

STUDI NUMERIK PENGARUH BENTUK CENTER BODY RUANG PLENUM TERHADAP DISTRIBUSI KECEPATAN UDARA PADA PENGERING TIPE SWIRLING FLUIDIZED BED

Satya Andika Putra¹, Novrinaldi²

^{1,2} Pusat Penelitian Teknologi Tepat Guna, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
satya.andika.p@gmail.com

ABSTRAK

Proses penanganan produk pertanian berupa biji-bijian masih mempunyai permasalahan dalam proses pengeringan ketika musim hujan. Pengeringan yang kurang sempurna akan mengakibatkan kualitas produk menurun sehingga berdampak pada turunnya harga jual. Penggunaan alat pengeringan diperlukan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Salah satu alternatif alat pengeringan yang dapat digunakan untuk mengeringkan produk biji-bijian yaitu tipe *swirling fluidized bed* (SFB). Tipe pengeringan ini merupakan pengembangan dari tipe fluidisasi hamparan (*fluidized bed*) yang mempunyai efektifitas pengeringan lebih baik. Pengering tipe SFB masih belum banyak dikembangkan di Indonesia khususnya untuk pengeringan produk hasil pertanian. Pengering ini terdiri dari ruang pengeringan, ruang plenum, distributor, selubung-pusat, dan saluran udara masuk. Artikel ini menyajikan hasil studi pengaruh bentuk selubung-pusat ruang plenum terhadap distribusi kecepatan udara pada ruang pengering berdasarkan analisis numerik menggunakan perangkat lunak *Computational Fluid Dynamic* (CFD). Dua bentuk selubung-pusat (*center body*) ruang plenum yaitu bentuk silinder penuh (*cylinder*) dan bentuk setengah silinder-setengah kerucut terpancung (*half frustum*). Hasil analisis numerik didapatkan bahwa pengering tipe SFB dengan selubung-pusat ruang plenum berbentuk silinder penuh menghasilkan kecepatan udara pada ruang pengering yang lebih seragam dibandingkan dengan bentuk setengah silinder-setengah kerucut terpancung.

Kata kunci : pengering, swirling fluidized bed, CFD, plenum center body, kecepatan udara.

ABSTRACT

The process of handling agricultural products (grains) still has problems in the drying process during the rainy season. Imperfect drying will result in decreased product quality and will impact on the decline in selling prices. Dryer needed to solve the problem. One alternative dryer that can be used to dry grain products is a swirling fluidized bed (SFB). This dryer is the development of the fluidized bed dryer which has a better drying effectiveness. Research on SFB dryer is needed in Indonesia, especially for agricultural products. These dryers consist of a drying chamber, a plenum chamber, a distributor, a central body, and an air inlet. This article presents the results of a study of the effect of the plenum center body on the distribution of air velocity in a drying chamber based on numerical analysis using Computational Fluid Dynamic (CFD) software. The two shapes of the plenum center body are cylindrical and half frustum. The results of the numerical analysis found that SFB dryer with a cylindrical plenum center body produces air velocity more uniformly in the drying chamber than the half frustum shape.

Keyword: dryer, swirling fluidized bed, CFD, plenum center body, air velocity.

PENDAHULUAN

Penggunaan pengering untuk proses pengeringan bahan masih akan menjadi alternatif solusi pengeringan secara

konvensional yang menggunakan energi matahari secara langsung. Diantara jenis pengering yang masih cukup digemari adalah tipe fluidisasi (*fluidized bed*). Sampai saat ini tipe pengering ini masih terus dikembangkan untuk mendapatkan efisiensi yang lebih baik. Salah satunya adalah pengering yang dikenal

dengan sebutan *swirling fluidized bed* (SFB). Pengereng jenis ini mempunyai kualitas pengeringan yang lebih baik dibandingkan dengan pendahulunya (*fluidized bed*) karena mempunyai kualitas fluidisasi yang lebih baik [1].

Pengereng tipe SFB berbentuk silinder yang terdiri dari dua bagian utama yaitu ruang plenum pada bagian bawah dan ruang pengereng pada bagian atas. Pada ruang plenum terdapat saluran masuk udara dan selubung-pusat (*center body*) berbentuk silinder. Sedangkan pada ruang pengereng terdapat selubung-pusat berbentuk kerucut dan saluran keluar udara serta saluran pengumpanan bahan. Distributor terdiri dari beberapa sudu dengan sudut kemiringan tertentu, terletak diantara ruang plenum dengan ruang pengereng [2]. Prinsip kerjanya yaitu udara pengereng masuk ke dalam ruang pengereng melalui ruang plenum menuju distributor melewati sudu dan hamparan bahan (*bed*) dengan sudut kemiringan tertentu sehingga menghasilkan kecepatan tangensial dan memberikan efek pencampuran pada bahan [3].

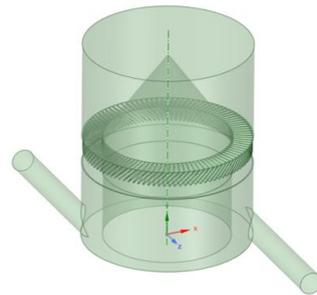
Penelitian tentang pengereng tipe SFB dengan metode numerik pernah dilakukan oleh Othman dkk [4] yaitu meneliti tentang pengaruh bentuk selubung-pusat ruang plenum terhadap penurunan tekanan (*pressure drop*) dan distribusi kecepatan udara. Sedangkan Hafiz dkk [5] juga meneliti tentang ruang plenum secara numerik untuk mengetahui pengaruh ketinggian ruang plenum terhadap penurunan tekanan dan distribusi kecepatan udara. Pada tahun 2012 Faizal dkk [6] dengan metode numerik meneliti tentang pengaruh jumlah dan sudut sudu distributor terhadap penurunan tekanan dan distribusi kecepatan udara.

Penelitian tentang pengaruh bentuk selubung-pusat ruang plenum terhadap distribusi kecepatan udara pada ruang pengereng (*anulus*) belum penulis temukan. Pada penelitian terdahulu tentang distribusi kecepatan udara seperti yang dilakukan oleh Othman dkk, Faizal dkk, dan Hafiz dkk, distribusi kecepatan udara yang diteliti adalah pada arah radial dari dinding selubung-pusat sampai dinding ruang pengereng. Selain itu penelitian tentang pengereng tipe SFB khususnya untuk pengeringan produk pertanian di Indonesia masih belum ditemukan. Penelitian ini bertujuan untuk

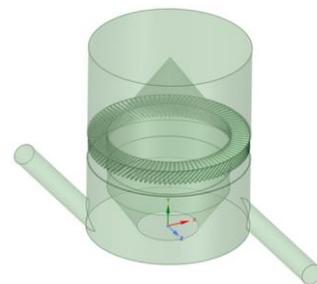
mengetahui pengaruh bentuk selubung-pusat terhadap distribusi kecepatan udara pada ruang pengereng (*anulus*).

METODE

Pengaruh bentuk selubung pusat ruang plenum terhadap distribusi kecepatan udara ruang pengereng dianalisis dengan pendekatan perhitungan numerik menggunakan perangkat lunak *Computational Fluid Dynamic* (CFD). Metode yang digunakan adalah metode volume hingga (*Finite Volume Method*) pada model tiga dimensi untuk mensimulasikan distribusi kecepatan udara pengereng pada ruang pengereng. Simulasi tersebut dilakukan pada dua model tiga dimensi alat pengereng tipe SFB dengan bentuk selubung pusat (*center body*) ruang plenum yang berbeda yaitu silinder penuh (*cylinder*) dan setengah silinder-setengah kerucut terpancung (*half frustum*), gambar 1 dan gambar 2.



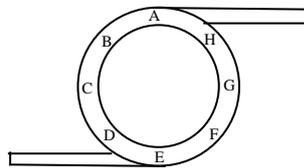
Gambar 1. Model alat pengereng tipe SFB dengan selubung-pusat ruang plenum berbentuk silinder penuh.



Gambar 2. Model alat pengereng tipe SFB dengan selubung-pusat ruang plenum

bebentuk setengah silinder-setengah kerucut terpancung.

Pengecekan kualitas meshing pada model tiga dimensi menggunakan metode Skewness dan Orthogonal. Simulasi aliran udara menggunakan model aliran viscous dengan model turbulensi Realizable K-ε [7]. Penyelesaian persamaan Navier-Stokes menggunakan SIMPLE algorithm. Kondisi batas ditetapkan pada saluran masuk dan saluran keluar udara dengan kecepatan udara masuk alat pengering sebesar 37 m/s dan suhu udara sebesar 35°C. Untuk mempermudah dalam analisis, maka pada ruang pengering dibagi menjadi delapan titik pengambilan sampel data kecepatan udara yaitu titik A, B, C, D, E, F, G, dan H (gambar 3).



Gambar 3. Titik lokasi pengambilan data kecepatan udara pengering pada model pengering tipe SFB.

Data kecepatan udara hasil simulasi pada setiap lokasi sampel diambil rata-ratanya untuk mendapatkan kecepatan udara pada setiap lokasi sampel tersebut. Kecepatan udara yang digunakan dari hasil analisis numerik (simulasi) adalah kecepatan aksial (arah vertikal) yang keluar dari sudu, kemudian dikonversi ke dalam kecepatan fluidisasi menyesuaikan sudut sudu (persamaan 1). [2]

$$u_{u,s} = \frac{u_{u,v}}{\sin \theta} \quad (1)$$

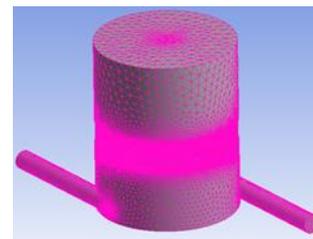
dengan,

- $u_{u,s}$: Kecepatan udara ruang pengering
- $u_{u,v}$: Kecepatan udara aksial hasil simulasi
- θ : Sudut kemiringan sudu

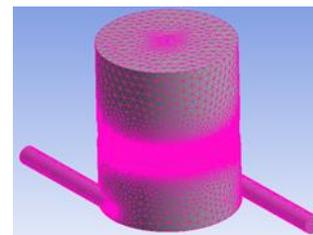
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengecekan kualitas meshing dengan metode Skewness untuk model tiga dimensi

pengering tipe SFB dengan bentuk selubung-pusat ruang plenum silinder penuh didapatkan nilai rata-rata sebesar 0,23075. Sedangkan untuk bentuk selubung-pusat setengah silinder-setengah kerucut terpancung didapatkan nilai rata-rata sebesar 0,23095. Dapat diketahui bahwa hasil meshing pada kedua model tersebut mempunyai kualitas yang baik karena mempunyai rentang nilai 0 –0,25 [8]. Hasil meshing model tiga dimensi pengering tipe SFB dapat dilihat pada gambar 4.



(a)



(b)

Gambar 4. Hasil meshing model tiga dimensi pengering tipe SFB, a. Bentuk selubung-pusat ruang plenum silinder penuh, b. Bentuk selubung- pusat ruang plenum setengah silinder-setengah kerucut terpancung.

Hasil analisa numerik pada model alat pengering tipe SFB dengan selubung pusat ruang plenum berbentuk silinder penuh, menunjukkan bahwa besarnya kecepatan udara pada ruang pengering (udara keluar dari sudu) tidak seragam, hal ini dapat diketahui dari hasil simulasi kecepatan udara pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil simulasi numerik model alat pengeringan tipe DFB dengan selubung-pusat berbentuk silinder penuh.

Titik Lokasi	Kecepatan Udara (m/s)
A	8,23
B	7,76
C	6,83
D	8,31
E	9,00
F	7,23
G	9,12
H	6,34

Diketahui bahwa kecepatan udara pada ruang pengering yang paling besar terjadi pada titik lokasi G sedangkan kecepatan udara yang paling kecil terjadi pada lokasi titik H dengan selisih kecepatan udara sebesar 2,78 m/s. Sedangkan hasil simulasi numerik model alat pengeringan tipe SFB dengan selubung-pusat berbentuk setengah silinder-setengah frustum menunjukkan bahwa kecepatan udara pada ruang pengering juga tidak seragam dan kecepatan udara paling besar terjadi pada lokasi titik A sedangkan kecepatan udara yang terkecil terjadi pada titik lokasi G dengan selisih kecepatan udara sebesar 5,98 m/s (tabel 2).

Tabel 2. Hasil simulasi numerik model alat pengeringan tipe SFB dengan selubung-pusat berbentuk setengah silinder-setengah kerucut terpancung.

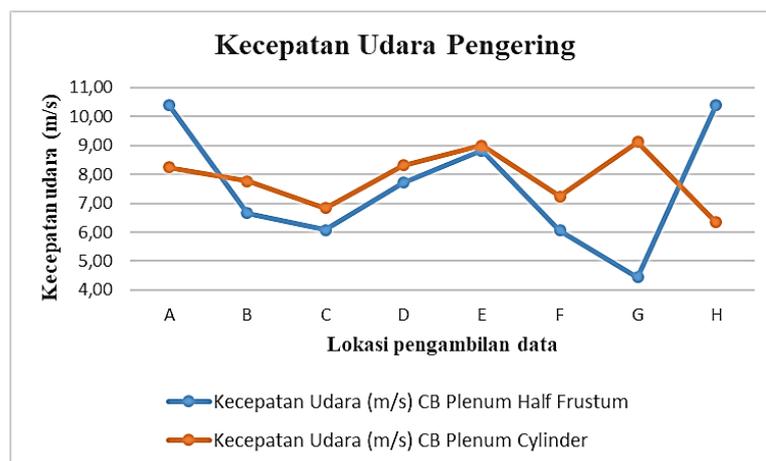
Titik Lokasi	Kecepatan Udara (m/s)
A	10,41
B	6,66
C	6,08
D	7,72
E	8,82
F	6,06

G	4,43
H	10,40

Dari data hasil simulasi kecepatan udara tersebut dapat diketahui bahwa pada model dengan selubung-pusat ruang plenum berbentuk setengah silinder-setengah kerucut terpancung mempunyai selisih kecepatan udara dengan rentang nilai yang lebih besar dibandingkan dengan selubung-pusat ruang plenum berbentuk silinder penuh. Hal ini dapat dikatakan bahwa untuk selubung-pusat ruang plenum berbentuk setengah silinder-setengah kerucut terpancung menghasilkan sebaran data kecepatan udara yang lebih lebar.

Pada gambar 5 dapat dilihat secara jelas sebaran data hasil simulasi kecepatan udara pada ruang pengering dengan bentuk selubung-pusat ruang plenum yang berbeda. Dalam grafik tersebut diketahui bahwa sebaran data kecepatan udara pada ruang pengering dengan selubung pusat ruang plenum berbentuk silinder penuh menghasilkan kecepatan udara yang lebih seragam dibandingkan dengan selubung pusat ruang plenum berbentuk setengah silinder-setengah kerucut terpancung. Secara statistika, keseragaman (variasi) data dapat diketahui dengan menghitung nilai koefisien keragaman (*coefficient of variation*) [9]. Kecepatan udara pada ruang pengering dengan selubung-pusat ruang plenum berbentuk silinder penuh mempunyai nilai koefisien keragaman yang lebih kecil dibandingkan dengan bentuk selubung pusat ruang plenum setengah silinder-setengah kerucut terpancung yaitu 0,119 % dan 0,268 %. Semakin kecil nilai koefisien keragaman maka menunjukkan bahwa sebaran data semakin merata [10].

Semakin seragam kecepatan udara pada ruang pengering maka akan menghasilkan kualitas fluidisasi yang lebih baik sehingga bahan yang dikeringkan akan terangkat dengan baik, hal ini menyebabkan proses pengeringan yang lebih baik.



Gambar 5. Perbandingan kecepatan udara pada ruang pengering model tiga dimensi pengering tipe SFB dengan bentuk selubung pusat ruang plenum yang berbeda. Ket : CB = center body.

SIMPULAN

Hasil simulasi kecepatan udara di ruang pengering (anulus) pada model tiga dimensi pengering tipe SFB menunjukkan bahwa pada selubung-pusat ruang plenum berbentuk silinder penuh menghasilkan distribusi kecepatan udara yang lebih seragam dibandingkan dengan selubung-pusat ruang plenum berbentuk setengah silinder-setengah kerucut terpancung. Untuk mendapatkan proses pengeringan yang lebih baik pada pengering tipe SFB maka direkomendasikan menggunakan selubung-pusat ruang plenum berbentuk silinder penuh daripada bentuk setengah silinder-setengah kerucut terpancung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. K. Venkiteswaran, G. J. Jun, G. J. Sing, S. A. Sulaiman, and V. R. Raghavan, 'Variation of Bed Pressure Drop with Particle Shapes in a Swirling Fluidized Bed', *J. Applied Sci.*, vol. 12, no. 24, pp. 2598–2603, 2012.
- [2] S. A. Putra, 'Perancangan Alat Pengering Gabah Tipe Swirling Fluidized Bed Skala Laboratorium', Tesis, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2018.
- [3] M. F. Mohideen, B. Sreenivasan, S. A. Sulaiman, and V. R. Raghavan, 'Heat Transfer in A Swirling Fluidized Bed with Geldart Tipe-D Particles', *Korean J Chem Eng*, vol. 29, no. 7, pp. 862–867, 2012.
- [4] S. Othman, A. A. Wahab, and V. R. Raghavan, 'Numerical Study of the Plenum Chamber of a Swirling Fluidized Bed', presented at the ICME 2008, Johor Baru, Malaysia, May 2008.
- [5] M. A. Hafiz, M. F. M. Batcha, and N. Asmuin, 'Effect of Plenum Chamber Depth in a Swirling Fluidized Bed', in *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng* 50 012021, 2013, vol. 50 (2013) 012021.
- [6] M. Faizal, M. S. Suzairin, S. Ezamuddin, and V. R. Raghavan, 'Numerical Investigation of Airflow Distribution in a Swirling Fluidized Bed', *Adv. Mater. Res.*, vol. 499, pp. 132–137, 2012.
- [7] Prabowo, D. Ichسانی, W. A. Widodo, and M. E. Simanjuntak, 'Experimental and Numerical Study of Coal Swirl Fluidized Bed Drying on Different Angle of Guide Vane', in *AIP Conference Proceedings*, 2018, vol. 1983, pp. 020021-1–10.
- [8] N. Fatchurrohman and S. T. Chia, 'Performance of Hybrid Nano-Micro Reinforced mg Metal Matrix Composite Brake Calliper: Simulation Approach', in *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 2017, vol. 257 (2017).
- [9] Triola and F. Mario, *Elementary Statistics*, 11th ed. USA: Addison-Wesley, 2010.

- [10] E. Yusniyanti and Kurniati, J. Einstein, pp. 7–12, 2017.

