indonesia dari tahun ke tahun keadaan semakin meningkat dengan banyaknya kemajuan teknologi yang modern. Kemajuan teknologi dapat mempermudah pekerjaan manusia diantaranya adanya sistem jaringan udara tekan untuk memenuhi kebutuhan industri seperti pneumatik mesin-mesin produksi. Bicara mengenai sektor industri di Indonesia perlu diketahui bahwa peranan udara tekan dalam bidang industri sangat penting untuk berbagai keperluan, dimana disisi lain terdapat dampak negatif yang ditimbulkan dari lingkungan kerja dapat mengganggu kesehatan dan keselamatan kerja terutama area produksi pabrik. Hal ini perlu adanya inovasi sebuah alat dimana dapat digunakan untuk membersihkan sekitar lingkungan kerja menggunakan energi alternatif yakni udara tekan.

Udara bertekanan merupakan suatu sistem yang berfungsi untuk menghasilkan, mengkondisikan dan mendistribusikan udara ke tempat pemakaian yang diinginkan. Sumber udara tekan ini berasal dari kompresor yang ditampung di dalam tangki yang kemudian disalurkan melalui jaringan pemipaan [1]. Konsep utama yang mendasari penelitian ini ialah prinsip efek venturi pipa yang terjadi pada udara bertekanan sehingga menimbulkan perubahan tekanan dalam beberapa kondisi hasil perancangan desain alat vacuum cleaner [2]. Kondisi ini diilustrasikan pada gambar 1. Efek venturi dapat didefinisikan sebagai aliran fluida pada tabung venturi atau sebuah pipa yang memiliki perbedaan luas penampang pada kedua sisi ujungnya sehingga menimbulkan perbedaan tekanan dan kecepatan aliran fluida didalamnya mengakibatkan kevakuman [3].



Gambar 1. Peristiwa Kevakuman pada Pipa [3]

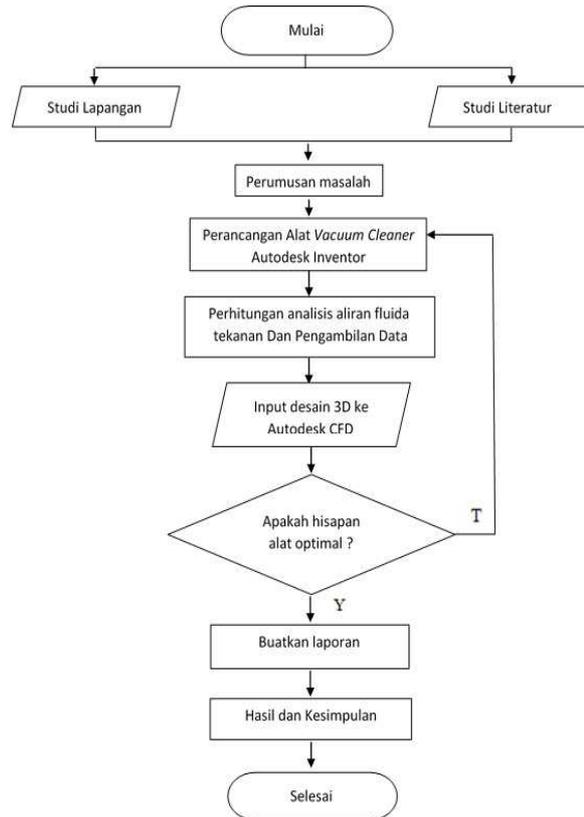
Udara tekan dapat diklasifikasikan ke dalam sifatnya yang berarti fluida dinamis atau fluida dalam keadaan bergerak dalam pipa yang terdiri dari fluida ideal, debit, persamaan Kontinuitas dan persamaan Bernoulli [4]. Tipe aliran yang berkaitan dalam penelitian ini yaitu aliran tak termampatkan (Incompressible) dimana fluida mengalir tidak mengalami

perubahan volume ketika ditekan. Sedangkan untuk menghitung kerugian tekanan yang terjadi pada aliran udara tekan dibagi menjadi dua yakni kerugian mayor (major losses) dan kerugian minor (minor losses) [5].

Tujuan penelitian ini adalah merancang sebuah alat vacuum cleaner energi udara bertekanan menggunakan prinsip efek venturi dari pipa komponen alat terhadap sambungan pipa distribusi udara tekan pabrik dari beberapa variasi diameter pipa komponen alat menggunakan software Autodesk Inventor 2017, Ms. Excel dan software Autodesk CFD (Computational Fluid Dynamic) untuk memprediksi aliran fluida statis maupun dinamis dari desain perancangan alat data CAD. Autodesk CFD simulation juga dapat membangun geometri yang dibagi menjadi tiga antara lain; Preprocessing, Solving, Postprocessing [6]-[8]. Disamping itu, semakin berkembangnya alat pembersih debu terbarukan menggunakan energi alternatif dapat memudahkan serta meningkatkan kesehatan, keselamatan dan kesadaran akan hidup sehat bagi para pekerja industri [9]-[11].

## **METODE PENELITIAN**

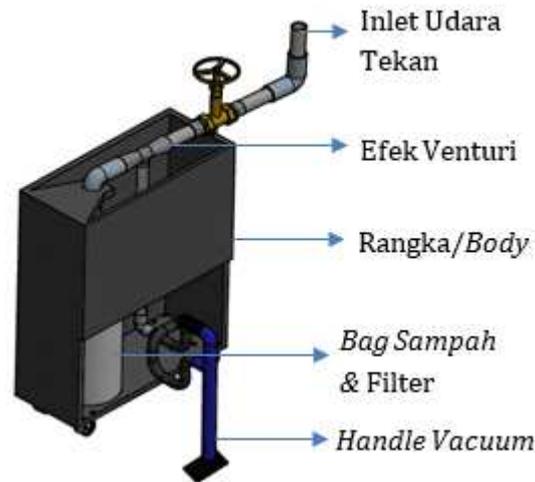
Metodologi penelitian yang dilakukan menggunakan pendekatan analisis data berbasis simulasi-numerik, dimana perancangan alat vacuum cleaner mengasumsikan data berdasarkan hasil observasi ke salah satu pabrik di daerah Kabupaten Bekasi terkait sistem jaringan pipa distribusi udara tekan. Sehingga parameter yang dibutuhkan untuk menghitung kesesuaian rancangan alat antara lain; diameter pipa utama (input), jarak jaringan pipa terhadap permukaan tanah, dan besar tekanan udara yang didistribusikan ke pemakaian. Langkah-langkah proses atau diagram alir (flowchart) penelitian dapat dilihat pada bagian gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Alat dan Bahan Penelitian ini antara lain: Laptop Acer Aspire 4739, type processor: Intel(R) Core(TM) i3-370M, RAM: 2GB, Kompresor mini max. air pressure 8 bar 50 Kg, pembuatan prototipe dari pipa PVC, kawat aluminium, selang vacuum, dan alat perkakas, dan objek debu yang dihisap ialah serbuk Styrofoam.

Proses penelitian diawali dengan pemodelan desain sketsa 2D dan 3D vacuum cleaner menggunakan software Autodesk Inventor 2017 berdasarkan hasil analisis perhitungan beberapa variasi diameter pipa yang diasumsikan, selanjutnya simulasikan menggunakan software Autodesk CFD 2018 Simulation dengan pemodelan yang disederhanakan hanya mengacu pada aliran fluida udara dalam sistem alat vacuum cleaner. Kemudian, lakukan pengujian alat menggunakan prototipe untuk mengetahui hasil unjuk kerja alat hasil rancangan. Mengenai hasil desain perancangan dari alat vacuum cleaner udara tekan, alat ini memiliki kegunaan pada area bidang industri diperlihatkan pada gambar 3.



Gambar 3. Desain Perancangan Alat Vacuum Cleaner

Pada gambar 3 menunjukkan bahwa desain perancangan alat vacuum cleaner udara tekan yang digunakan untuk bidang industri terdiri dari Inlet Udara Tekan, Efek Venturi, Rangka atau body, Bag Sampah & Filter dan Handle Vacuum.

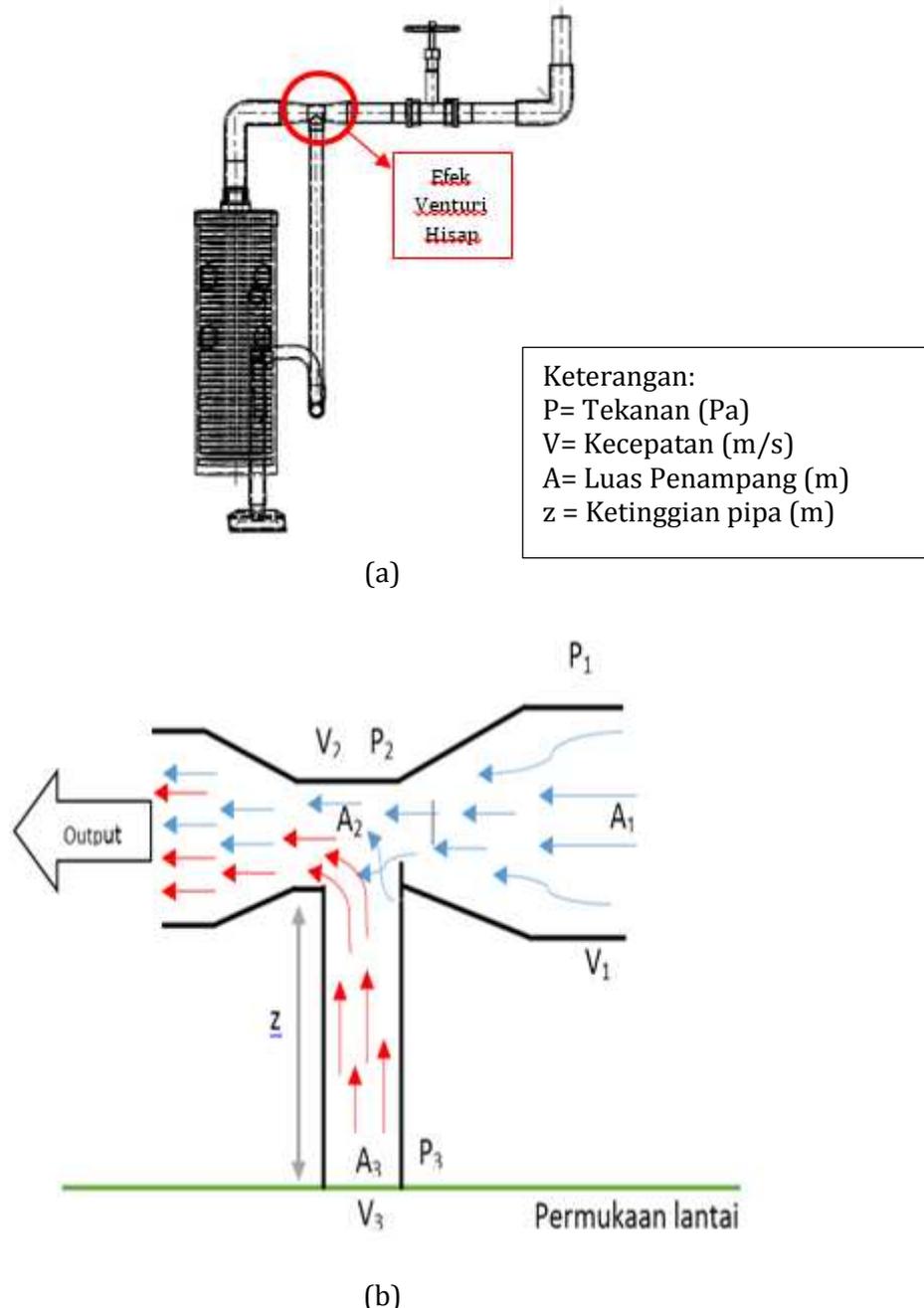
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Definisi perancangan [12] yaitu kegiatan awal dari sebuah proses dalam pembuatan produk guna menyelesaikan masalah atau solusi baru dengan cara yang berbeda. Oleh karena itu, desain alat vacuum cleaner energi udara tekan yang dibuat membahas bagaimana cara merancang diameter pipa yang mengacu pada konsep efek venturi pipa udara tekan guna menghasilkan daya hisap yang optimal. Gambar 4 membahas mengenai objek kajian dari analisis penelitian perancangan dan skematik aliran efek venturi.

### *Analisis perhitungan kecepatan aliran fluida pada setiap section pipa*

Pertama-tama untuk menentukan besar kecepatan pada aliran pipa input ( $V_1$ ) maka dapat dihasilkan dengan diketahui debit fluida keluaran kompresor yang berkapasitas 50 liter/menit sebagai bahan uji. Dengan demikian diperoleh  $Q_1 = 0,0083 \text{ m}^3/\text{s}$  dan  $Q_2 = 0,0087 \text{ m}^3/\text{s}$ . Maka kecepatan aliran fluida pada pipa utama yang dihasilkan berdasarkan debit yang ditentukan ialah  $V_1 = 17,5 \text{ m/s}$ . Selanjutnya pada situasi pipa efek venturi ( $P_2$ ), besar kecepatan fluida akibat efek venturi, data yang dicari menggunakan Hukum Kontinuitas karena dalam satu streamline pipa menghasilkan  $V_2 = 72,37 \text{ m/s}$  dengan luas

penampang  $A_2 = 0,5$  inch lebih kecil dibanding luas penampang pada pipa utama (P2) sehingga kecepatan naik secara signifikan. Sedangkan kecepatan pipa hisap dipengaruhi oleh adanya energi potensial atau perbedaan ketinggian dengan permukaan tanah maka kecepatan hisap yang dihasilkan lebih kecil yakni sebesar  $V_3 = 15,81$  m/s.



Gambar 4. Objek Analisis Penelitian (a) Desain Alat, (b) Skematik aliran efek venturi

*Analisis perhitungan tekanan pada setiap section pipa*

Tekanan udara yang terjadi pada masing-masing diameter penampang pipa penyusun rancangan alat vacuum cleaner diantaranya pipa utama (P1), pipa venturi (P2)

dan pipa hisap (P3) dapat ditentukan menggunakan persamaan Bernoulli. Hal ini terjadi akibat aliran berlangsung inkompresibel dengan adanya filter pada pipa output (pembuangan) dilihat pada gambar 4a dengan temperatur konstan dan tinggi pipa hisap (z) 0,5 meter dari permukaan tanah [13]. Sehingga tekanan yang dihasilkan setiap section berdasarkan tekanan input yang diketahui  $P_1 = 2$  bar adalah  $P_2 = 195.069$  Pa dan  $P_3 = 200.055$  Pa.

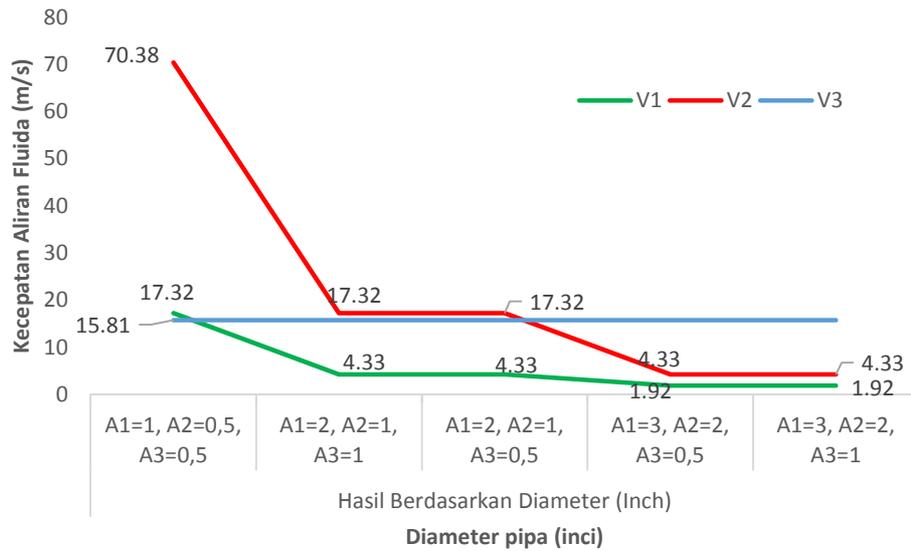
Hal ini yang mengakibatkan kevakuman di area sekitar pipa 3 karena terjadinya penurunan tekanan pada pipa venturi (P2) sehingga aliran fluida pada pipa hisap (P3) mengalir ke tekanan yang lebih rendah yang menjadikan alat ini menghisap udara serta partikel kecil dari lingkungan ke sistem alat (vacuum cleaner) udara tekan.

*Analisis perhitungan variasi diameter pipa menggunakan Ms. Excel*

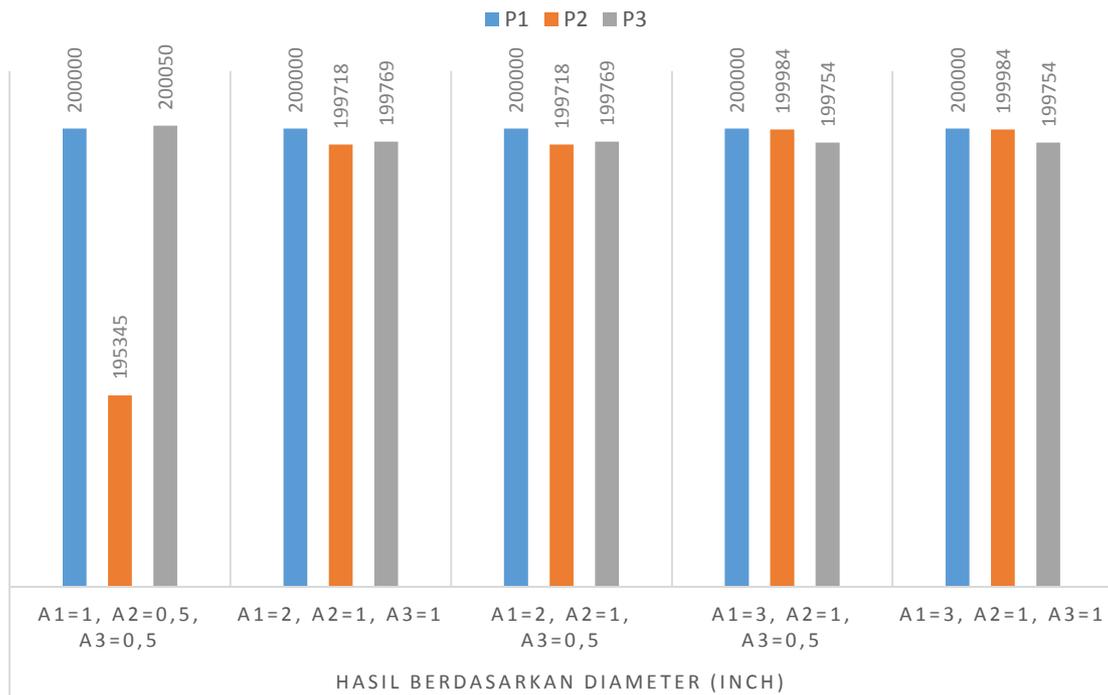
Untuk mendapatkan hasil hisapan yang optimal dari rancangan alat vacuum cleaner yang dibuat, peneliti melakukan percobaan analisis perhitungan dengan asumsi 5 variasi diameter berbeda berdasarkan parameter tekanan dan kecepatan aliran fluida yang diketahui. Hasil analisis perhitungan yang didapat menggunakan software Ms. Excel antara lain diperlihatkan pada tabel 1 dan gambar 5.

Tabel 1. Parameter perhitungan dari beberapa ukuran diameter pipa penyusun alat

| No | Parameter | Satuan | Hasil Berdasarkan Diameter (inci) |                        |                          |                          |                        |
|----|-----------|--------|-----------------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|
|    |           |        | A1=1,<br>A2=0,5,<br>A3=0,5        | A1=2,<br>A2=1,<br>A3=1 | A1=2,<br>A2=1,<br>A3=0,5 | A1=3,<br>A2=2,<br>A3=0,5 | A1=3,<br>A2=2,<br>A3=1 |
| 1  | $V_1$     | m/s    | 17,32                             | 4,33                   | 4,33                     | 1,92                     | 1,92                   |
|    | $V_2$     | m/s    | 70,38                             | 17,32                  | 17,32                    | 4,33                     | 4,33                   |
|    | $V_3$     | m/s    | 15,81                             | 15,81                  | 15,81                    | 15,81                    | 15,81                  |
| 2  | $P_1$     | Pa     | 200.000                           | 200.000                | 200.000                  | 200.000                  | 200.000                |
|    | $P_2$     | Pa     | 195.345                           | 199.718                | 199.718                  | 199.984                  | 199.984                |
|    | $P_3$     | Pa     | 200.050                           | 199.769                | 199.769                  | 199.754                  | 199.754                |



(a)



(b)

Gambar 5. Grafik analisis perhitungan, (a) Kecepatan aliran fluida (b) Tekanan fluida

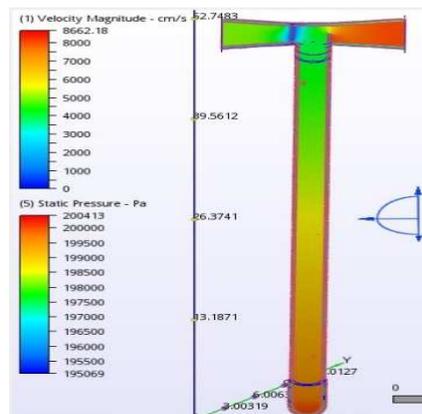
Berdasarkan pada tabel 1 disajikan hasil perhitungan dari kelima parameter ukuran diameter penyusun alat yang berbeda setiap section sehingga didapat hasil perbedaan besar tekanan dan kecepatan guna mengetahui diameter yang cocok untuk

## Kris Julianto, Perancangan Alat Vacuum Cleaner Menggunakan ...

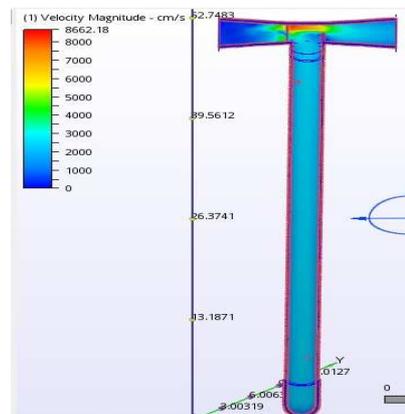
dibuatnya prototipe. Sedangkan pada gambar 5 adalah penggambaran dari hasil tabel 1 untuk menunjukkan bahwa diameter yang efisien digunakan untuk pembuatan prototipe alat adalah variabel no.1 ( $A_1 = 1$  inch,  $A_2 = 0,5$  inch, dan  $A_3 = 0,5$  inch). Hal ini dikarenakan pada keterangan gambar 5, grafik kecepatan aliran dan tekanan fluida udara tekan pada pipa (P1), (P2), dan (P3) lebih optimal sebab pada pipa venturi (P2) terjadi penurunan tekanan dan kenaikan kecepatan aliran yang signifikan sehingga menghasilkan aliran turbulen yang mengakibatkan kevakuman di pipa hisap (P3).

### Simulasi pemodelan design berdasarkan hasil analisis perhitungan

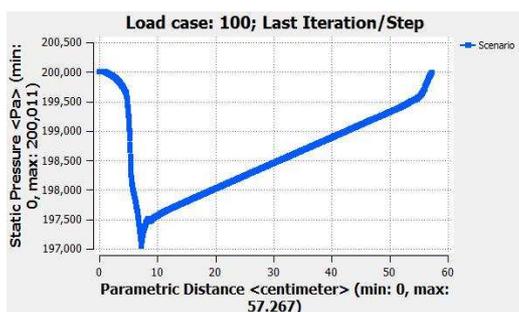
Hasil analisis simulasi yang didapatkan menggunakan software Autodesk CFD Simulation 2018 dengan pemodelan desain pipa penyusun alat yang telah ditentukan dapat dilihat pada gambar 6.



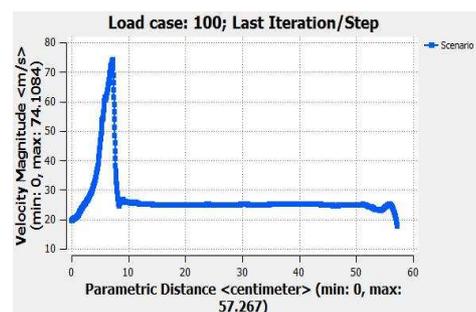
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 6. Hasil Simulasi Efek Venturi Pipa (a)Static pressure, (b)Velocity magnitude, (c)Grafik distribusi tekanan, (d)Grafik besar kecepatan

Berdasarkan dari Gambar 6 menunjukkan hasil dari simulasi distribusi tekanan, kecepatan fluida udara pada pipa venturi dimana terjadi perubahan gradasi warna di

sistem yang ditandai dengan warna merah, kuning, hijau dan biru sebagai persentasi perbedaan besar tekanan dan kecepatan. Selanjutnya, simulasi mengenai “*animate trace*” dari fluida udara tekan didalam pipa pemodelan desain dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Pergerakan Aliran Fluida (*animation trace*)

Gambar 7 menjelaskan bahwa besarnya bilangan Reynold yang terjadi pada suatu aliran dalam pipa venturi menunjukkan apakah profil aliran tersebut laminar atau turbulen. Hal ini dapat diketahui dengan pergerakan vektor atau trace dari arah kanan ke kiri sehingga pada profil aliran turbulen di pipa venturi mengakibatkan kevakuman ruang pada pipa vertikal dibawahnya [14]. Tujuan simulasi ini ialah untuk mengetahui besar tekanan, kecepatan yang terjadi pada setiap section berdasarkan gambar visual dengan dijelaskan melalui gradasi warna pada software simulasi yang digunakan sebagai acuan analisis penelitiannya. Maka dari hasil simulasi didapatkan kerugian tekanan (head losses) yang terjadi pada sistem alat sebesar  $\Delta P_{\text{Mayor}} = 0,148$  bar,  $\Delta P_{\text{Minor}} = (\Delta P_{\text{GV}} + \Delta P_{\text{E90}} + \Delta P_{\text{BT}}) = 0,162$  bar, dan  $\Delta P_{\text{Total}} = 0,310$  bar. Kerugian mayor ( $\Delta P_{\text{Mayor}}$ ) merupakan kehilangan tekanan karena gesekan pada dinding pipa mempunyai luas penampang, sedangkan Kerugian minor ( $\Delta P_{\text{Minor}}$ ) merupakan gesekan yang terjadi pada katup atau fitting seperti tee, elbow, dan bends [5]. Maka dari total besar kerugian tekanan pada alat vacuum

## Kris Julianto, Perancangan Alat Vacuum Cleaner Menggunakan ...

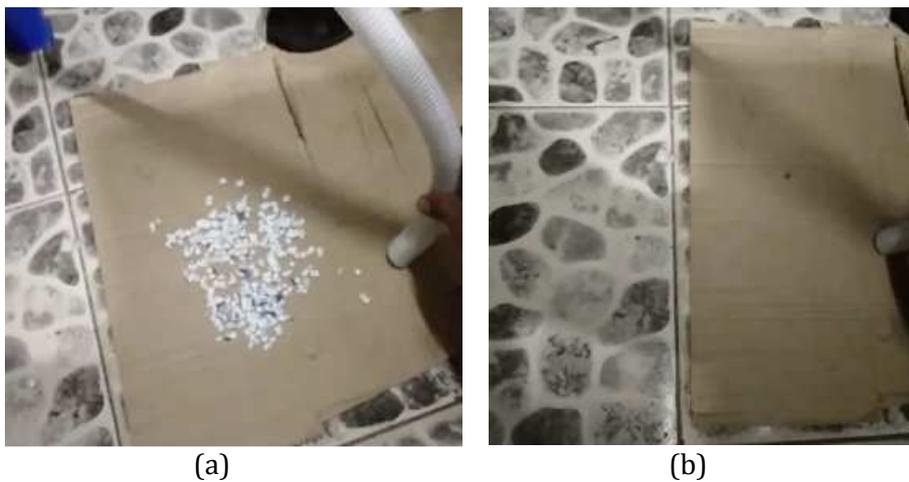
cleaner, daya hisap yang dibutuhkan untuk menghisap debu jenis Styrofoam adalah sebesar 1,35 W [15].

### *Pengujian prototipe*

Hasil pengujian prototipe yang dibuat berdasarkan studi literatur perhitungan analisis dimensi alat yang sesuai dengan menggunakan alat dan bahan sederhana dapat dilihat pada gambar 8 dan 9.



Gambar 8. Prototipe Alat Vacuum Cleaner



Gambar 9. Hasil Pengujian, (a) Sebelum pengujian (b) Sesudah pengujian

Gambar 8 adalah prototipe dari alat vacuum cleaner yang dibuat sebagai bahan uji unjuk kerja penghisapan, sedangkan pada gambar 9 menunjukkan sebelum dan sesudah penghisapan prototipe pada bidang datar atau lantai menggunakan objek hisap partikel jenis Styrofoam.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh simpulan sebagai berikut: Desain perancangan yang dibuat mempertimbangkan rongga udara yang besar agar aliran inkompresibel. Diameter uji yang dipilih sebagai dimensi pembuatan alat ialah pipa utama (1 inch), pipa venturi (0,5 inch), dan pipa hisap (0,5 inch). Tekanan pada setiap section pipa alat antara lain  $P_1 = 2,00$  bar,  $P_2 = 1,95$  bar dan  $P_3 = 2,00$  bar. Sedangkan kecepatan aliran  $V_1 = 17,5$  m/s,  $V_2 = 72,37$  m/s, dan  $V_3 = 15,81$  m/s. Hasil simulasi efek venturi alat menggunakan Autodesk CFD persentase yang diperoleh mendekati hasil analisis perhitungan. Sehingga unjuk kerja dari prototipe vacuum cleaner berjalan optimal dengan kerugian tekanan keseluruhan sebesar 0,31 Bar. Kekurangan dari alat ini ialah tidak ketahu berapa lama waktu hisap dan apa saja jenis partikel debu yang dapat dihisap karena pada penelitian ini objek hisapnya hanya serbuk Styrofoam.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terima kasih kepada bapak Rizal Hanifi, S.T., M.T. dan bapak Oleh, S.T., M.T. yang telah membimbing dan mengarahkan penelitian ini sehingga dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Serta kedua orang tua dan kerabat dekat saya mahasiswa Teknik Mesin UNSIKA atas dukungan moril dan doanya sebagai penyemangat dalam menyelesaikan penelitian ini.

## REFERENSI

- [1] D. Sriyono, Turbin, Pompa dan Kompresor, Terjemahan. Jakarta: Erlangga, 1992.
- [2] D. Setiawan, "Pengembangan Vacuum Valve Sebagai Alat Penghisap Kotoran Karbon Diruang Bakar," Universitas Negeri Yogyakarta, 2018.
- [3] Sudaryono, Pneumatik dan Hidrolik. Jakarta: Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan, 2013.
- [4] D. C. Giancolli, Fisika Prinsip dan Aplikasi Jilid 1. Jakarta: Erlangga, 2014.
- [5] M. Abdullah, Fisika Dasar 1 Edisi Revisi, Revisi. Bandung, 2007.
- [6] A. Sofyan, J. Glusevic, A. J. Zulfikar, and B. Umroh, "Analisis Kekuatan Struktur Rangka Mesin Pengereng Bawang Menggunakan Perangkat Lunak Ansys Apdl 15.0," J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy, vol. 3, no. 1, pp. 20–28, 2019.
- [7] A. J. Zulfikar, "Numerical Analysis of Strength of Rear Brake Holder Flat," J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy, vol. 2, no. 1, pp. 1–6, 2018.

## Kris Julianto, Perancangan Alat Vacuum Cleaner Menggunakan ...

- [8] A. J. Zulfikar, "Numerical Simulation on The Onion Dryer Frame Capacity of 5 kg/hour," JMEMME, vol. 2, no. 02, pp. 86–92, 2018.
- [9] Darianto, H. T. S. Sitohang, and Amrinsyah, "Analisa Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Pengasapan Pada Mesin Pengasapan Ikan Lele," J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy, vol. 2, no. 2, pp. 56–66, 2018.
- [10] A. J. Zulfikar, "The Flexural Strength of Artificial Laminate Composite Boards made from Banana Stems," Budapest Int. Res. Exact Sci. J., vol. 2, no. 3, pp. 334–340, 2020.
- [11] M. Y. Yuhazri, A. J. Zulfikar, and A. Ginting, "Fiber Reinforced Polymer Composite as a Strengthening of Concrete Structures : A Review Fiber Reinforced Polymer Composite as a Strengthening of Concrete Structures : A Review," in Materials Science and Engineering, 2020, p. 13.
- [12] G. C. Dieter, Schmidt, and C. Linda, Engineering Design 4th Edition, 4 th Editi. New York: McGraw-Hill Higher Education, 2000.
- [13] Munson, R. D. F. . Bruce, and H. O. Theodore, Mekanika Fluida Edisi Keempat Jilid I. Jakarta: Erlangga, 2002.
- [14] D. Darianto, "Analisa Pengaruh Waktu Dan Turbulensi Asap Pada Mesin Pengering Ikan Lele," J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy, vol. 3, no. 2, p. 130, 2019.
- [15] Nurlaili, B. Veronika, O. Cantika, and D. Mustika, "Daya Hisap Vacum Cleaner Sederhana," Pendidik. Fis. dan Sains, vol. 1, no. 2, pp. 24–26, 2018.