

## SIMULASI NUMERIK *CYCLONE SEPARATOR* PADA PENGGILINGAN PADI

\*Muhamad Iliyas<sup>1</sup>, Norman Iskandar<sup>2</sup>, Sulardjaka<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*E-mail: muhamadiliyascr7@gmail.com

### Abstrak

Salah satu komoditas pertanian yang menjadi mayoritas di Indonesia adalah padi. Industri penggilingan padi merupakan salah satu subsistem agribisnis yang berperan penting mengolah gabah sebagai input menjadi beras dan produk lainnya berupa dedak. Salah satu industri penggilingan padi yang terletak di sekitar area Semarang adalah Unit Dagang (UD) Sumber Makmur. Salah satu masalah pada UD Sumber Makmur adalah kurangnya efisiensi pengumpulan dedak yang mengakibatkan perolehan dedak yang kurang maksimal dan timbul polusi dari dedak yang tidak terkumpul dengan baik. Proses pengumpulan partikel dedak pada UD Sumber Makmur menggunakan *cyclone separator* atau biasa disebut siklon, namun efisiensi pengumpulan partikel dari siklon tersebut kurang maksimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui geometri terbaik siklon yang dapat menghasilkan nilai efisiensi tertinggi dan mengetahui pengaruh ukuran partikel terhadap efisiensi siklon. Pada penelitian ini dilakukan simulasi dengan metode *Computational Fluid Dynamic* (CFD) pada siklon yang beroperasi di UD Sumber Makmur untuk mengetahui medan aliran kecepatan aksial. Dari hasil penelitian diperoleh nilai kecepatan aksial di dekat dinding siklon lebih kecil bahkan negatif yang ditandai dengan kontur berwarna biru hingga *tosca*. Hal ini dikarekan pada daerah ini terjadi aliran *downward* yang bertugas membawa partikel ke daerah separasi untuk selanjutnya ditangkap oleh *dustbin*.

**Kata kunci:** *ansys; cfd; cyclone separator; dedak; efisiensi pengumpulan partikel; padi; ud sumber makmur*

### Abstract

*One of the agricultural commodities that make up the majority in Indonesia is rice. The rice milling industry is one of the agribusiness subsystems that plays an important role in processing grain as input into rice and other side products in the form of bran. One of the rice milling industries located around the Semarang area is the Unit Dagang (UD) Sumber Makmur. One of the problems at UD Sumber Makmur is the lack of efficiency of rice bran collection which results in less than optimal rice bran collection and pollution arising from rice bran that is not collected properly. The process of collecting rice bran particles at UD Sumber Makmur uses a cyclone separator, but the efficiency of collecting particles from the cyclone is less than optimal. This research aims to determine the best cyclone geometry that can produce the highest efficiency value and determine the effect of particle size on cyclone efficiency. In this research, a simulation was carried out using the Computational Fluid Dynamic (CFD) method on a cyclone operating at UD Sumber Makmur to determine the axial velocity flow field. From the research results, it was found that the axial velocity values near the cyclone walls were smaller and even negative, as indicated by blue to turquoise contours. This is because in this area there is a downward flow which is responsible for carrying particles to the separation area to be subsequently captured by the dustbin.*

**Keywords:** *ansys; cfd; cyclone separator; particle collection efficiency; rice; rice bran; ud sumber makmur*

### 1. Pendahuluan

Indonesia dikenal sebagai sebuah negara agraris yang memiliki lahan begitu luas yang bisa dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar sebagai mata pencaharian. Salah satu komoditas pertanian yang menjadi mayoritas di Indonesia adalah padi. Padi hasil dari pertanian melalui beberapa proses sampai bisa menjadi makanan pokok masyarakat Indonesia, salah satunya adalah proses penggilingan padi. Industri penggilingan padi merupakan salah satu subsistem agribisnis yang berperan penting mengolah gabah sebagai input menjadi beras dan produk lainnya. Selain beras, produk dari industri penggilingan padi adalah dedak. Dedak atau bekatul merupakan limbah dalam proses penggilingan gabah dan penyosohan beras. Kandungan nutrisi dedak yang tinggi mengakibatkan dedak banyak dimanfaatkan untuk berbagai keperluan seperti pakan ternak [1–3].

Salah satu industri penggilingan padi yang terletak di sekitar area Semarang adalah Unit Dagang (UD) Sumber Makmur. UD Sumber Makmur merupakan salah satu unit usaha masyarakat yang bergerak dalam usaha penggilingan padi, dengan produk utama adalah beras, sekam dan bekatul. UD Sumber Makmur terletak di Jalan Karang Anyar, Gumul, Desa Ngasinan, Kecamatan Susukan, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. Salah satu masalah pada UD Sumber Makmur adalah kurangnya efisiensi pengumpulan dedak yang mengakibatkan perolehan dedak yang kurang maksimal dan timbul polusi dari dedak yang tidak terkumpul dengan baik. Hal ini terjadi karena UD Sumber Makmur menggunakan

sebuah alat berupa alat peniup atau blower dan pipa untuk membawa dedak dari mesin penggilingan padi menuju ke ruang penyimpanan dedak. Namun penggunaan blower mengakibatkan dedak yang masuk ke ruang penyimpanan tercampur dengan aliran udara, sehingga dedak tidak terkumpul secara efektif dan berterbangan keluar mengakibatkan polusi. Untuk mengatasi masalah ini, UD Sumber Makmur menggunakan cyclone separator atau biasa disebut siklon.

*Cyclone separator* atau siklon adalah alat yang digunakan untuk memisahkan partikulat dari aliran gas dengan mengaplikasikan gaya sentrifugal. Pada dasarnya terdapat dua parameter utama dalam mendeskripsikan performa sebuah siklon yaitu penurunan tekanan dan efisiensi pemisahan partikel. Penurunan tekanan menggambarkan jumlah energi yang dibutuhkan untuk memindahkan partikel melalui sistem. Nilai penurunan tekanan disebabkan oleh kerugian masuk, keluar, gesekan dan energi kinetik dalam siklon. Efisiensi pemisahan partikel merupakan kemampuan siklon untuk memisahkan partikel padatan dari gas dengan berbagai ukuran. Efisiensi pengumpulan siklon merupakan fungsi dari densitas, ukuran partikel, dan desain siklon. Untuk memperoleh performa siklon yang maksimal dapat dilakukan dengan memodifikasi geometri siklon salah satunya *vortex finder*. *Vortex finder* merupakan salah satu bagian dari siklon yang berfungsi untuk mengontrol aliran yang keluar dari siklon [4–6].

Pada penelitian ini dilakukan simulasi dengan metode *Computational Fluid Dynamic* (CFD) pada model/desain siklon yaitu desain siklon aktual yang beroperasi pada penggilingan padi UD Sumber Makmur di Susukan. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi penduan teoritis untuk teknologi pengumpulan partikel pada siklon terkhusus pengumpulan partikel dedak di industri penggilingan padi.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Penggilingan Padi

Secara umum, mesin-mesin yang digunakan dalam usaha industri jasa penggilingan padi adalah mesin pemecah kulit/sekam, (*huller atau husker*), mesin pemisah gabah dan beras pecah kulit (*brown rice separator*), mesin penyosoh atau mesin pemutih (*polisher*), mesin pengayak bertingkat (*shifter*), mesin atau alat bantu pengemasan (timbangan dan penjahit karung). Bila ditinjau dari kapasitasnya, mesin-mesin penggilingan padi dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu *rice milling unit* (RMU) dan *rice milling plant* (RMP). Perbedaan yang mendasar antara keduanya adalah pada ukuran, kapasitas dan aliran bahan dalam proses penggilingan yang dilakukan. Penggilingan padi yang lengkap kadangkala dilengkapi dengan pembersih gabah sebelum masuk mesin pemecah kulit, dan pengumpul dedak sebagai hasil sampingan dari proses penyosohan. Usaha jasa penggilingan padi memiliki berbagai variasi dalam pola usaha maupun peralatan yang digunakan. Secara umum sesuai dengan kondisi di lapangan, penggilingan padi yang menggunakan mesin *rice milling unit* (RMU) biasanya memiliki kapasitas kecil dan merupakan usaha jasa murni yang hanya menerima gabah dari petani tanpa ada kerjasama dengan tengkulak atau pedagang beras. Sedangkan penggilingan padi besar biasanya menggunakan fasilitas *rice milling plant* (RMP) yang memiliki kapasitas giling besar dan menjalin kerjasama dengan tengkulak atau pedagang beras dalam menjalankan usahanya. RMU dan RMP dapat dilihat pada Gambar 1 [7].



Gambar 1. Rice Milling Unit (Kiri) dan Rice Milling Plant (Kanan)

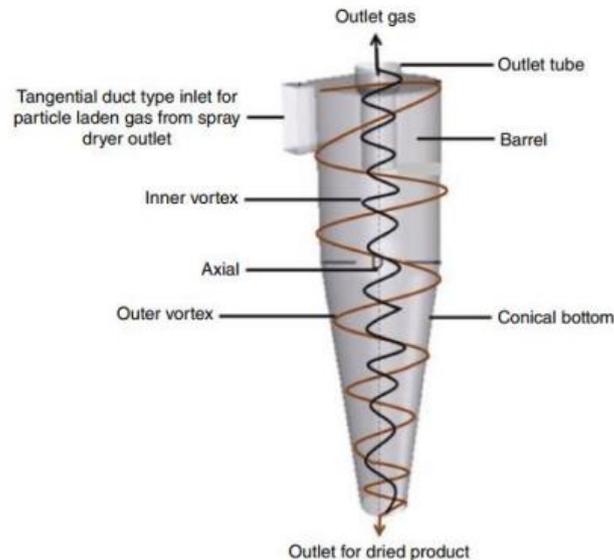
### 2.2 Cyclone Separator

Dalam proses penggilingan padi, terdapat sebuah proses pengumpulan dedak yang prosesnya dibantu dengan sebuah alat yaitu *cyclone separator* atau siklon. Siklon adalah alat yang digunakan untuk memisahkan partikulat dari aliran gas dengan mengaplikasikan gaya sentrifugal. Pada proses penggilingan padi ini partikulat yang perlu dipisahkan adalah dedak dan dipisahkan dengan udara yang dihasilkan oleh *blower*.

Secara umum, bagian utama siklon mempunyai empat bagian seperti yang ditunjukkan Gambar 2., yaitu: sisi masuk (*inlet*), bodi, sistem pembuangan (*dustbin*), dan sisi keluar (*outlet*) [8].

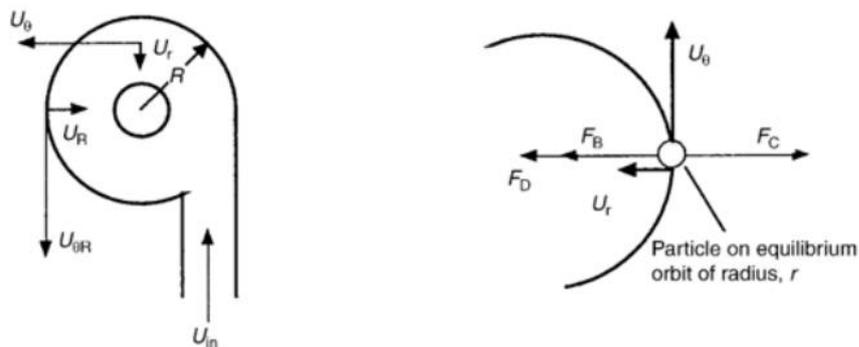
1. Sisi masuk (*inlet*) merupakan bagian dimana gas dan partikulat masuk. Jalannya gas dan partikulat ini dalam arah lurus dan kemudian berubah menjadi gerakan berputar pada dinding. Sisi masuk berada pada bagian pinggir dari siklon. Hal ini bertujuan agar terjadi aliran *vortex* dalam siklon.
2. Bodi merupakan bagian dimana partikel bergerak berputar sehingga terbentuk *vortex*. Efisiensi pemisahan partikel dari siklon tergantung dari ukuran atau dimensi siklon.

3. Sistem pembuangan merupakan jalur keluarnya partikulat yang terpisah dari fasa gas. Terdapat sejumlah metoda yang dapat digunakan untuk membuang partikel terkumpul baik secara periodik ataupun secara kontinu.
4. Sisi keluar (*outlet*) merupakan bagian dimana fasa gas keluar. Umumnya, pada sisi keluar ini juga terdapat partikel yang keluar. Hal ini disebabkan karena efisiensi pemisahan partikel yang tidak sempurna 100%.



**Gambar 2.** *Cyclone Separator*

Ketika sebuah partikel masuk kedalam siklon separator akan bekerja gaya sentrifugal, gaya drag, dan gaya apung. Asumsikan bahwa partikel melaju dengan kecepatan tangensial  $U_\theta$  dan kecepatan radial ke dalam  $U_r$ . Diagram benda bebas *cyclone* dapat dilihat pada Gambar 3 [9].



**Gambar 3.** Diagram benda bebas partikel pada sebuah siklon

Keterangan :

$F_B$  : Gaya Apung (N)

$F_C$  : Gaya Sentrifugal (N)

$F_D$  : Gaya Drag (N)

$R$  : Jari-jari siklon (m)

$U_\theta$  : Kecepatan tangensial (m/s)

$U_r$  : Kecepatan radial (m/s)

Persamaan 2.1 di bawah ini menjelaskan tentang penurunan gaya sentrifugal (Persamaan 2.2) dan gaya apung (Persamaan 2.3) yang bekerja selama pergerakan partikel dalam radius  $r$ .

$$F_c = ma_c \quad (2.1)$$

Dimana  $m = \rho V, V = \frac{1}{6}\pi r^3, a_c = \frac{U_\theta^2}{r}$

Dengan mensubstitusikan nilai  $m$  dan  $a_c$  ke dalam persamaan 2.1 diperoleh :

$$F_C = \frac{\pi x^3}{6} \rho_p \frac{U_\theta^2}{r} \quad (2.2)$$

$$F_B = \frac{\pi x^3}{6} \rho_f \frac{U_\theta^2}{r} \quad (2.3)$$

Hukum Stokes digunakan untuk mengetahui besarnya gaya *drag* yang bekerja pada permukaan benda padat yang bergerak dengan fluida akan sebanding dengan kecepatan relatif gerak benda kepada fluida menurut Persamaan 2.4.

$$F_D = 3\pi\mu U_r \quad (2.4)$$

Keterangan :

$x$  : Diameter partikel (m)

$\mu$  : Viskositas dinamik fluida (kg/ms)

$\rho_p$  : Densitas partikel (kg/m<sup>3</sup>)

$\rho_f$  : Densitas gas (kg/m<sup>3</sup>)

Dengan mengasumsikan kesetimbangan gaya-gaya yang bekerja akan diperoleh Persamaan 2.5.

$$F_C = F_D + F_B \quad (2.5)$$

Substitusikan Persamaan 2.2, Persamaan 2.3, dan Persamaan 2.4 ke Persamaan 2.5 sehingga diperoleh Persamaan 2.6.

$$x^2 = \frac{18\mu}{(\rho_p - \rho_f)} \left( \frac{r}{U_\theta^2} \right) U_r \quad (2.6)$$

Sebagaimana yang kita tahu dalam siklon bekerja dua macam *vortex*. Pada *forced vortex* akan berlaku  $U_\theta = r\omega$ , dimana  $\omega$  adalah kecepatan sudut. Pada *free vortex* akan berlaku  $U_\theta r = \text{konstan}$ . Berdasarkan hasil kaji eksperimental diperoleh bahwa berlaku hubungan antara kecepatan tangensial dan radius menurut Persamaan 2.7.

$$U_\theta r^{1/2} = C \quad (2.7)$$

Selanjutnya Persamaan 2.7 dirubah menjadi Persamaan 2.8

$$U_\theta r^{1/2} = U_\theta R^{1/2} \quad (2.8)$$

Dengan asumsi aliran seragam (*uniform*) menuju sisi keluar maka dapat diturunkan variasi radial dalam komponen kecepatan radial gas seperti pada Persamaan 2.9 dan Persamaan 2.10.

$$q = 2\pi r L U_r = 2\pi R L U_R \quad (2.9)$$

$$U_R = U_r (r / R) \quad (2.10)$$

Dengan mengkombinasikan Persamaan 2.8, Persamaan 2.10, ke dalam Persamaan 2.6 akan diperoleh Persamaan 2.11.

$$x^2 = \frac{18\mu}{(\rho_p - \rho_f)} \left( \frac{U_R}{U_{\theta R}^2} \right) r \quad (2.11)$$

Dimana  $r$  adalah jari-jari kesetimbangan orbit untuk partikel berdiameter  $x$ . Jika kita mengasumsikan bahwa semua partikel dengan radius kesetimbangan orbit lebih besar atau sama dengan jari-jari bodi siklon maka  $r = R$ , sehingga diperoleh persamaan diameter kritis yang digubakan dalam perhitungan efisiensi siklon seperti pada Persamaan 2.12.

$$x^{2crit} = \frac{18\mu}{(\rho_p - \rho_f)} \left( \frac{U_R}{U_{\theta R}^2} \right) R \quad (2.12)$$

Selain itu terdapat gaya gravitasi yang berpengaruh terhadap pengumpulan partikel, gaya ini dipengaruhi oleh berat partikel. Besarnya gaya gravitasi dapat diperoleh dengan Persamaan 2.13.

$$F = mg \quad (2.13)$$

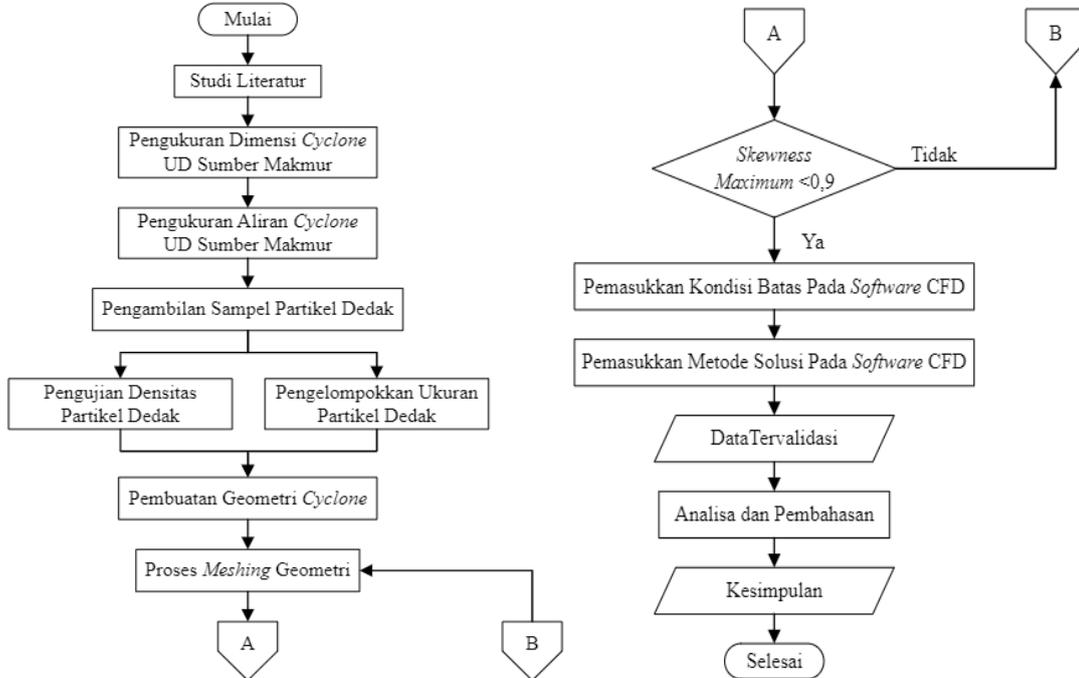
Prinsip kerja siklon dimulai dari gas yang mengandung partikel masuk melalui saluran masuk secara tangensial dengan kecepatan tinggi lalu menabrak dinding dan mengikuti bentuk silinder sehingga aliran membentuk gerakan berputar. Gerakan berputar ini kemudian membentuk *vortex* seiring dengan jalan masuknya aliran udara. Geometri kerucut secara bertahap keluar menyebabkan kecepatan gas meningkat. Ketika udara berputar, ia bergerak secara aksial ke bawah di bagian luar daerah pemisahan. Di bagian kerucut dari siklon, udara secara perlahan dipaksa masuk ke bagian dalam siklon, di mana gerakan aksial diarahkan ke atas. Udara keluar dari siklon melalui *vortex finder*, yang memanjang ke bawah dari permukaan silinder atas siklon. Gaya sentrifugal dan gaya inersia menyebabkan partikel terlempar ke dinding dan bergerak turun ke dasar siklon yang dibawa oleh aliran udara aksial yang menuju ke bawah. Partikel terpisah berdasarkan ukuran dan massa jenis dari partikel tersebut. Partikel yang memiliki massa jenis dan ukuran yang besar akan menabrak dinding lalu jatuh terkumpul sedangkan partikel yang memiliki massa jenis dan ukuran yang kecil akan terbawa

ke atas keluar melalui *vortex finder*. Partikel yang jatuh kebawah siklon akan terkumpul dan dapat dikeluarkan secara periodik maupun kontinu.

### 3. Metode Penelitian

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

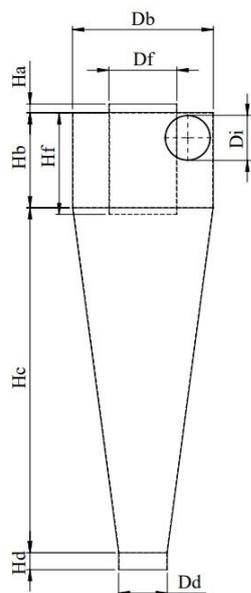
Dalam melakukan suatu penelitian diperlukan diagram alir yang menunjukkan alur proses dalam melakukan penelitian. Adapun diagram alir untuk penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir

#### 3.2 Geometri Siklon

Pengambilan data pada penelitian ini diawali dengan meninjau alat siklon yang berada di industri penggilingan padi padi UD Sumber Makmur. Data yang diambil berupa dimensi aktual dari siklon yang nantinya akan digunakan dalam pemodelan geometri yang akan dilakukan simulasi. Pengukuran dimensi dilakukan menggunakan alat ukur berupa meteran, tali rafia, dan jangka sorong. Dimensi siklon aktual dan modifikasi dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 5.



Geometri	Dimensi (mm)
Tinggi <i>Body Cyclone</i> , $H_b$	280
Tinggi <i>Cone</i> , $H_c$	1020
Tinggi <i>Outlet Atas</i> , $H_a$	25
Tinggi <i>Outlet Dustbin</i> , $H_d$	50
Panjang <i>Vortex finder</i> , $H_f$	300
Diameter <i>Vortex finder</i> , $D_f$	200
Diameter <i>Inlet</i> , $D_i$	130
Diameter <i>Outlet Dustbin</i> , $D_d$	140
Diameter <i>Body Cyclone</i> , $D_b$	410

Gambar 5. Geometri Siklon (Kiri) dan Dimensi Siklon (Kanan)

### 3.3 Karakteristik Udara

Selain dimensi, data lain yang diambil berupa kecepatan aliran masuk siklon dan temperatur aliran masuk siklon menggunakan anemometer sebagai kondisi batas yang diterapkan pada simulasi. Pengukuran dilakukan dengan melepas pipa dari siklon, kemudian melakukan pengukuran kecepatan aliran dan temperatur aliran masuk siklon di ujung pipa menggunakan anemometer. Hasil pengukuran kecepatan dan temperature dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 1.** Data Aliran Udara Siklon UD Sumber Makmur

Pengukuran	Nilai
Temperatur Aliran Masuk Siklon (°C)	35,0
Kecepatan Aliran Masuk Siklon (m/s)	11,0
Kecepatan Aliran Keluar Siklon (m/s)	8,74

### 3.4 Karakteristik Partikel

Terdapat dua pengujian karakteristik partikel yaitu densitas dan ukuran partikel. Pengambilan sampel partikel dedak dilakukan secara acak di UD Sumber Makmur. Nilai densitas partikel didapatkan dengan melakukan pengujian densitas menggunakan *pycnometer* di Laboratorium UPT Universitas Diponegoro. Pengambilan data densitas dilakukan tiga kali untuk mengetahui besar standar deviasi dan nilai rata-rata densitas partikel dedak. Untuk mengetahui variasi ukuran partikel dilakukan proses *meshing* menggunakan ayakan/saringan dengan berbagai nomor ukuran. Proses *meshing* dilakukan dengan bantuan alat *shieve shaker* di Laboratorium Bahan Teknik Sipil Universitas Diponegoro. Hasil pengujian densitas dapat dilihat pada Tabel 3 dan sebaran ukuran partikel dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 2.** Karakteristik Partikel

Pengukuran	Nilai
Densitas Partikel (g/cm <sup>3</sup> )	1,564
Range Ukuran Partikel (mm)	0,250 – 0,600
Rata Rata Ukuran Partikel (mm)	0,425

### 3.5 Simulasi Numerik

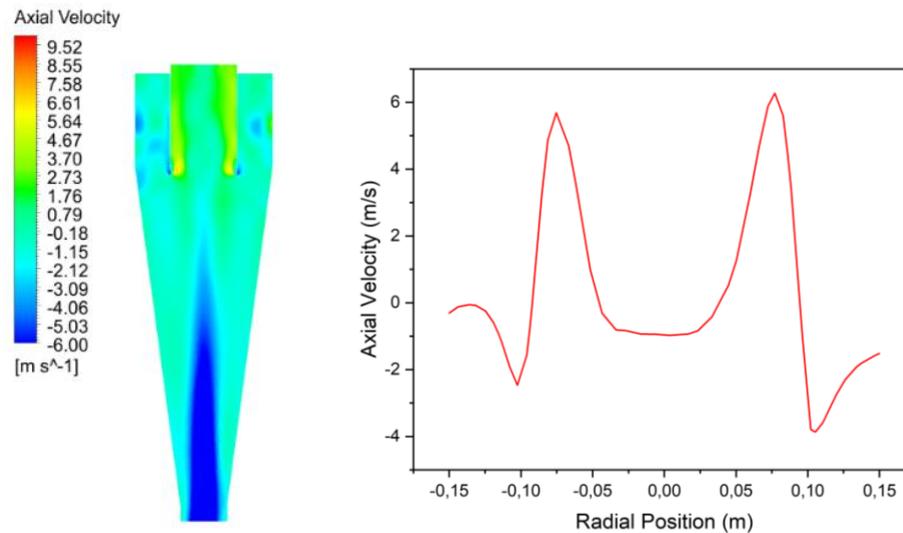
Simulasi dilakukan menggunakan metode *Computational Fluid Dynamic (CFD)*. Simulasi dilakukan dengan kondisi *transient* dengan jenis *solver* yang digunakan yaitu *Pressure-Based*. Model turbulensi yang digunakan akan ditentukan pada bagian ini. Terdapat berbagai macam model turbulensi yang disediakan *ANSYS*. Model yang dipilih adalah model *Reynold Stress Model (RSM)*. Model *RSM* yang dipakai adalah *Linear-Pressure Strain* dengan nilai parameter turbulen standar  $C_{\mu} = 0,090$ ,  $C1\text{-epsilon} = 1,440$ ,  $C2\text{-epsilon} = 1,920$ ,  $C1\text{-PS} = 1,800$ ,  $C2\text{-PS} = 0,600$ ,  $C1\text{'-PS} = 0,500$ ,  $C2\text{'-PS} = 0,300$ ,  $TKE\ Prandtl\ Number = 1$  dan  $TDR\ Prandtl\ Number = 1,300$ .

Kondisi batas pada inlet ditetapkan sebagai kecepatan inlet. Partikel dedak dengan densitas 1564 kg/m<sup>3</sup> dan udara dengan densitas 1225 kg/m<sup>3</sup> masuk secara bersamaan pada suhu 35°C dengan kecepatan 11 m/s sesuai dengan rata-rata kecepatan inlet yang diukur. Diameter hidrolis 0,130 m, intensitas turbulensi 3,804%. Untuk permukaan dari cyclone, kondisi batas dinding digunakan dengan pengaturan berikut : “DPM reflects” and “no-slip” pada permukaan dinding cyclone dan “trap” pada permukaan dustbin (outlet). Tumbukan antara partikel dan dinding siklon dianggap elastis sempurna (koefisien pemulihan sama dengan 1). Distribusi Rosin Rammler diasumsikan memodelkan partikel yang memasuki cyclone. Untuk merepresentasikan distribusi secara akurat, fungsi distribusi diameter diambil sampelnya secara acak. Efisiensi pengumpulan partikel diperoleh dengan melepaskan partikel terdispersi mono dalam jumlah tertentu pada *inlet cyclone*. Pemilihan skema untuk *pressure-velocity coupling* adalah skema *SIMPLEC* karena mudah dalam mencapai konvergen. Diskretisasi tekanan, pemilihan skema *PRESTO* memiliki keuntungan dalam memprediksi secara tepat profil kecepatan, distribusi tekanan statis, dan penurunan tekanan dengan nilai yang sesuai dengan eksperimen. Skema ini juga direkomendasikan oleh *FLUENT*. Untuk momentum, pemilihan skema yang dipakai adalah skema *QUICK*. Untuk diskretisasi energi kinetik, persamaan laju disipasi dan energy, skema *second-order upwind* digunakan. Untuk diskritisasi persamaan tegangan Reynolds menggunakan skema *first-order upwind*. Kriteria konvergensi yang digunakan pada simulasi ini adalah  $10^{-4}$  untuk semua parameter dan  $10^{-6}$  untuk parameter *energy* [10].

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Kecepatan Aksial

Kecepatan aksial adalah komponen kecepatan yang terdiri atas aliran yang bergerak ke bawah (*downward*) dan aliran yang bergerak ke atas (*upward*). Kecepatan aksial sangat tergantung dengan laju aliran volumetrik gas masuk. Semakin besar laju aliran volumetrik gas masuk kecepatan aksial akan meningkat tetapi tidak mempengaruhi pola aliran kecepatan tangensial. Dalam hal separasi partikel kecepatan aksial menjadi faktor kunci dalam mengatur pergerakan partikel di dalam siklon. Kontur kecepatan axial ditunjukkan pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Kontur Kecepatan Aksial (Kiri) dan Grafik Kecepatan Aksial (Kanan)

Secara visual dapat kita lihat pada Gambar 7 bahwa nilai kecepatan aksial di dekat dinding siklon lebih kecil bahkan negatif yang ditandai dengan kontur berwarna biru hingga *tosca*. Hal ini dikarekan pada daerah ini terjadi aliran *downward* yang bertugas membawa partikel ke daerah separasi untuk selanjutnya ditangkap oleh *dustbin*. Nilai kecepatan aksial pada daerah peralihan menuju ke dalam *vortex finder* bernilai lebih tinggi atau terjadi aliran *upward* yang ditandai dengan warna kontur hijau hingga oranye. Berdasarkan hasil analisis grafik pada Gambar 7 nilai kecepatan aksial di dekat dinding siklon lebih kecil atau bahkan bernilai negatif dikarenakan pada area dinding aliran cenderung ke arah bawah atau *downward*.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terkait Simulasi Numerik *Cyclone Separator* Pada Penggilingan Padi diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil simulasi didapat nilai kecepatan aksial di dekat dinding siklon lebih kecil bahkan negatif yang ditandai dengan kontur berwarna biru hingga *tosca*. Hal ini dikarekan pada daerah ini terjadi aliran *downward* yang bertugas membawa partikel ke daerah separasi untuk selanjutnya ditangkap oleh *dustbin*.
2. Hasil simulasi menunjukkan Nilai kecepatan aksial pada daerah peralihan menuju ke dalam *vortex finder* bernilai lebih tinggi atau terjadi aliran *upward* yang ditandai dengan warna kontur hijau hingga oranye.

## Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Bapak Norman Iskandar dan Bapak Sulardjaka atas dukungan dan bimbingannya hingga selesai tugas akhir ini dan juga rekan-rekan mahasiswa Teknik Mesin Angkatan 2019 Universitas Diponegoro yang senantiasa memberikan bantuan dan dukungannya terhadap penulis.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kusumaningrum SI. Pemanfaatan Sektor Pertanian Sebagai Penunjang Pertumbuhan Perekonomian Indonesia. *J Transaksi* [Internet]. 2019;11(1):80–9. Available from: <http://ejournal.atmajaya.ac.id/index.php/transaksi/article/view/477>
- [2] Astawan M, Febrinda E. Potensi Dedak dan Bekatul Beras Sebagai Ingredient Pangan dan Produk Pangan Fungsional. *Pangan*. 2010;19(1):14–21.
- [3] Istikhodriah YD. Evaluasi Pemalsuan Dedak Padi dengan Penambahan Serbuk Gergaji Menggunakan Uji Fisik. *Pros Konf dan Semin Nas Teknol Tepat Guna* [Internet]. 2014;266–76. Available from: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=ID2021102014>
- [4] Theodore L. *Air Pollution Control Equipment*. 2008.
- [5] Hoffmann AC, Stein LE, Alex C, Hoffmann · Louis E, Stein. *Gas Cyclones and Swirl Tubes*.
- [6] Yohana E, Tauviquirrahman M, Laksono DA, Charles H, Choi KH, Yulianto ME. Innovation of vortex finder geometry (tapered in-cylinder out) and additional cooling of body cyclone on velocity flow field, performance, and heat transfer of cyclone separator. *Powder Technol*. 2022;399.
- [7] Gumilar S. *Rancang Bangun Magnetic Trap Pada Hopper Mesin Penggilingan Padi Menggunakan Magnet Ferrite Batang*. Semarang: Fakultas Teknik : Universitas Diponegoro; 2023.

- 
- [8] Husairy, Leonanda. Simulasi Pengaruh Variasi Kecepatan Inlet Terhadap Persentase Pemisahan Partikel Pada Cyclone Separator Dengan Menggunakan CFD. 2014;10(1):12–21.
- [9] Rhodes M. Introduction to Particle Technology. 2008.
- [10] Laksono DA. Simulasi Numerik Pengaruh Penambahan Panjang Vortex Finder ( Tapered In-Cylinder Out ) Dan Pendinginan Tambahan Pada Body Cyclone Terhadap Karakteristik Dan Performa Cyclone.