

SKRIPSI

STUDI EKSPERIMENTAL UNJUK KERJA *MULTI INLET CYCLONE SEPARATOR* TERHADAP VARIASI KECEPATAN ALIRAN UDARA

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**SAID AL ABIDIN
03051281621039**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020**

SKRIPSI

STUDI EKSPERIMENTAL UNJUK KERJA *MULTI INLET CYCLONE SEPARATOR* TERHADAP VARIASI KECEPATAN ALIRAN UDARA

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**OLEH:
SAID AL ABIDIN
03051281621039**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

STUDI EKSPERIMENTAL UNJUK KERJA *MULTI INLET CYCLONE SEPARATOR* TERHADAP VARIASI KECEPATAN ALIRAN UDARA

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

SAID AL ABIDIN
03051281621039

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 19711225 199702 1 001

Indralaya, 7 Agustus 2020

Diperiksa dan disetujui oleh :
Pembimbing Skripsi



Ir. H. M. Zahri Kadir, M.T
NIP. 19590823 198903 1 001

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :

SKRIPSI

NAMA : SAID AL ABIDIN
NIM : 03051281621039
JUDUL : STUDI EKSPERIMENTAL UNJUK KERJA *MULTI* ,
INLET CYCLONE SEPARATOR TERHADAP VARIASI
KECEPATAN ALIRAN UDARA
DIBERIKAN : FEBRUARI 2020
SELESAI : AGUSTUS 2020

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 19711225 199702 1 001

Indralaya, Agustus 2020

Diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing Skripsi



Ir. H. M. Zahri Kadir, M.T
NIP. 19590823 198903 1 001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Studi Eksperimental Unjuk Kerja *Multi Inlet Cyclone Separator* Terhadap Variasi Kecepatan Aliran Udara” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada Tanggal 14 Agustus 2020.

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

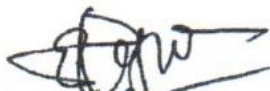
Ketua :

1. Dr. Dewi Puspitasari, S.T, M.T
NIP. 19700115 199412 2 001



(.....)

Anggota :

2. Ellyanie, S.T, M.T
NIP. 19690501 199412 2 001
2. Ir. Firmansyah Burlian, M.T
NIP. 19561227 198811 1 001
3. Aneka Firdaus, S.T, M.T
NIP. 19750226 199903 1 001


(.....)


(.....)


(.....)



Ketua Jurusan Teknik Mesin
Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP. 19711225 199702 1 001

Pembimbing Skripsi



Ir. H. M. Zahri Kadir, M.T
NIP. 19590823 198903 1 001

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Said Al Abidin

NIM : 03051281621039

Judul : Studi Eksperimental Unjuk Kerja *Multi Inlet Cyclone Separator*
Terhadap Variasi Kecepatan Aliran Udara

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (Corresponding author)

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, Agustus 2020



Said Al Abidin

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Said Al Abidin
NIM : 03051281621039
Judul : Studi Eksperimental Unjuk Kerja *Multi Inlet Cyclone Separator*
Terhadap Variasi Kecepatan Aliran Udara

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Indralaya, Agustus 2020



Said Al Abidin

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis atas kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan Rahmat, Nikmat, dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini.

Skripsi yang berjudul “Studi Eksperimental Unjuk Kerja Multi Inlet *Cyclone Separator* terhadap Variasi Kecepatan Aliran Udara”, disusun untuk melengkapi salah satu syarat mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini dengan setulus hati penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang tak terhingga atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyusunan tugas akhir ini kepada:

1. Allah Yang Maha Esa, karena nikmat dan karunia yang diberikan begitu besar, anugerah ilmu, kesempatan dan kesehatan dari-Nya, penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Karsono dan Halimah Tusakdiyah selaku orang tua penulis yang selalu mendukung baik secara lahir maupun batin.
3. Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
4. Ir. H. M. Zahri Kadir, M.T. selaku Dosen Pembimbing sehingga Tugas Akhir ini dapat selesai dengan baik.
5. Seluruh staff pengajar Teknik Mesin Universitas Sriwijaya, untuk semua ilmunya selama penulis menimba ilmu di Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
6. Para karyawan Jurusan Teknik Mesin, seluruh koordinator Lab. Di Teknik Mesin yang sangat membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin terutama angkatan 2016 yang telah melalui banyak cerita dan kenangan selama masa perkuliahan ini.

8. Rekan-rekan Himpunan Mahasiswa Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan do'a dan dukungannya selama penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak sekali kekurangan karena keterbatasan ilmu yang penulis miliki. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun untuk kelanjutan skripsi ini ke depannya akan sangat membantu. Akhir kata penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang di kemudian hari..

Indralaya, Juli 2020

Penulis

RINGKASAN

STUDI EKSPERIMENTAL UNJUK KERJA *MULTI INLET CYCLONE SEPARATOR* TERHADAP VARIASI KECEPATAN ALIRAN UDARA

Karya Tulis Ilmiah Berupa Skripsi, Agustus 2020

Said Al Abidin;

Dibimbing oleh Ir. H. M. Zahri Kadir, M.T.

Experimental Study of the Performance of Multi Inlet Cyclone Separator on Variations in Air Flow Velocity.

XVI + 40 halaman, 9 tabel, 21 gambar, 3 lampiran

Ringkasan

Pada era modern saat ini berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin maju diikuti juga oleh perkembangan dunia industri yang semakin pesat. Semenjak revolusi yang dimulai pada tahun 1970-an telah terjadi banyak perubahan yang memposisikan manusia dengan teknologinya semakin menguasai alam. Manusia mengembangkan teknologi dan berbagai peralatan mesin yang mengkonsumsi energy dan sumber daya dalam jumlah tinggi, namun juga sekaligus mengakibatkan kerusakan lingkungan dan polusi yang besar. Pada proses industri pembuangan gas bekas dikeluarkan melalui cerobong asap yang mana dapat menyebabkan polusi udara berlebih yaitu keluarnya partikulat yang berbahaya ke lingkungan. Partikulat merupakan campuran dari bahan organik dan anorganik di atmosfer yang berbentuk cairan atau padatan. Partikulat dapat berbentuk debu, kabut, abu, atau aerosol. Proses pembakaran pada boiler berbahan bakar padat menghasilkan abu dan terbawa bersama gas pembakaran melalui ruang bakar dan cerobong dalam bentuk abu terbang (*fly ash*) dengan jumlah mencapai kurang lebih 80%, dan sisanya sebanyak 20% dalam bentuk abu dasar (*bottom ash*). *Cyclone separator* merupakan alat pemisah partikel yang sederhana dan murah dimana implementasinya pada dunia industri banyak sekali. Kinerja dari *cyclone separator* dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: kecepatan gas inlet, viskositas, temperatur, konsentrasi partikulat, dan bentuk geometri. Untuk mendapatkan pengoperasian optimal dan meningkatkan hasil efisiensi pemisahan partikel dilakukan penelitian kinerja *cyclone separator multi inlet* dengan geometri tertentu ($D=114$ m) menggunakan standar Stairmand. Penelitian ini bertujuan yaitu untuk mengetahui massa partikel yang terkumpul dan massa partikel yang terbang serta efisiensi pemisahan partikel terhadap kecepatan aliran udara masuk dari faktor beda densitas partikel. Metode yang dilakukan adalah secara eksperimental dengan

membuat perangkat uji *cyclone* menggunakan dua buah blower. Pengujian dilakukan terhadap tiga macam partikel serbuk sebagai pengotor udara dengan nilai ukuran setiap partikel sama sebesar 150 μm . Dari hasil pengujian diperoleh nilai efisiensi terbesar pada nilai densitas partikel 1133 kg/m^3 sebesar 98,54%, hasil peningkatan efisiensi diperoleh dengan adanya peningkatan variasi kecepatan udara dari kecepatan minimum 8,37 m/s sampai kecepatan maksimum 15,97 m/s, semakin besar nilai densitas partikel dan variasi kecepatan udara semakin meningkat, maka efisiensi juga semakin meningkat. Perbandingan ini dilihat dari hasil efisiensi pada denistas 1034 kg/m^3 hanya sebesar 76,66% dan efisiensi pada densitas 933 kg/m^3 menurun sebesar 58,66%. Kenaikan nilai efisiensi terhadap nilai densitas tidak berpengaruh saat variasi kecepatan udara <10 m/s ditinjau dari perbandingan nilai densitas 1034 kg/m^3 dengan densitas 933 kg/m^3 , kerana efisiensi pada densitas 1034 kg/m^3 nilainya lebih rendah dibandingkan dengan denistas 933 kg/m^3 , perbandingan faktor densitas ini baru dapat berpengaruh saat variasi kecepatan udara >10 m/s.

Kata Kunci : *Cyclone Separator*, Densitas, Kecepatan Udara, Efisiensi Pemisahan Partikel.

SUMMARY

EXPERIMENTAL STUDY OF THE PERFORMANCE OF MULTI INLET CYCLONE SEPARATOR ON VARIATIONS IN AIR FLOW VELOCITY.

Scientific papers in the form of a thesis, Agustus 2020

Said Al Abidin;

Supervised by Ir. H. M. Zahri Kadir, M.T.

Studi Eksperimental Unjuk Kerja Multi Inlet Cyclone Separator Terhadap Variasi Kecepatan Aliran Udara.

XVI + 40 pages, 9 tables, 21 figures, 3 attachment.

Summary

In the modern era, the development of increasingly advanced science and technology is also followed by the increasingly rapid development of the industrial. Since the revolution which began in the 1970s, there have been many changes that have positioned humans with technology increasingly dominating nature. Humans develop technology and various machine tools that consume high amounts of energy and resources, but also cause great environmental damage and pollution. In the industrial process, used gas exhaust is released through chimneys which can cause excess air pollution, namely the release of harmful particulates into the environment. Particulates are mixtures of organic and inorganic materials in the atmosphere in the form of liquids or solids. Particulates can take the form of dust, mist, ash, or aerosols. The combustion process in a solid-fuel boiler produces ash and is carried with the combustion gases through the combustion chamber and chimney in the form of fly ash with an amount of approximately 80% and the remaining 20% in the form of bottom ash. The cyclone separator is a simple and low cost particle separator which has many applications in the industrial. The performance of the cyclone separator is influenced by several factors, including: inlet gas velocity, viscosity, temperature, particulate concentration, and geometric shape. To obtain optimal operation and to increase efficiency of particle separation, conducted research on the performance multi inlet cyclone separator with certain geometry ($D=114$ mm) by using standard Stairmand. The purpose of this study is to find out the mass of the trapped particle and the mass of the escaped particle and the efficiency of particle separation with inlet airflow velocity from different factors of particle density. The method used is experimental by making a cyclone test device using two blowers. Tests were carried out on three kinds of powder particles as air pollutants with the same size value for each particle of $150 \mu\text{m}$. From the test

results, it was obtained that the greatest efficiency Value is at a density value of 1 kg/m^3 of 98,54%, the results of increased efficiency will be obtained with an increase in air velocity variations from minimum velocity of 8,37 m/s to maximum velocity of 15,97 m/s. The greater value of particle density and increasing the variation in air velocity, so efficiency will be increased. This comparison is seen from the results of the efficiency at a density 1034 kg/m^3 only 76,66% and the efficiency at a density of 933 kg/m^3 decreased by 58,66%. Increase in the value of efficiency to the value of density has no effect when the variation in air velocity $<10 \text{ m/s}$ is seen from the comparison of the density value of 1034 kg/m^3 with a density of 933 kg/m^3 , because the efficiency at a density 1034 kg/m^3 is lower than density of 933 kg/m^3 , the ratio of this density factor can only take effect when the variation in air velocity is $>10 \text{ m/s}$.

Keywords : *Cyclone Separator, Density, Air Velocity, Efficiency of Particle Separation.*

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xxi
DAFTAR GAMBAR	xxiii
DAFTAR TABEL	xxv
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Pencemaran Udara Kotor.....	6
2.3 <i>Separator</i>	7
2.4 Pemisahan Gas-Padat.....	7
2.4.1 <i>Gravity Settlers (setting chamber)</i>	8
2.4.2 <i>Impingement Separator</i>	8
2.4.3 <i>Centrifugal Separator (cyclone separator)</i>	9
2.4.4 <i>Filters</i>	10
2.4.5 <i>Wet Scrubbers (whasing)</i>	10
2.4.6 <i>Electrostatic Precipitator</i>	10
2.5 <i>Cyclone Separator</i>	11
2.6 Densitas.....	14
2.7 Stairmand <i>Design</i>	15
2.8 Parameter <i>Cyclone Separator</i>	16
2.8.1 Kurva Pervormansi <i>Cyclone Separator</i>	16
2.8.2 Efisiensi Pemisahan <i>Cyclone Separator</i>	18
2.9 Keuntungan dan Kerugian dari <i>Cyclone Separator</i>	18

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Diagram Alir Penelitian	21
3.2	Deskripsi Perangkat Uji	22
3.2.1	Unit <i>Cyclone Separator Multi Inlet</i>	22
3.2.2	Unit Blower Sentrifugal	24
3.2.3	Unit <i>Particle Feeding Vibrator</i>	24
3.2.4	Unit <i>Dustbin</i> (Penampungan)	24
3.3	Alat Ukur yang Digunakan	25
3.3.1	<i>Anemometer Digital</i>	25
3.3.2	Neraca Analitik	25
3.3.3	<i>Mesh</i>	26
3.3.4	Piknometer	26
3.4	Serbuk Partikel Pengotor	27
3.5	Prosedur Pengujian	27
3.6	Data Hasil Pengujian	28

BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1	Perhitungan Data	31
4.1.1	Kandungan Massa Patikel Udara	31
4.1.2	Laju Aliran Massa Udara Melalui Separator	31
4.1.3	<i>Cut Diameter 50%</i>	32
4.1.4	Efisiensi Pemisahan Partikel	33
4.2	Pembahasan	36
4.2.1	Pengaruh Pemisahan Partikel Terhadap Densitas dan Variasi Kecepatan Aliran Udara Masuk	36
4.2.2	Efisiensi Pemisahan Partikel <i>Cyclone Separator Multi Inlet</i>	36

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	39
5.2	Saran	40

DAFTAR RUJUKAN	i
-----------------------------	---

LAMPIRAN	i
-----------------------	---

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Gravity Settlers (Wenk et al., 1990)	8
Gambar 2.2	Impingement Separator (Wenk et al., 1990)	9
Gambar 2.3	Centrifugal Separator (Cyclone) (Zhang et al., 2019)	9
Gambar 2.4	Wet Scrubbers (Washing) (Ghale et al., 2019)	10
Gambar 2.5	Ilustrasi Sistem <i>Electrostatic Presipitator</i> (ESP) (Guo et al., 2019).....	11
Gambar 2.6	Skema <i>Cyclone Separator</i> : (a) Geometri (b) Skema Aliran ... Udara (Elsayed, 2011)	13
Gambar 2.7	Skema Ukuran Partikel Padat dan Proses Pemisahan yang ... Sesuai (Elsayed, 2011).....	14
Gambar 2.8	<i>Schematic dan Geometrical Cyclone Separator</i> Standard Stairmand (Stairmand, 1951)	15
Gambar 2.9	Pembesaran Kurva Performansi (Sinnott, 2005)	16
Gambar 2.10	Kurva Performansi <i>Cyclone</i> Efisiensi Tinggi (Sinnott, 2005) .	16
Gambar 3.1	Diagram Alir penelitian.....	21
Gambar 3.2	Skematik Perangkat Uji <i>Cyclone Separator Multi Inlet</i>	22
Gambar 3.3	Dimensi <i>Cyclone Separator Multi Inlet</i>	23
Gambar 3.4	<i>Anemometer Digital</i>	25
Gambar 3.5	Neraca Analitik.....	25
Gambar 3.6	Saringan Ayakan Partikel (<i>Mesh</i>) Ukuran 100.....	26
Gambar 3.7	Piknometer.....	26
Gambar 4.1	Hubungan Massa Terkumpul m_t Terhadap Kecepatan ... Udara v_2	34
Gambar 4.2	Hubungan Massa Terbuang m_e Terhadap Kecepatan Udara v_2	35
Gambar 4.3	Hubungan Laju Aliran Udara \dot{m}_{total} Terhadap Kecepatan ... Udara v_2	35
Gambar 4.4	Hubungan Efisiensi Pemisahan Partikel η Terhadap Kecepatan Udara v_2	36

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Dimensi dan Ukuran <i>Cyclone Separator Multi Inlet</i>	23
Tabel 3.2	Spesifikasi Blower	24
Tabel 3.3	Bahan, Ukuran dan Densitas Partikel Pengotor	27
Tabel 3.4	Data Hasil Pengujian untuk Partikel Serbuk Tanah	28
Tabel 3.5	Data Hasil Pengujian untuk Partikel Seruk Semen Portland.....	29
Tabel 3.6	Data Hasil Pengujian untuk Partikel Serbuk Semen Putih.....	29
Tabel 4.1	Data Hasil Perhitungan untuk Partikel Serbuk Tanah	
	($\rho = 1133 \text{ kg/m}^3$).....	33
Tabel 4.2	Data Hasil Perhitungan untuk Partikel Semen Portland	
	($\rho = 1034 \text{ kg/m}^3$).....	34
Tabel 4.3	Data Hasil Perhitungan untuk Partikel Semen Putih.....	
	($\rho = 933 \text{ kg/m}^3$)	34

STUDI EKSPERIMENTAL UNJUK KERJA *MULTI INLET CYCLONE SEPARATOR* TERHADAP VARIASI KECEPATAN ALIRAN UDARA

Said Al Abidin⁽¹⁾, Ir. H. M. Zahri Kadir, M.T⁽¹⁾

⁽¹⁾Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang - Prabumulih KM 32, Ogan Ilir, Sumatera Selatan.
Email: saidalabidinst17@gmail.com zahrikadir@unsri.ac.id

Abstrak

Cyclone separator merupakan alat pemisah partikel yang sederhana dan murah dimana implementasinya pada dunia industri banyak sekali. Kinerja dari *cyclone separator* dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: kecepatan gas inlet, viskositas, temperatur, konsentrasi partikulat, dan bentuk geometri. Untuk mendapatkan pengoperasian optimal dan meningkatkan hasil efisiensi pemisahan partikel dilakukan penelitian kinerja *cyclone separator multi inlet* dengan geometri tertentu ($D=114$ m) menggunakan standar Stairmand. Penelitian ini bertujuan yaitu untuk mengetahui massa partikel yang terkumpul dan massa partikel yang terbang serta efisiensi pemisahan partikel terhadap kecepatan aliran udara masuk dari faktor beda densitas partikel. Metode yang dilakukan adalah secara eksperimental dengan membuat perangkat uji *cyclone* menggunakan dua buah blower. Pengujian dilakukan terhadap tiga macam partikel serbuk sebagai pengotor udara dengan nilai ukuran setiap partikel sama sebesar $150 \mu\text{m}$. Dari hasil pengujian diperoleh nilai efisiensi terbesar pada nilai densitas partikel 1133 kg/m^3 sebesar 98,54%, hasil peningkatan efisiensi diperoleh dengan adanya peningkatan variasi kecepatan udara dari kecepatan minimum 8,37 m/s sampai kecepatan maksimum 15,97 m/s, semakin besar nilai densitas partikel dan variasi kecepatan udara semakin meningkat, maka efisiensi juga semakin meningkat. Perbandingan ini dilihat dari hasil efisiensi pada denistas 1034 kg/m^3 hanya sebesar 76,66% dan efisiensi pada densitas 933 kg/m^3 menurun sebesar 58,66%. Kenaikan nilai efisiensi terhadap nilai densitas tidak berpengaruh saat variasi kecepatan udara <10 m/s ditinjau dari perbandingan nilai densitas 1034 kg/m^3 dengan densitas 933 kg/m^3 , karena efisiensi pada densitas 1034 kg/m^3 nilainya lebih rendah dibandingkan dengan denistas 933 kg/m^3 , perbandingan faktor densitas ini baru dapat berpengaruh saat variasi kecepatan udara >10 m/s.

Kata Kunci: *Cyclone Separator*, Densitas, Kecepatan Udara, Efisiensi Pemisahan Partikel

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 197111225 199702 1 001

Pembimbing Skripsi

Ir. H. M. Zahri Kadir, M.T
NIP. 19590823 198903 1 001

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada era modern saat ini berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin maju diikuti juga oleh perkembangan dunia industri yang semakin pesat. Semenjak revolusi yang dimulai pada tahun 1970-an telah terjadi banyak perubahan yang memposisikan manusia dengan teknologinya semakin menguasai alam. Manusia mengembangkan teknologi dan berbagai peralatan mesin yang mengkonsumsi energi dan sumber daya dalam jumlah tinggi, namun juga sekaligus mengakibatkan kerusakan lingkungan dan polusi yang besar. (Abrams *et al.*, 2019).

Pada proses industri pembuangan gas bekas dikeluarkan melalui cerobong asap yang mana dapat menyebabkan polusi udara berlebih yaitu keluarnya partikulat yang berbahaya ke lingkungan. Partikulat merupakan campuran dari bahan organik dan anorganik di atmosfer yang berbentuk cairan atau padatan. Partikulat dapat berbentuk debu, kabut, abu, atau aerosol (Pane dan Taqwatomo, 2019). Proses pembakaran pada boiler berbahan bakar padat menghasilkan abu dan akan terbawa bersama gas pembakaran melalui ruang bakar dan cerobong dalam bentuk abu terbang (*flash ash*) dengan jumlah mencapai kurang lebih 80 persen, dan sisanya sebanyak kurang lebih 20 persen dalam bentuk abu dasar (*bottom ash*). (Setiawan, Surahman dan Kailani, 2012).

Di Indonesia khususnya di Sumatera Selatan juga menjadi salah satu wilayah penghasil batubara terbesar di Indonesia, sehingga penggunaan batubara sebagai bahan bakar yang banyak sekali digunakan diberbagai industri, namun disamping itu juga dampak yang dihasilkan adalah polusi udara dari emisi gas buang. Dampak dari polusi udara yang dihasilkan dari penggunaan batubara tersebut dapat menyebabkan dampak negatif bagi manusia, hewan dan lingkungan sekitar. Oleh karena itu agar polusi yang dihasilkan dapat diminimalisir dibuatlah suatu alat pemisah partikel yaitu separator. Jenis separator yang banyak digunakan yaitu salah satunya adalah *cyclone separator*. *Cyclone separator* adalah alat pemisah yang

menggunakan prinsip inersia untuk memisahkan partikel dari gas buang. *Cyclone separator* ini merupakan salah satu dari berbagai alat pengontrol polusi udara dari pengotor debu dan abu yang memisahkan dan mengeluarkan partikel-partikel yang lebih besar yang bercampur dengan udara.

Prinsip kerja sederhana dari *cyclone separator* yaitu aliran fluida masuk melalui pipa input, bentuk kerucut *cyclone* menginduksikan aliran fluida untuk berputar bergerak ke bawah akibat gaya sentrifugal dan gaya inersia dengan aliran berbentuk spiral, komponen yang lebih ringan atau masa jenis partikel yang ringan dipengaruhi oleh pusaran bergerak naik karena memiliki inersia yang sedikit, kemudian komponen atau massa jenis partikel yang lebih besar mengarah ke bawah setelah menabrak dinding *cyclone* dan meluncur ke bawah keluar menuju penampungan.

Implementasi dari desain dari *cyclone separator* di dunia industri banyak sekali diantaranya digunakan di dunia industri diantaranya pemisahan partikel pada pabrik semen, pemisahan asap dan abu pada boiler, proses penggerusan (*Grinding*) pada pengecilan ukuran bijih di pertambangan, dan lain-lain.

Parameter yang sangat penting dalam kinerja *cyclone separator* adalah efisiensi pengumpulan dan penurunan tekanan. Penurunan tekanan terjadi karena adanya perbedaan antara tekanan statis di pintu masuk siklon dengan fluida yang keluar, penurunan tekanan ini menjadi pertimbangan karena berbanding lurus dengan kebutuhan energi. Efisiensi adalah ukuran yang menggambarkan sejauh mana siklon mampu memisahkan partikel. Perkiraan nilai efisiensi siklon didapat dari rasio gaya sentrifugal dengan gaya drag pada partikel. Faktor yang mempengaruhi kinerja *cyclone separator* diantaranya kecepatan gas inlet, viskositas, temperatur, konsentrasi partikulat, dan bentuk geometri geometri (Bogodage and Leung, 2015).

Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk meningkatkan efisiensi *cyclone separator* seperti Studi Eksperimental Pengaruh Kecepatan Aliran Masuk, *Split Ratio* Dan Diameter *Vortex Finder* Terhadap Unjuk Kerja Liquid-Liquid Cylindrical Cyclone (LLCC) Separator (Dharma, Widyaparaga and Yuandia, 2010), Efek Konfigurasi Geometri Terhadap Variasi Efisiensi Pada Aliran Axial

Cyclone (Hsiao *et al.*, 2011) dan berbagai penelitian lainnya untuk meningkatkan efisiensi *cyclone separator*.

Walaupun *cyclone separator* memiliki kelemahan yaitu memiliki efisiensi rendah (khusus pada partikel yang sangat kecil), pada aplikasinya *cyclone separator* banyak digunakan karena rancangan alat yang sederhana, biaya yang relatif rendah, pemeliharaannya mudah, dan kebutuhan lahan relatif tidak luas. Karena kecepatan masuk inlet dengan gaya sentrifugal berpengaruh terhadap persentase pemisahan partikel, untuk mengetahui lebih lanjut perlu dilakukan penelitian efek kecepatan aliran udara masuk separator terhadap efisiensi pemisahan partikel.

1.2 Rumusan Masalah

Cyclone separator merupakan alat pemisah partikel yang sederhana dan murah. Implementasi dari desain separator di dunia industri banyak sekali, dimana kinerjanya dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: kecepatan gas inlet, viskositas, temperatur, konsentrasi partikulat, dan bentuk geometri. Untuk mendapatkan pengoperasian optimal dari suatu jenis *cyclone separator* dengan bentuk geometri tertentu perlu dilakukan pengkajian lebih lanjut. Dalam hal ini dilakukan penelitian kinerja dari sebuah *cyclone multi inlet* dengan geometri tertentu terhadap kecepatan gas inlet dan densitas partikel.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini, adalah sebagai berikut:

1. Jenis separator adalah *cyclone separator multi inlet* dengan dua buah inlet.
2. Dimensi dan ukuran *cyclone separator* ditentukan berdasarkan standard Stairmand dengan diameter tabung ($D=114$ mm).
3. Ukuran partikel yang digunakan No mesh 100 ($150\ \mu\text{m}$) dengan tiga macam densitas partikel berbeda.
4. Fluida kerja adalah udara dengan suhu kamar.
5. Kinerja (efisiensi) separator hanya ditinjau terhadap variasi kecepatan udara inlet.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui hasil massa partikel yang terkumpul dan massa partikel yang terbuang dari kinerja *cyclone separator multi inlet* dengan pengaruh densitas partikel terhadap kecepatan aliran udara masuk .
2. Untuk mengetahui efisiensi *cyclone separator multi inlet* terhadap kecepatan aliran udara masuk.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini dapat menjadi referensi penelitian selanjutnya yang membahas mengenai *cyclone separator*.
2. Hasil penelitian ini dapat menjadi pertimbangan industri pabrik dalam merancang alat tipe *cyclone separator* untuk meningkatkan efisiensi pada hasil pemisahan partikel.

DAFTAR RUJUKAN

- Abrams, J. Y. *et al.* (2019) 'Impact of air pollution control policies on cardiorespiratory emergency department visits, Atlanta, GA, 1999–2013', *Environment International*. Elsevier, 126(January), pp. 627–634.
- Ahmed, S. *et al.* (2018) 'Investigation of dust particle removal efficiency of self-priming venturi scrubber using computational fluid dynamics', *Nuclear Engineering and Technology*. Elsevier Ltd, 50(5), pp. 665–672.
- Bogodage, S. G. and Leung, A. Y. T. (2015) 'i Powder Technology CFD simulation of cyclone separators to reduce air pollution', 286.
- Elsayed, K. (2011) *Analysis and Optimization of Cyclone Separators Geometry Using RANS and LES Methodologies Khairy Elsayed*.
- Ghale, R. *et al.* (2019) 'Pickling Line Fume Control with Wet Scrubber', pp. 665–669.
- Guo, J. *et al.* (2019) 'The influence of electrohydrodynamic secondary flow on the collection efficiency and deposition pattern in ESP', *Mathematical Problems in Engineering*, 2019.
- Hsiao, T. C. *et al.* (2011) 'Effect of geometric configuration on the collection efficiency of axial flow cyclones', *Journal of Aerosol Science*, 42(2), pp. 78–86. doi: 10.1016/j.jaerosci.2010.11.004.
- Nassaj (2019) 'Effects of multi inlet guide channels on the performance of a cyclone separator', *Powder Technology*. Elsevier B.V., 356, pp. 353–372.
- Pane, E. A. and Taqwamoto, G. (2019) 'Perancangan instalasi sistem pengendalian emisi debu pada area pengemasan bubuk zat adiktif', 11(2).
- Setiawan, Y., Surahman, A. and Kailani, Z. (2012) 'Pencemaran Emisi Boiler Menggunakan Batubara Pada Industri Tekstil Serta Kontribusinya Terhadap Gas Rumah Kaca (Grk)', *Arena Tekstil*, 27(2), pp. 87–94.
- Singh, P. *et al.* (2016) 'Shape optimization of a cyclone separator using multi-objective surrogate-based optimization ', *Applied Mathematical Modelling*, 40(5–6), pp. 4248–4259.

- Sinnot, R. K. (2005) 'Chapter 6: Costing and Project Evaluation. *RK Sinnot. Coulson & Richardson's Chemical Engineering: Chemical Engineering Design. 4th ed. Oxford*', Elsevier Butterworth-Heinemann, 243-283
- Stairmand, C.J. (1951) 'The Design and Performance of Cyclone Separator, *Transactions Chemical Engineering*' 29,356-383.
- Vijay, V. K. V. K. and Agarwal, U. S. (2008) 'Studies on Centrifugal Clarification of Sugarcane Juice - Possibilities and Limitations', *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, X, pp. 1–11.
- Wang, B. *et al.* (2006) 'Numerical study of gas-solid flow in a cyclone separator', *Applied Mathematical Modelling*, 30(11), pp. 1326–1342.
- Wasilewski, M. and Ligus, G. (2018) 'The effect of vortex finder shape on separation efficiency and pressure drop in lower-stage cyclones used for clinker burning. A CFD study', *Engineering Mechanics 2018*, (Table 1), pp. 917–920.
- Wenk, S. E. *et al.* (1990) 'Phosphate Industry', pp. 139–143.
- Xu, W. W. *et al.* (2016) 'Numerical study of particle deposition and scaling in dust exhaust of cyclone separator', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 129(1).
- Zhang, P. *et al.* (2019) 'Numerical investigation on gas-solid flow in a circumfluent cyclone separator', *Aerosol and Air Quality Research*, 19(5), pp. 971–980.