

EVALUASI KINERJA *CYCLONE SEPARATOR* DENGAN SIMULASI KOMPUTASI DINAMIKA FLUIDA

PERFORMANCE EVALUATION OF *CYCLONE SEPARATOR* WITH COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC SIMULATION

Bazlina Dawami Afrah¹, Tubagus Riadz², Novia Novia¹, Nurul Ilmi¹, Violanda Dwi Wulandari¹

¹ Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

² PT. Lotte Chemical Titan Nusantara, Cilegon, Indonesia

Email: bazlina.afrah@ft.unsri.ac.id

ABSTRAK

Perusahaan penghasil polietilena jenis *High Density Polyethylene* (HDPE) dan *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE) terdiri dari beberapa unit, yaitu unit pra-polimerisasi, unit polimerisasi, unit pemberian *additive* dan *pelletizing*, dan unit pengepakan. Pada unit polimerisasi terjadi reaksi polimerisasi polietilene berlangsung selama $\pm 4-5$ jam. Gas hidrokarbon yang meninggalkan reaktor dipisahkan dalam *cyclone*. Oleh karena itu performa dari *cyclone* perlu diperhatikan. *Cyclone* merupakan alat kontrol partikulat yang sangat umum digunakan pada banyak aplikasi, salah satunya untuk pemisahan *powder* dari gas hidrokarbon. Performa *cyclone* pemisah dapat ditinjau dari kemampuan pengumpulan *powder* yang dapat dicapai oleh *cyclone* tersebut. Pada studi kali ini, perhitungan efisiensi *cyclone* menggunakan metode Lapple dan simulasi dengan *Computational Fluid Dynamic* (CFD) *Ansys Fluent* 2022. Metode Lapple dilakukan dengan mengasumsikan partikel yang masuk didistribusikan pada permukaan inlet. Sementara CFD membantu dalam memprediksi efisiensi dan meninjau kontur tekanan, kecepatan, dan turbulen pada *cyclone* selama proses pemisahan. Berdasarkan metode Lapple perhitungan efisiensi dari *cyclone* didapatkan sebesar 83,51% dan perhitungan efisiensi hasil simulasi CFD menggunakan *Ansys Fluent* 2022 didapatkan sebesar 82%.

Kata Kunci: Efisiensi *cyclone*, Metode Lapple, CFD.

ABSTRACT

The company producing High-Density Polyethylene (HDPE) and Linear Low-Density Polyethylene (LLDPE) consists of several units, namely pre-polymerization, polymerization, additive and pelletizing, and packaging units. The polymerization unit in the polyethene polymerization reaction lasts for \pm 4-5 hours. The separated gases are separated in a cyclone. Therefore, the performance of the cyclone needs to be considered. Cyclone is a particulate control tool that is commonly used in many applications, one of which is separating powder from gas suppression. The performance of the cyclone can be seen from the powder collection ability that the cyclone can achieve. In this study, the calculation of cyclone efficiency uses the Lapple method and simulates it with Computational Fluid Dynamic (CFD) Ansys Fluent 2022. The Lapple method is carried out by assuming the incoming particles rest on the inlet surface. At the same time, CFD helps predict efficiency and contour contours of pressure, velocity, and turbulence in cyclones during the separation process. Based on the Lapple method, the efficiency of the cyclone is 83.51%, and the efficiency calculation of the CFD simulation using Ansys Fluent 2022 is 82%.

Keywords: *Cyclone Efficiency, Lapple Method, CFD.*

1. PENDAHULUAN

Perusahaan penghasil polietilena jenis HDPE dan LLDPE terdiri dari beberapa unit, yaitu unit prepolimerisasi, unit polimerisasi, unit pemberian *additive* dan *pelletizing*, dan unit pengepakan (Rahmadiny dkk, 2019). Pada unit polimerisasi terdapat proses pembuatan polimer polietilena yang berlangsung selama \pm 4 – 5 jam. Produk polietilena dapat dihasilkan melalui serangkaian proses yang saling terintegrasi. Reaksi polimerisasi terjadi

secara eksotermal sehingga untuk menjaga temperatur reaktor yang konstan diperlukan penghilangan panas dari reaksi, yaitu dengan menggunakan 2 buah *exchanger* pada gas *loop* yang berfungsi menjaga *Fluidized bed Reactor* supaya suhunya tidak lebih dari 80 °C. Selain itu dapat juga memanfaatkan pendinginan gas hidrokarbon yang meninggalkan reaktor dari bagian atas sebagai pendingin reaksi. Gas hidrokarbon yang meninggalkan reaktor dipisahkan dalam separator utama, *finer* yang dibawa oleh gas hidrokarbon akan

dikembalikan ke dalam reaktor melalui *Recycle Ejector*. Sedangkan gas sisa didinginkan di *Primary Gas Cooler*, gas yang telah dingin akan dikembalikan ke reaktor bersama dengan umpan gas melalui kompresor utama. Setelah itu umpan gas tersebut didinginkan kembali pada *Final Cooler* sebelum ke dalam reaktor *Fluidized bed*. Setelah $\pm 4 - 5$ jam, reaksi polimerisasi diharapkan optimum, polietilena diambil melalui *Lateral Withdrawal Lock Hopper* dari bagian samping reaktor dengan memanfaatkan *Rotating Full Bar Valve* pada bagian atas dan bawah *hopper* ini yang bekerja secara berlawanan. Dari *Lock Hopper*, *powder* polimer mengalir ke *Primary Degassing* berdasarkan perbedaan tekanan (Jeffrey dkk, 2019). Penggunaan *cyclone* pemisah sangat mempengaruhi fungsi pemisahan *powder* dengan gas hidrokarbon.

Performa dari *cyclone* menjadi hal penting untuk diperhatikan, salah satu parameter dari kinerja *cyclone* ialah efisiensi pengumpulan partikulat. Partikulat yang tidak berpisah dengan gas hidrokarbon akan membuat *powder* yang dihasilkan tidak cukup murni dan tidak menghasilkan produk yang sesuai (Sriyono, 2012). Oleh karena itu dilakukan analisa kinerja alat tersebut dengan faktor yang dievaluasi adalah kecepatan *inlet* gas dan diameter

partikulat dengan dibantu oleh simulasi program CFD *Ansys Fluent 2022*. Beberapa metode perhitungan yang dapat digunakan untuk menghitung efisiensi *cyclone* ialah metode Lozia dan Leith, metode Li dan Wang, metode Koch dan Licht, dan metode Lapple (Muriliasari dan Murinto, 2013). Metode yang digunakan untuk mengetahui efisiensi pengumpulan *cyclone* pada studi ini ialah metode Lapple, dikarenakan metode ini sangat umum digunakan pada perhitungan efisiensi *cyclone* (Kurniawan dan Wirasembada, 2012). Program CFD *Ansys Fluent 2022* memprediksi kontur dari kecepatan, tekanan, dan turbulensi dari *cyclone* pemisah di PT. Lotte Chemical Titan Nusanatara.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode perhitungan efisiensi *cyclone* menggunakan metode Lapple dan simulasi menggunakan *software Ansys Fluent 2022*. Metode Lapple mengasumsikan partikel yang masuk didistribusikan secara merata pada permukaan *inlet*. Metode ini biasa digunakan untuk menghitung efisiensi *cyclone separator* pada industri. *Software Ansys Fluent 2022* akan membantu dalam memprediksi efisiensi dan meninjau kontur tekanan, kecepatan,

dan turbulen pada *cyclone*. Formula yang digunakan pada metode Lapple terdiri dari menghitung *cut point diameter* dan menghitung efisiensi. Adapun formula yang digunakan dengan metode Lapple disajikan di bawah ini:

- Formula perhitungan *cut point diameter* (Wang, 2004).

$$D_{pc} = \sqrt{\frac{9\mu B}{2\pi N_e V_i (\rho_p - \rho_g)}} \dots\dots [1]$$

dengan:

μ adalah Viskositas fluida

B_c adalah Lebar saluran masuk (m)

ρ_p adalah Densitas partikel (kg/m³)

ρ_g adalah Densitas gas (kg/m³)

v_i adalah Kecepatan *inlet* gas (m/s)

N adalah Jumlah putaran dalam gas

- Formula perhitungan *pressure drop* (Cooker, 1995)

$$\Delta P = 0.003 \rho_f V_i N_H \dots\dots\dots [2]$$

dengan,

ΔP adalah *Pressure drop* (inch H₂O)

ρ_f adalah Densitas gas (lb/ft³)

V_i adalah Kecepatan gas *inlet* (ft/s)

- Formula perhitungan efisiensi *cyclone separator* (Wang, 2004).

$$\eta = \frac{1}{1 + \left(\frac{D_{pc}}{D_{pi}}\right)^2} \dots\dots\dots [3]$$

dengan,

η adalah Efisiensi *cyclone separator* (%)

D_{pi} adalah Diameter partikel *inlet* (10⁻⁶ meter)

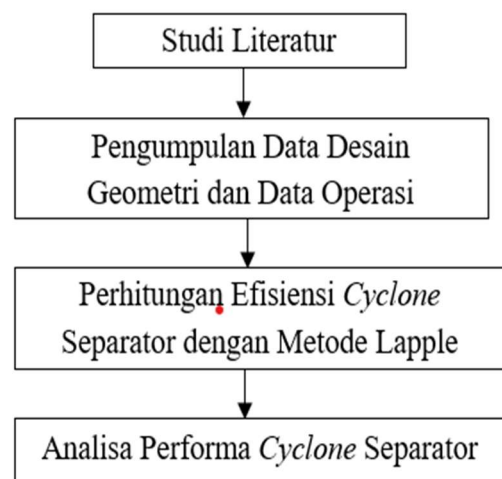
D_{pc} adalah *Cut point diameter* (10⁻⁶ meter)

- Perhitungan nilai *error* hasil simulasi *Ansys Fluent 2022* terhadap data desain dan data actual

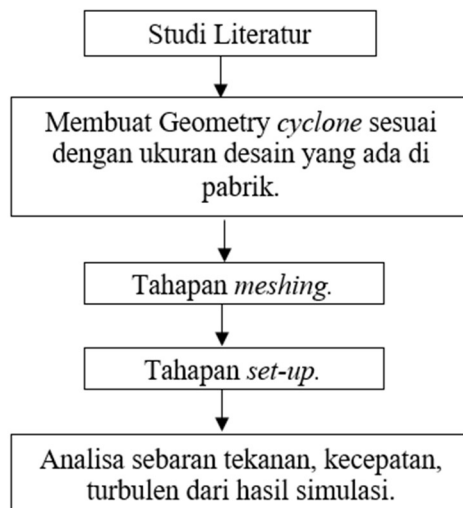
$$Error = \sum \left(\frac{Data\ Aktual - Data\ Desain}{Data\ Desain} \right) \dots [3]$$

2.1. Diagram Alir Evaluasi

Data alir dari evaluasi *cyclone separator* dengan metode Lapple dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir evaluasi *cyclone separator* dengan metode Lapple
 Diagram alir dari evaluasi *cyclone separator* dengan simulasi *Ansys Fluent 2022* dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir evaluasi cyclone separator dengan simulasi Ansys Fluent 2022

2.2. Data

Pengumpulan data diperoleh melalui data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari *control room* unit polimerisasi (PT. Lotte Chemical Titan Nusantara, 2022) dan data sekunder diperoleh melalui studi literatur dari berbagai sumber seperti buku dan jurnal. Berdasarkan data yang terkumpul, dilakukan pengolahan data untuk mengetahui efisiensi kinerja *cyclone*. Data desain *cyclone* yang didapat dari *mechanical drawing* yang digunakan untuk simulasi menggunakan *Ansys Fluent 2022*.

A. Data Desain Geometri

Diameter Silinder : 1,7 m
 Tinggi Saluran *Inlet* : 3,4 m
 Lebar Saluran *Inlet* : 0,34 m
 Diameter Saluran *Outlet*: 0,84 m

Tinggi Saluran *Outlet* : 1,0625 m
 Tinggi Silinder : 3,425 m
 Tinggi Cone : 3,4 m
 Diameter Cone : 1,7 m

B. Data Evaluasi

Densitas gas : 0,42 lb/ft³
 Densitas partikel : 920 kg/m³
 Viskositas fluida : 1,433 x10² Cp
Flowrate : 187060,3 m³h

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Cyclone separator merupakan alat yang bekerja dengan *suspense gas* mengalir spiral pada ruang yang tertutup, sehingga partikel dihembuskan menuju dinding *vessel* dengan gas sentrifugal. Partikel akan bergerak ke bagian bawah oleh gaya gravitasi dan dihilangkan dari *cyclone* didasar penampung dan gas yang telah disaring akan berputar keluar ke bagian atas (Taiwo dkk, 2016) *Cyclone* relatif murah, mudah dirancang dibutuhkan sedikit pemeliharaan, serta bekerja pada suhu atau tekanan yang tinggi.

Kerja *cyclone separator* ini di pengaruhi oleh berbagai faktor yaitu ukuran partikel, kecepatan gas *inlet*, densitas partikel, *dust-loading* dan diameter *cyclone* (Rahmawati dkk, 2020). Diameter partikel yang masuk ke dalam *cyclone* dapat mempengaruhi efisiensi dari *cyclone*, semakin besar partikel yang masuk dapat memudahkan proses pemisahan partikel sehingga

efisiensi *cyclone* meningkat. Jika dirancang dengan baik, *cyclone* dapat mengumpulkan partikel lebih besar dari 10 μm dengan efisiensi yang tinggi (Kurniawan dan Wirasembada, 2012).

Cyclone tidak dapat digunakan pada pengolahan dengan sifat partikel yang melekat atau padatan dengan kandungan kelembapan yang tinggi, karena memungkinkan terjadi penggumpalan dan penyumbatan. Faktor selanjutnya yaitu kecepatan gas *inlet* yang semakin tinggi akan meningkatkan efisiensi *cyclone* dan berpengaruh pada *pressure drop* yang dihasilkan (Funk dkk, 2000). Faktor lainnya yang mempengaruhi efisiensi *cyclone* adalah *dust loading* yaitu jumlah *powder* atau partikel dalam gas yang masuk ke dalam *cyclone*. Jumlah *powder* yang semakin besar dapat meningkatkan efisiensi, namun jumlah *powder* yang masuk harus sebanding dengan kecepatan inlet agar tidak menyebabkan sumbatan pada *cyclone*. Efisiensi partikel juga semakin meningkat dengan meningkatnya densitas partikel. Faktor yang terakhir mempengaruhi efisiensi kinerja *cyclone* yaitu diameter silinder *cyclone*. Ukuran diameter yang semakin kecil dapat meningkatkan tekanan gas yang mengalir, sehingga efisiensi *cyclone* mengalami peningkatan (Frank dan Hariandja, 1988).

Perhitungan efisiensi menggunakan metode Lapple. Perhitungan efisiensi dilakukan pada variasi diameter partikel dan kecepatan *inlet*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari kedua variabel tersebut terhadap efisiensi. Kondisi Kecepatan *inlet* gas yang digunakan yaitu 59 ft/s yang didapatkan dari perhitungan total *flow rate* dan luas penampang (Perry dan Green, 1988). Perhitungan untuk efisiensi pada *cyclone* yang pertama dilakukan dengan

memvariasikan diameter partikel seperti pada tabel 3.1. Tabel tersebut menunjukkan hasil perhitungan dari efisiensi yang ditinjau dari perbedaan ukuran diameter partikel.

Tabel 3.1. Pengaruh Diameter Partikel terhadap Efisiensi *Cyclone*

Diameter Partikel (μm)	Efisiensi <i>Cyclone</i> (%)
5	12,13
10	35,57
20	68,83
30	83,51
40	89,83
50	93,24
60	95,21
70	96,43

Tabel 3.2 menunjukkan hasil perhitungan efisiensi dari variasi kecepatan *inlet* gas (*feed cyclone*) dengan diameter partikel rata-rata 19 μm . Variasi kecepatan *inlet* yang dilakukan dari 20-

80 ft/s atau 5-30 m/s (Rahman dkk, 2006). Nilai kecepatan *inlet* yang dioperasikan sebesar 59 ft/s atau 17,98 m/s. Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa efisiensi *cyclone* meningkat dengan semakin besarnya kecepatan *inlet*. Adapun hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 3.2 dibawah ini.

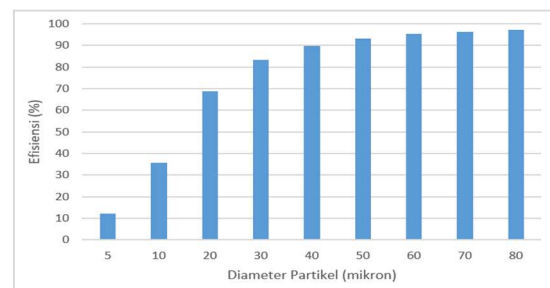
Tabel 3.2. Pengaruh Kecepatan *Inlet* Gas terhadap Efisiensi *Cyclone*

Kecepatan <i>Inlet</i> Gas (m/s)	Efisiensi <i>Cyclone</i> (%)
5	12,13
10	35,57
15	68,83
20	83,51
25	89,83
30	93,24

3.1. Pengaruh Diameter Partikel terhadap Efisiensi *Cyclone*

Faktor yang mempengaruhi efisiensi *cyclone* salah satunya yaitu ukuran diameter partikel yang masuk ke dalam *cyclone*. Variasi ukuran partikel pada kecepatan inlet 59 ft/s menunjukkan bahwa semakin besar ukuran partikel, maka efisiensi *cyclone* juga meningkat. Ukuran partikel yang semakin besar akan semakin mudah untuk dipisahkan dari gas sehingga efisiensi dari *cyclone* meningkat karena *cyclone* merupakan

alat pengendali pencemaran udara yang efektif memisahkan gas dari *powder* (Tahti dan Goodfellow, 2001). Ukuran maksimum partikel masuk ke dalam *cyclone* adalah 70-90 mikron (Schnelle dan Brown, 2002).



Gambar 3. Pengaruh Diameter Partikel terhadap Efisiensi *Cyclone*

Berdasarkan gambar 3 pengaruh diameter terhadap efisiensi *cyclone* diatas terlihat bahwa diameter partikel tertinggi didapatkan pada diameter partikel 70 μm dengan nilai 96,5% dan efisiensi terendah pada diameter partikel 5 μm dengan nilai efisiensi 12,33%. Uji statistik dengan regresi linier menunjukkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,7639 untuk pengaruh diameter partikel dengan efisiensi *cyclone*. Umumnya diameter yang dihasilkan pabrik berkisar 55-90 μm . Merujuk ukuran tersebut, *cyclone separator* yang digunakan pada pabrik polietilena memiliki efisiensi diatas 93%. Pernyataan ini sesuai dengan fakta di industri yang memiliki tingkat efisiensi partikel dari *cyclone* pada unit

polimerisasi memiliki efisiensi global tinggi pada kisaran 94-97%.

Berdasarkan penelitian Maheshwari dan Parmar (2018) kinerja *cyclone separator* dapat diukur dalam hal efisiensi pengumpulan. Metode yang digunakan dalam penelitian ialah metode Lapple dimana dikembangkan berdasarkan keseimbangan gaya tanpa mempertimbangkan hambatan aliran. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi tertinggi yaitu 99% dengan ukuran partikel 120 mikron dan efisiensi terendah yaitu 1% dengan ukuran partikel 256 mikron. Efisiensi kumulatif yang dicapai dengan metode Lapple adalah 86,47%.

3.2. Pengaruh Kecepatan Inlet terhadap Efisiensi Cyclone

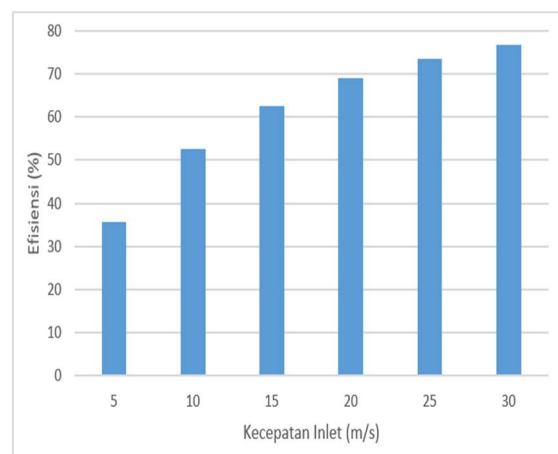
Faktor yang juga mempengaruhi efisiensi *cyclone* yaitu kecepatan *inlet*. Berdasarkan data perhitungan yang dilakukan pada diameter 19 μm dan kecepatan *inlet* yang divariasikan menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan inlet maka efisiensi *cyclone* akan meningkat. Partikel yang akan dipisahkan harus mempunyai kecepatan yang cukup agar tetap berada di dinding *cyclone*.

Daerah dinding *cyclone* terjadi *vortex* paksa. Gaya sentrifugasi dan gravitasi dapat menyebabkan partikel

tersebut akan berputar di dinding silinder *cyclone* hingga ke daerah *cone* kemudian masuk ke *hopper*. Kecepatan *inlet* yang semakin besar dapat meningkatkan efisiensi pengumpulan dari *cyclone* dan meningkatkan *pressure drop* (Husairy dan Leonanda, 2014). Gambar 4 menunjukkan pengaruh kecepatan *inlet* terhadap efisiensi pengumpulan *cyclone*.

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan diketahui efisiensi tertinggi didapat pada kecepatan *inlet* 30 m/s dan efisiensi terendah pada kecepatan *inlet* 5 m/s. Peningkatan kecepatan pada sisi *inlet* menyebabkan tekanan pada bagian *inlet* juga meningkat dan *pressure drop* yang dihasilkan lebih tinggi (Muchammad, 2007).

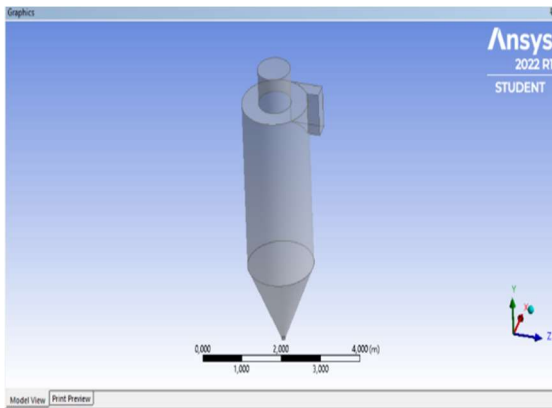
Berdasarkan analisa statistik regresi linier menunjukkan bahwa hubungan antara efisiensi pengumpulan partikel dengan kecepatan *inlet* sangat besar dengan nilai koefisien determinasi (R^2) yaitu sebesar 0,9118.



Gambar 4. Pengaruh Kecepatan *Inlet* terhadap Efisiensi *Cyclone*

3.3. Simulasi *Cyclone* menggunakan *Ansys Fluent 2022*

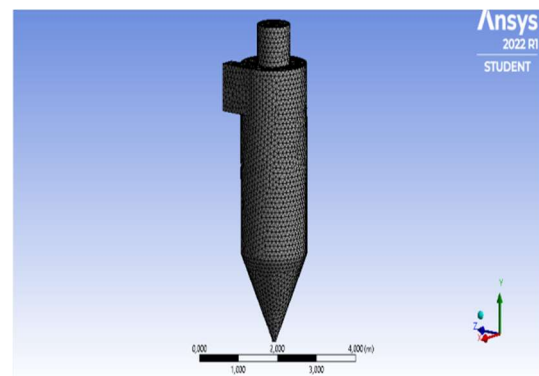
Tahapan dalam simulasi *cyclone* menggunakan software *Ansys Fluent 2022* mempunyai fungsi untuk meninjau aliran-aliran yang terjadi pada objek simulasi. Tahap awal simulasi dimulai dengan membuat geometri *cyclone* sesuai dengan ukuran desain geometri *cyclone* yang ada di pabrik. Pembuatan desain geometri dimulai dengan membuat per bagian yang dimulai dari *vortex finder*, silinder dan *cone cyclone* dengan fitur *boolean* yang ada pada *Ansys Fluent 2022*. Gambar dari desain geometri *cyclone* disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Desain geometri *cyclone*.

Tahapan selanjutnya ialah melakukan *meshing* menggunakan *fine meshing* dikarenakan kualitas *meshing*

dapat mempengaruhi konvergensi saat iterasi. *Meshing* dengan detail yang bagus memudahkan *Ansys Fluent* untuk mendefinisikan proses *cyclone* hingga ke bagian sudut detail *drawing*. Tahapan *meshing* yang baik menghasilkan tingkat *error* yang lebih minimum. Tahapan *meshing* diawali dengan penamaan bidang-bidang yang ada di *cyclone*. Tahapan ini disebut *named selection* bertujuan untuk mendefinisikan bagian *inlet*, *top outlet*, dan *bottom outlet*. Tahapan setelah mendefinisikan bagian *cyclone* dilanjutkan dengan *meshing* dengan memilih fitur *fine meshing*. Tahapan *meshing* seperti Gambar 6.

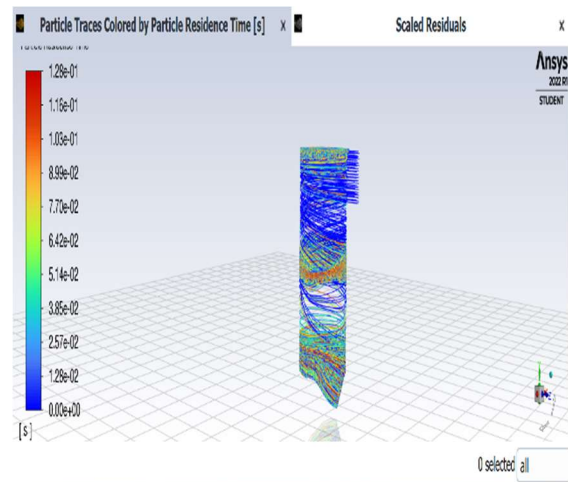


Gambar 6. *Meshing cyclone*.

Tahapan selanjutnya ialah *set-up* yang bertujuan memasukkan data-data operasi pada *cyclone*. Kecepatan *inlet* dan diameter partikel yang digunakan pada simulasi ialah 59 ft/s dengan diameter partikel 70 μm sesuai dengan kondisi operasi *cyclone* yang berada di unit polimerisasi. Simulasi *cyclone* ini

membutuhkan iterasi sebanyak 1000 kali hingga mencapai konvergen. Hasil dari simulasi dapat dilihat dalam bentuk grafik, diagram maupun kontur. Simulasi ini memprediksi kontur tekanan, kecepatan, turbulensi dan partikel yang tertangkap.

Berdasarkan perhitungan simulasi diketahui bahwa *trapped particle* sebanyak 80,42 dan *escaped particle* sebanyak 18,21. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui efisiensi pengumpulan dari *cyclone separator* sebanyak 82% yang mana dihitung dari perbandingan *trapped particle* dan *particle tracking*. Hasil simulasi yang dilakukan berbeda dari perhitungan efisiensi yang dilakukan dengan metode Lapple sebesar 96,43%. Berdasarkan hasil tersebut terjadi selisih 14,43% antara hasil perhitungan efisiensi dari metode Lapple dan simulasi *Ansys Fluent 2022*. Berdasarkan nilai data aktual dan data desain dari simulasi *Ansys Fluent 2022* didapatkan nilai error sebesar 0,13. Gambar 7 menunjukkan *particle tracking* pada simulasi yang dilakukan.



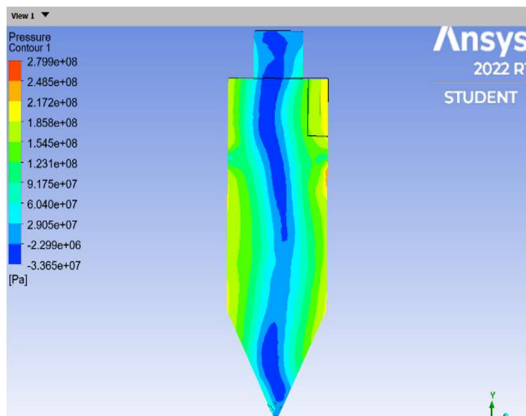
Gambar 7. Particle Tracking Hasil Simulasi *Ansys Fluent 2022*.

1) Kontur Tekanan Berdasarkan Hasil Simulasi *Ansys Fluent 2022*

Tekanan maksimum pada *cyclone* terjadi pada daerah *inlet*, hal ini disebabkan karena pada daerah ini partikel dan udara saling bertumbukan. Daerah *inlet* berada pada sisi kanan dinding *cyclone*. Tekanan maksimum ditandai dengan warna merah pada kontur. Tekanan minimum terdapat pada bagian tengah *cyclone* seperti yang ditunjukkan pada gambar 6 dengan warna biru. Berdasarkan simulasi yang dilakukan diketahui tekanan maksimum sebesar 131,1 mbar dan tekanan minimum -5 mbar. Kontur tekanan juga dipengaruhi lebar *inlet*, dengan semakin besarnya saluran *inlet* akan meningkatkan kontur tekanan dikarenakan jumlah udara

masuk lebih besar (Husairy dan Leonanda, 2014).

Performa *cyclone* juga dapat ditinjau dari *pressure drop*. Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan didapat *pressure drop* yang dihasilkan dengan kecepatan *inlet* 59 ft/s sebesar 100,47 mbar. Ditinjau dari hasil simulasi yang diperoleh, diketahui selisih tekanan maksimum dan minimum yang terjadi di *cyclone* sebesar 136,1 mbar. Hasil simulasi *Ansys Fluent 2022* dan perhitungan secara manual terdapat perbedaan sebesar 35,63 mbar.



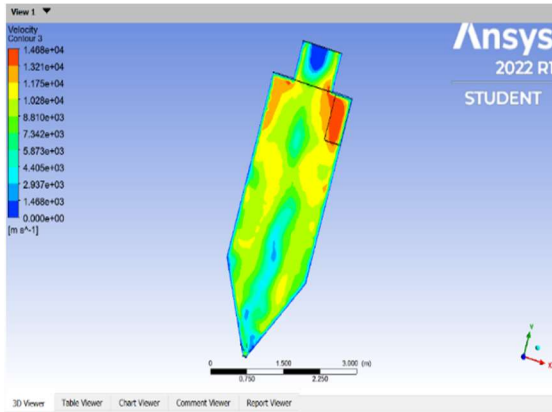
Gambar 8. Kontur Tekanan Hasil Simulasi *Ansys Fluent 2022*

2) Kontur Kecepatan Berdasarkan Hasil Simulasi *Ansys Fluent 2022*.

Kontur selanjutnya yang diamati pada simulasi ini ialah kontur kecepatan. Berdasarkan hasil simulasi diketahui bahwa kecepatan maksimum terdapat pada bagian

inlet dan kecepatan minimum pada bagian *bottom outlet*. Kecepatan *inlet* yang diatur pada bagian setup sebesar 59 ft/s. Berdasarkan hasil simulasi diketahui kecepatan maksimum yang dapat dicapai sebesar 14683 m/s. Bagian *bottom outlet* menjadi muara dari *powder* yang tertangkap oleh *cyclone* sehingga pada bagian tersebut kecepatan minimum berada dengan ditandai oleh warna biru pada kontur tersebut. Berdasarkan gambar 7 juga dapat diketahui bahwa bagian sisi dinding kecepatannya cukup tinggi. Hal ini dikarenakan pada bagian dinding terjadi gaya sentrifugal yang mengantarkan partikel-partikel hingga ke bagian *bottom outlet* (Rahmawati dan Sentosa, 2014).

Daerah *cone* dibuat agar terjadi kecepatan rotasi yang cukup dari partikel untuk mempertahankan gerakan partikel pada dinding. Semakin cepat masukan *inlet* maka kesempatan partikel untuk tetap berada di dinding *cyclone* semakin besar dan persentase pengumpulan partikel pun semakin tinggi. Pada umumnya tinggi *cone* sama dengan tinggi silinder *cyclone*.

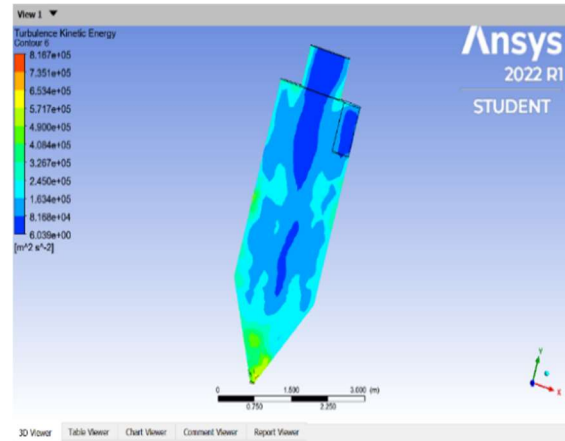


Gambar 9. Kontur Kecepatan Hasil Simulasi *Ansys Fluent 2022*

3) Kontur Turbulen Berdasarkan Hasil Simulasi *Ansys Fluent 2022*

Turbulen merupakan salah satu bentuk aliran yang berfluktuasi terhadap ruang dan waktu. Turbulen terjadi ketika gaya inersia dalam fluida menjadi sangat dominan dibandingkan gaya viskos yang dapat dicirikan dengan tingginya *Reynold Number*. Simulasi dilakukan menggunakan *software Ansys Fluent 2022* dengan persamaan k-epsilon RNG. K-epsilon RNG digunakan, karena pada model RNG menyediakan efek putaran pada turbulensi sehingga meningkatkan akurasi untuk model aliran yang berputar. Model RNG digunakan untuk mensimulasikan putaran aliran udara. Berdasarkan hasil simulasi diketahui bahwa tingkat turbulensi tertinggi terdapat pada bagian tengah yang merupakan

area silinder dan *cone cyclone*. Nilai maksimum dari turbulen tersebut sebesar $8167 \text{ m}^2/\text{s}^2$ dan nilai minimum turbulen yang terjadi pada *cyclone* sebesar $6,039 \text{ m}^2/\text{s}^2$.



Gambar 10. Kontur Turbulen Hasil Simulasi *Ansys Fluent 2022*

Bahar dkk, 2022 telah melakukan sebuah penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pemisahan fasa *solid* dan gas berdasarkan ukuran partikel pada *cyclone separator*. Pada penelitian ini ditambahkan *blade cross shape* pada *vortex finder* dengan variasi lebar 0 mm, 5 mm, dan 10 mm, *vortex finder* thickness di variasikan dengan ukuran 1 mm, 5 mm, 10 mm, dan 15 mm. Kedua variasi tersebut disimulasikan dengan *Computational Fluid Dynamics (CFD)* untuk mengetahui pengaruh variasi tersebut terhadap medan aliran dan peforma yang terjadi pada *cyclone separator*.

Reynold stress model (RSM) digunakan untuk mensimulasikan aliran

yang terjadi. Menggunakan metode Eulerian Lagrangian digunakan untuk memprediksi pergerakan partikel pada *new cyclone*. Metode Rosin-Rammler digunakan dalam simulasi numerik untuk menerapkan *Particle Size Distribution* (PSD). Hasil simulasi menyatakan bahwa bertambahnya *vortex finder thickness* dan lebar *blade cross shape* dapat meningkatkan efisiensi pengumpulan dan menurunkan nilai *pressure drop new cyclone separator* dengan hasil terbaik memiliki nilai efisiensi pengumpulan sebesar 92,03% dan nilai *pressure drop* sebesar 194.23 Pa.

4. KESIMPULAN

Diameter partikel, dan *inlet velocity* merupakan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi performa *cyclone*. Performa *cyclone* optimum terjadi pada kondisi *inlet velocity* 59 ft/s dan diameter partikel *inlet* 30 μm selaras dengan diameter partikel aktual di lapangan yaitu lebih dari 19 μm . Secara teoritis dengan metode Lapple perhitungan efisiensi dari *cyclone* diperoleh sebesar 83,51%. Sementara itu perhitungan efisiensi dari hasil simulasi menggunakan *Ansys Fluent 2022* didapatkan sebesar 82%. Berdasarkan simulasi diketahui bahwa tekanan maksimum terjadi pada bagian dinding *cyclone*, kecepatan maksimum terdapat pada bagian *inlet*, dan tingkat

turbulen tertinggi terjadi di bagian tengah antara *cyclone* dan *cone* silinder. Sebaiknya pengambilan data sampel dilakukan dalam jumlah yang lebih banyak agar performa *cyclone separator* dapat dianalisa dengan lebih akurat dan sebaiknya dilakukan analisa performa alat penunjang *cyclone separator*.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahar, S., Yohana, E., Utomo, T., dan Zaman, S. 2022. Simulasi Numerik Pengaruh Modifikasi Vortex Fider Terhadap Performa New Cyclone Separator. *Jurnal Rotasi*. Vol. 24(1): 42-49.
- Bashir, K. 2015. *Design And Fabrication of 2D2D Cyclone Separator Having Cut Point of 6.8 Micron Particle With Separation Efficiency 98.8%*. Tesis Program Magister. University of Gujarat.
- Cooker, A.K. 1995. *Fortran Programs for Chemical Process Design Analysis, and Simulation*. Elsevier Science & Technology: Amsterdam.
- Frank, M. W dan Hariandja, M. 1998. *Mekanika Fluida Edisi Kedua Jilid 2*. Erlangga: Jakarta.
- Funk, P. A., Hughs, E dan Holt, G. A. 2000. Entrance Velocity Optimization for Modified Dust Cyclone. *Journal of Cotton Science*. Vol 4(1): 178-182.

- Husairy, A dan Leonanda, B.D. 2014. Simulasi Pengaruh Variasi Kecepatan Inlet Terhadap Persentase Pemisahan Partikel Pada Cyclone Separator Dengan Menggunakan CFD. *Jurnal Rekayasa Sipil*. Vol. 10(1): 12-21.
- Jeffrey., Isranuri, Sabri, M., Abda, S., dan Marragi, M. 2019. Analisa Simulasi Temperatur dan Tekanan Menggunakan Aplikasi ANSYS 15.0 pada Ruang Bakar Turbin Gas untuk Mengetahui Tingkat Keadaan. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol 7(3): 67-80.
- Kurniawan, A., dan Wirasembada, Y. C. 2012. Penentuan Efektivitas Desain Unit Cyclone untuk Mereduksi Partikulat di Udara. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. Vol 1(3): 4-9.
- Maheshwari, F., dan Parmar, A. 2018. A Review Study on Gas-Solid Cyclone Separator using Lapple Model. *Journal of Civil Engineering*. Vol 4(1): 1-5.
- Muchammad. 2007 Simulasi Efek Turbo Cyclone Terhadap Karakteristik Aliran Udara Pada Saluran Udara Sepeda Motor 4 Tak 100 Cc Menggunakan Computational Fluid Dynamics. *Jurnal Rotasi*. Vol. 9(1): 6-16.
- Muriliasari, R., dan Murinto. 2013. Analisis Perbandingan Metode Li dan Chan-Vese pada Proses Segmentasi Citra Digital. *Jurnal Sarjana Teknik Informatika*. Vol 1(2): 666-679.
- PT Lotte Chemical Titan Nusantara. 2022. Data Evaluasi Cyclone Separator. Cilegon, Banten. Unit Operasi Polyethylene-3.
- PT Lotte Chemical Titan Nusantara. 2022. Data Desain Geometry Cyclone Separator. Cilegon, Banten. Unit Operasi Polyethylene-3.
- PT Lotte Chemical Titan Nusantara. 1987. About Company PT Lotte Chemical Titan Nusantara. <https://www.lottechem.co.id/company/about.asp> (Diakses pada tanggal 15 Desember 2021).
- Rahmadiny, A., Bargreitha, A., Pamungkas, T., Chandra R., Angky, M., dan Setiawan, A. 2019. Penggunaan Material Limbah *High Density Polyethylene* (HDPE) sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar pada Campuran Beton. *Jurnal Widyakala*. 6(1): 6-11.
- Rahman, M., Syam, R., dan Jalaluddin. 2006. Re-Desain Dust Collector dengan Cyclone System untuk Pabrik Semen. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol 1(2): 1-8.
- Rahmawati, D dan Santosa, B. 2014. Pengaruh *Head* dan Luas *Underflow* terhadap Efisiensi Pemisahan

- Sedimen *Hydrocyclone*. *Jurnal Desain Kontruksi Volume*. Vol 13(2): 73-87.
- Rahmawati, F., Samadikun, B. P dan Hadiwidodo, M. 2020. Evaluasi Kinerja Alat Pengendali Partikulat Cyclone dan Wet Scrubber Unit Paper Mill 7/8 PT. Pura Nusapersada Kudus. *Jurnal Presipitasi*. Vol 17(2): 144-153.
- Schenelle, K. B dan Brown, C. A. 2002. *Air Pollution Control Technology Handbook*. Taylor & Francis: United Kingdom.
- Sriyono. 2012. *Analisis dan Pemodelan Cyclone Separator Sebagai Prefilter Debu Karbon pada Sistem Pemurnian Helium Reaktor RGTT200K*. Prosiding Seminar Nasional ke-18 Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir. Hal: 215-225.
- Perry, J dan Green, D. 1988. *Chemical Engineer's Handbook, 6 th*. McGraw Hill Book Comp Inc: New York
- Tahti, E dan Goodfellow, H.D. 2001. *Industrial Ventilation Design Guidebook*. Akademik Press: Canada.
- Taiwo, M. I., Namadi, M. A dan Mokwa, J. B. 2016. Design and Analysis of Cyclone Dust Separator. *Journal America of Engineering Research*. Vol 5(4): 130-134.
- Wang, L. 2004. Theoretical Study Of Cyclone Design. Disertasi Program Doktor, Texas A&M University.