

DOI: 10.29303/jrpb.v10i1.279
ISSN 2301-8119, e-ISSN 2443-1354
Tersedia online di <http://jrpb.unram.ac.id/>

STUDI SIMULASI PADA PIPA PENDINGER PATI SAGU TIPE PNEUMATIK SKALA 1 TON DENGAN ANSYS FLUENT

*Simulation Study on Pipe of Sago Starch Dryer 1- Ton Scale Pneumatic Type
with Ansys Fluent*

Abadi Jading,*), Paulus Payung, Reniana

Jurusan Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Papua
Jl. Gunung Salju, Amban, Manokwari, Papua Barat 98314, Indonesia

Email*): a.jading@unipa.ac.id

Diterima: Mei 2021
Disetujui: Maret 2022

ABSTRACT

The mini-scale pneumatic conveying ring dryer (PCRD) type sago starch dryer with a capacity of 80 kg / day has been applied to the processing of sago starch to produce dry sago starch. The production capacity of the PCRD dryer can be increased by modifying the recirculation pipe. The modified pipe section is the venturi pipe diameter and the upriser vertical pipe increased. The diameter of the vertical upriser pipe is 2.5 times larger than that of the u-bend pipe and the downcomer vertical pipe so that a buffer is formed. In addition, the difference in the diameter of the recirculation pipe can increase the residence time of the material. The purpose of this study was to simulate using ANSYS FLUENT R.15 to determine the temperature profile, airflow velocity, and pressure in the pneumatic conveying ring dryer (PCRD) dryer with a capacity of 1 ton per day. Simulations were carried out using the Computational Fluid Dynamics (CFD) technique using ANSYS FLUENT R.15 software package. Simulation results show temperature has decreased by about 2 °C (100 °C decreased to 98 °C) various variations input air velocity variations outlet boundary conditions. Likewise, the air velocity at the end of the outlet pipe (vertical downcomer pipe) increases (89 m/s to 166 m/s) due to the difference in diameter with the inlet pipe. The pressure on the vertical upriser pipe is higher (8566.2 Pa to 26638.2 Pa) than the pressure on the u-bend pipe and downcomer vertical pipe. The simulation results show that the recirculation pipe design is very well used to be continued for the manufacture of PCRD-type sago starch dryer on a scale of 1 ton per day. This is in accordance with the pattern of temperature distribution, air flow velocity, and the resulting pressure.

Keywords: ANSYS FLUENT; CFD; PCRD; simulation; sago starch

ABSTRAK

Pendinger pati sagu tipe *pneumatic conveying ring dryer* (PCRD) skala mini kapasitas 80 kg/hari telah diaplikasikan pada pengolahan pati sagu untuk memproduksi pati sagu kering. Kapasitas produksi dari mesin pendinger PCRD tersebut, dapat ditingkatkan dengan memodifikasi pipa resirkulasi. Adapun bagian pipa yang dimodifikasi adalah diameter pipa

venturi dan pipa vertikal *upriser* ditingkatkan. Diameter pipa vertikal *upriser* 2,5 kali lebih besar dari pipa *u-bend* dan pipa vertikal *downcomer* sehingga terbentuk *buffer*. Selain itu, dengan perbedaan diameter pipa resirkulasi tersebut dapat meningkatkan waktu tinggal (*residence time*) bahan. Tujuan penelitian ini adalah melakukan simulasi menggunakan ANSYS FLUENT R.15 untuk mengetahui profil suhu, kecepatan aliran udara, dan tekanan di dalam pipa pengering pati sagu tipe *pneumatic conveying ring dryer* (PCRD) kapasitas 1 ton per hari. Simulasi dilakukan dengan teknik *Computational Fluid Dynamics* (CFD) menggunakan paket perangkat lunak (*software*) ANSYS FLUENT R.15. Hasil simulasi menunjukkan bahwa suhu di sepanjang pipa mengalami penurunan sekitar 2°C (100°C menjadi 98°C) pada berbagai variasi kecepatan udara *input* dan variasi *outlet* pada kondisi batas. Begitupula dengan kecepatan udara pada ujung pipa *outlet* (pipa vertikal *downcomer*) meningkat (89 m/s sampai 166 m/s) karena adanya perbedaan diameter dengan pipa *inlet*. Tekanan pada pipa vertikal *upriser* lebih tinggi (8566,2 Pa sampai 26638,2 Pa) daripada tekanan pada pipa *u-bend* dan pipa vertikal *downcomer*. Hasil simulasi tersebut menunjukkan bahwa rancangan pipa resirkulasi sangat baik digunakan, sehingga dapat dilanjutkan untuk pembuatan pengering pati sagu tipe PCRD skala 1 ton per hari. Hal ini, sesuai dengan pola sebaran suhu, kecepatan aliran udara, dan tekanan yang dihasilkan.

Kata kunci: ANSYS FLUENT; CFD; PCRD; simulasi; pati sagu

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pengering pati sagu tipe *pneumatic conveying ring dryer* (PCRD) skala mini kapasitas 80 kg/hari telah diaplikasikan pada pengolahan pati sagu untuk memproduksi pati sagu kering di Papua Barat (Jading, *et al.*, 2020). Konstruksi pipa resirkulasi pada prototipe PCRD tersebut, terdiri dari pipa venturi, pipa vertikal *upriser*, pipa *u-bend*, dan pipa vertikal *downcomer* berdiameter 4 inci (10,16 cm). Kapasitas pengering tersebut masih rendah, sehingga perlu ditingkatkan produksinya.

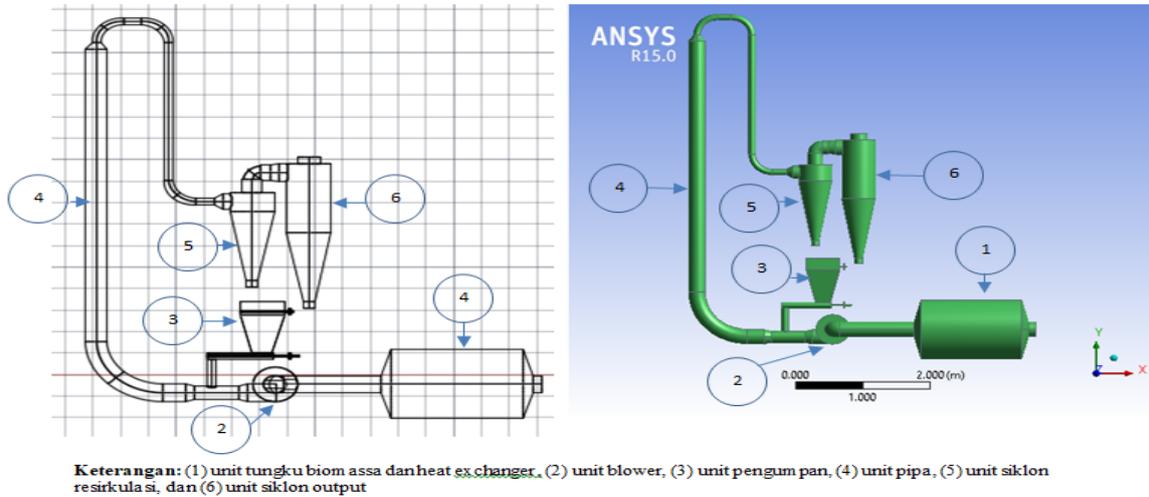
Untuk meningkatkan kapasitas produksi PCRD tersebut, maka dilakukan pengembangan dengan menambah diameter pipa venturi dan pipa vertikal *upriser*. Dengan bertambahnya diameter pipa venturi dan pipa vertikal *upriser*, maka diharapkan kapasitas umpan bahan juga meningkat. Menurut Kemp (2007) pengembangan pengering pneumatik skala kecil menjadi skala besar dilakukan dengan menambah diameter pipa sehingga dapat mengurangi tinggi pengering. Selanjutnya Capius, *et al.* (2017) menyatakan bahwa waktu tinggal (*residence time*) bahan

ditentukan oleh panjang pipa dan kecepatan udara pengering.

Kapasitas produksi PCRD yang dikembangkan mampu memproduksi 0,5 ton (500 kg) pati sagu kering per hari. Oleh karena itu, diperlukan pengolahan pati sagu basah 1 ton per hari, dengan asumsi rendemen bahan kering 50%. Untuk mencapai kapasitas produksi tersebut, maka diperlukan laju pengumpanan pati sagu basah 100 kg/jam (operasional PCRD 10 jam per hari). Adapun konstruksi bagian-bagian PCRD yang dikembangkan secara keseluruhan dapat dilihat, seperti pada Gambar 1. Bagian utama mesin PCRD tersebut, terdiri dari unit tungku biomassa dan *heat exchanger* (1), unit *blower* (2), unit pengumpan (3), unit pipa (4), unit siklon resirkulasi (5), dan unit siklon output (6).

Pada penelitian ini, bagian PCRD yang dikembangkan adalah unit pipa resirkulasi. Unit pipa resirkulasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 3. Bagian-bagian pipa resirkulasi terdiri dari pipa venturi (4a), pipa vertikal *upriser* (4b), pipa *u-bend* (4c), pipa vertikal *downcomer* (4d). Diameter pipa venturi dan pipa vertikal *upriser* diubah masing-masing menjadi 8 inci dan 10 inci. Sedangkan pipa *u-bend*

dan pipa vertikal *downcomer* tetap berdiameter 4 inci (10,16 cm).



Gambar 1. Konstruksi PCRD kapasitas 1 ton

Untuk merancang pipa venturi dan pipa vertikal *upriser* tersebut, maka terlebih dahulu dilakukan penelitian simulasi dengan *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Semua bagian-bagian pipa resirkulasi disimulasikan sebagai *inlet*, *wall*, dan *outlet*.

Simulasi CFD dapat mempermudah sebelum pembuatan PCRD tersebut, terutama mengurangi kesalahan-kesalahan dan biaya yang dibutuhkan dalam perancangan dan pembuatan, serta memberikan informasi tambahan (Chapman dan Doom, 2021). Simulasi CFD menggunakan perangkat lunak (*software*) ANSYS FLUENT R.15 untuk mensimulasikan variabel-variabel yang diamati.

Penelitian terdahulu tentang simulasi suhu dan kecepatan udara di dalam pipa berbasis ANSYS FLUENT R.15 antara lain telah dilakukan oleh (Jading, *et al.*, 2018a). Pada penelitian ini, disimulasikan suhu dan kecepatan aliran udara di dalam pipa berukuran 4 inci pada pengering PCRD kapasitas 80 kg/hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selisih antara simulasi dengan eksperimen adalah 0,1-2,04%. Hasil tersebut menyatakan bahwa antara simulasi dan eksperimen

memiliki perbedaan nilai selisih (*error*) yang sangat kecil.

Jading, *et al.*, (2018b) mensimulasikan sebaran suhu dan kecepatan udara di dalam siklon resirkulasi pada PCRD menggunakan ANSYS FLUENT R.15. Hasil simulasi menunjukkan sebaran suhu di dalam siklon resirkulasi terdistribusi dengan baik dengan *error* 2,044%. Begitupula dengan kecepatan udara di dalam siklon mampu memisahkan antara partikel pati sagu kering dengan uap air.

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam proses simulasi adalah udara mengalir di dalam pipa inkompresibel (densitas konstan), aliran turbulen, suhu lingkungan konstan, aliran sepanjang pipa bersifat adiabatik, dan input bahan padatan (pati sagu basah) diabaikan.

Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah melakukan simulasi menggunakan ANSYS FLUENT R.15 untuk mengetahui profil suhu, kecepatan aliran udara, dan tekanan di dalam pipa pengering pati sagu tipe *pneumatic conveying ring dryer* (PCRD) kapasitas 1 ton per hari.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Proses simulasi menggunakan perangkat lunak (*software*) AUTODESK AUTOCAD 2016 dan ANSYS FLUENT R.15. Paket ANSYS FLUENT R.15 terdiri dari *design modeler*, *meshing*, *solution*, dan *result* (Anonim, 2013a; Anonim, 2013b).

AUTODESK AUTOCAD 2016 digunakan untuk membuat geometri 3 dimensi pipa resirkulasi pengering pati sagu tipe PCRDR kapasitas 1 ton per hari. Hasil geometri tersebut, kemudian di pindahkan atau *import* ke ANSYS FLUENT R.15.

Simulasi menggunakan material fluida udara panas sebagai input 100°C (373K), dan material padat (*solid*) berupa pipa yang terbuat dari *stainless steel*. Sifat-sifat material yang digunakan dalam proses simulasi diperoleh dari pustaka (Singh & Heldman, 2009). Adapun sifat-sifat material simulasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat-sifat bahan untuk simulasi

Sifat	Fluida (Udara)	Solid (Stainless Steel)
Densitas (kg/m ³)	1,225	80,30
Panas spesifik (J/kg.K)	1006,43	502,48
Konduktivitas panas (W/m.K)	0,0242	16,27
Viskositas (kg/m.s)	1,7894x10 ⁻⁵	-

Metode

Penelitian simulasi ini dilakukan dalam beberapa tahapan, seperti pada Gambar 2. Pertama adalah pembuatan geometri 3 dimensi (3D) pipa resirkulasi pengering pati sagu tipe *pneumatic conveying ring dryer* (PCRDR) kapasitas 1 ton per hari menggunakan AUTODESK AUTOCAD 2016, seperti pada Gambar 3. Hasil geometri 3D tersebut, dalam bentuk *file* berektensi *iges* (*.iges*) yang

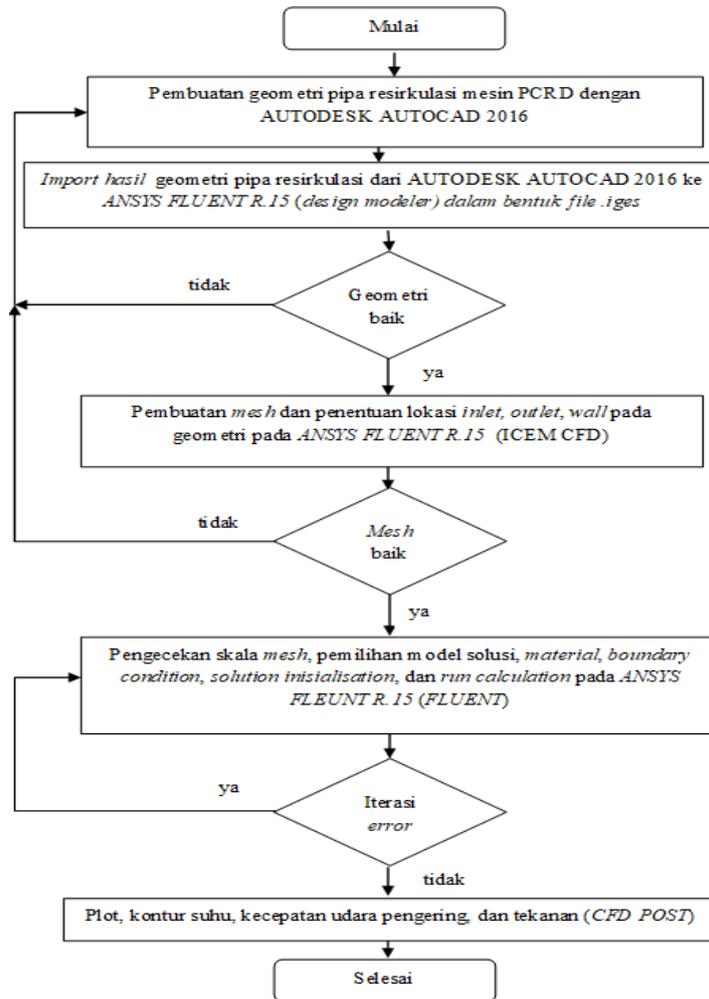
dipindahkan (*import*) ke ANSYS FLUENT R.15 menggunakan *design modeler*.

Tahap kedua adalah pengecekan geometri 3D pipa resirkulasi pengering pati sagu tipe *pneumatic conveying ring dryer* (PCRDR) kapasitas 1 ton per hari menggunakan *design modeler* (ANSYS FLUENT R.15). Geometri 3D pipa resirkulasi pengering tersebut, yang telah terbaca dengan baik pada *design modeler* kemudian di-*update* dan disimpan.

Tahapan ketiga adalah pembuatan *mesh*, menentukan *inlet*, *outlet*, dan bagian-bagian lainnya menggunakan ANSYS ICEM CFD (ANSYS FLUENT R.15) pada geometri 3D pipa resirkulasi pengering pati sagu tipe PCRDR kapasitas 1 ton per hari. Pada penelitian simulasi ini, bagian geometri 3D pipa resirkulasi terdiri dari *inlet* (sisi masuk pada pipa venturi: *velocity inlet*), *wall* (permukaan luar pipa), dan variasi *outlet* (sisi keluar pada pipa vertikal *downcomer*: *pressure-outlet* dan *outflow*). Pembuatan *mesh* menggunakan metode *tetrahedrons*. Tingkat kehalusan *mesh* yaitu *relevance center* (*fine*), *smoothing* (*high*). Jumlah *nodes* sebanyak 25927, dan elemen sebanyak 113307. *Mesh metric skewness* (*max* 0,838 dan *average* 0,275). Bentuk *mesh*, *inlet*, *outlet*, dan *wall* pada pipa resirkulasi PCRDR kapasitas 1 ton dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.

Tahapan keempat adalah *setup* dan *solution* dengan ANSYS FLUENT R.15. Pada tahapan *setup* adalah menentukan dimensi 3D, dan memilih *proseking serial*. Selanjutnya mengecek kembali *mesh* (kualitas, ukuran, dan lain-lain), menentukan nilai dan arah *gravity*, menentukan model (model yang digunakan dalam simulasi ini adalah model aliran turbulen k-omega), material (fluida berupa udara panas dan padatan atau *solid* berupa material pipa yang terbuat dari *stainless steel*), *cell zone condition*, *boundary conditions* (*inlet* yaitu *velocity inlet*, dan *outlet* yaitu *pressure-outlet*, serta *outflow*), *dynamic mesh*, dan *reference values*. Pada tahapan solusi, yaitu menentukan metode

dan *control*, *monitor*, *solution initialization*, *calculation activities*, dan *run calculation*.



Gambar 2. Diagram alir simulasi

Tahapan kelima adalah melihat hasil simulasi dalam bentuk grafik dan animasi, *plot*, serta *report*. Pada simulasi ini ditampilkan kontur suhu, kecepatan udara, dan tekanan. Selain itu, ditampilkan pula *stream* kecepatan udara.

Variabel pada penelitian ini terdiri dari variabel *inlet*: *velocity inlet* (tidak divariasi), yang divariasi pada tahapan simulasi adalah kecepatan udara input (15 m/s, 20 m/s, dan 28 m/s), dan *outlet* pada *boundary condition* yaitu *pressure-outlet*, dan *outflow*. Sedangkan variabel yang diamati adalah nilai dan sebaran suhu, kecepatan udara, dan tekanan di dalam pipa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bentuk geometri

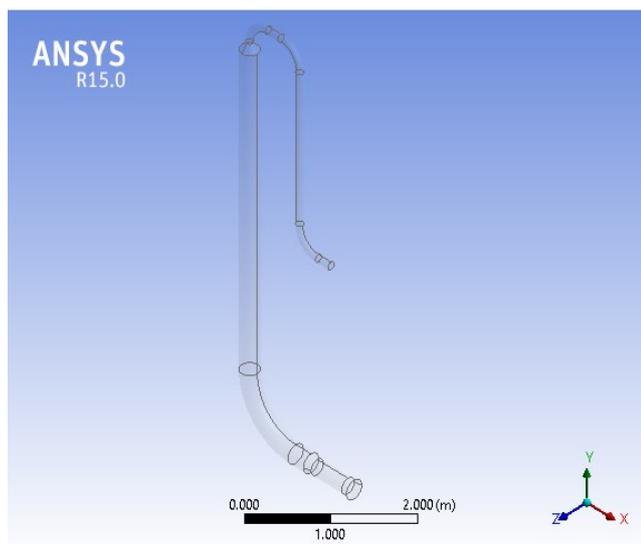
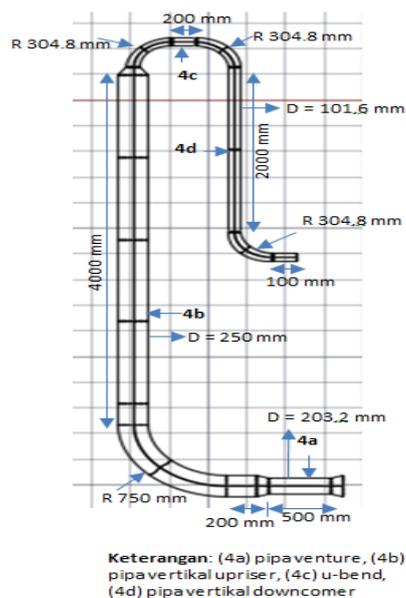
Penelitian ini merupakan penelitian pendahuluan dalam bentuk simulasi sebaran suhu, kecepatan aliran udara, dan tekanan di dalam pipa resirkulasi pengering pati sagu tipe *pneumatic conveying ring dryer* (PCR D) kapasitas 1 ton per hari. Dengan simulasi memudahkan tahapan penelitian selanjutnya untuk memilih blower dan membuat tungku gasifikasi biomassa.

Hasil pembuatan geometri pipa resirkulasi pengering pati sagu tipe *pneumatic conveying ring dryer* (PCR D) kapasitas 1 ton per hari dapat dilihat pada

Gambar 3. Bagian pipa terdiri dari pipa venturi (1) untuk input udara dan pati sagu basah, pipa vertikal *upriser* (2) untuk ruang pengeringan, pipa *u-bend* (3), pipa vertikal *downcomer* (4) untuk output udara dan pati sagu kering menuju siklon.

Diameter dan panjang pipa resirkulasi dihitung dengan Persamaan 1 dan 2 (Kuye, *et al.*, 2011; Jading, 2021). Dimana D_p

adalah diameter pipa resirkulasi (mm, inci), L_p adalah panjang total pipa resirkulasi (m), V_a adalah volume udara (m^3), V_s adalah volume partikel pati sagu (m^3), v adalah kecepatan udara input (m/s), ρ_s densitas partikel pati sagu (kg/m^3), f_k adalah faktor keamanan, dan R_T adalah waktu tinggal (*residence time*) bahan (s).



Gambar 3. Bagian-bagian pipa pada PCRD kapasitas 1 ton

Hasil perhitungan diameter dan panjang pipa resirkulasi menggunakan Persamaan 1 dan 2, diperoleh total panjang pipa resirkulasi adalah 7656 mm (7,6556 m) yang terdiri dari pipa venturi ($L = 500$ mm, $D = 8$ inci), pipa vertikal *upriser* ($L = 4000$ mm, $D = 10$ inci), *u-bend* ($L = 809,6$ mm, $D = 4$ inci), dan pipa vertikal *downcomer* ($L = 2000$ mm, $D = 4$ inci).

Diameter antara pipa vertikal *upriser* dengan pipa *u-bend* dan pipa vertikal *downcomer* berbeda. Berdasarkan perhitungan volume udara dan volume partikel pati sagu, maka diameter pada pipa vertikal *upriser* lebih besar (10 inci) apabila dibandingkan dengan diameter pipa *u-bend* dan pipa vertikal *downcomer* (4 inci).

$$D_p = 0,6392 \sqrt{\frac{(V_a + V_s) / 3600}{v}} \dots\dots\dots (1)$$

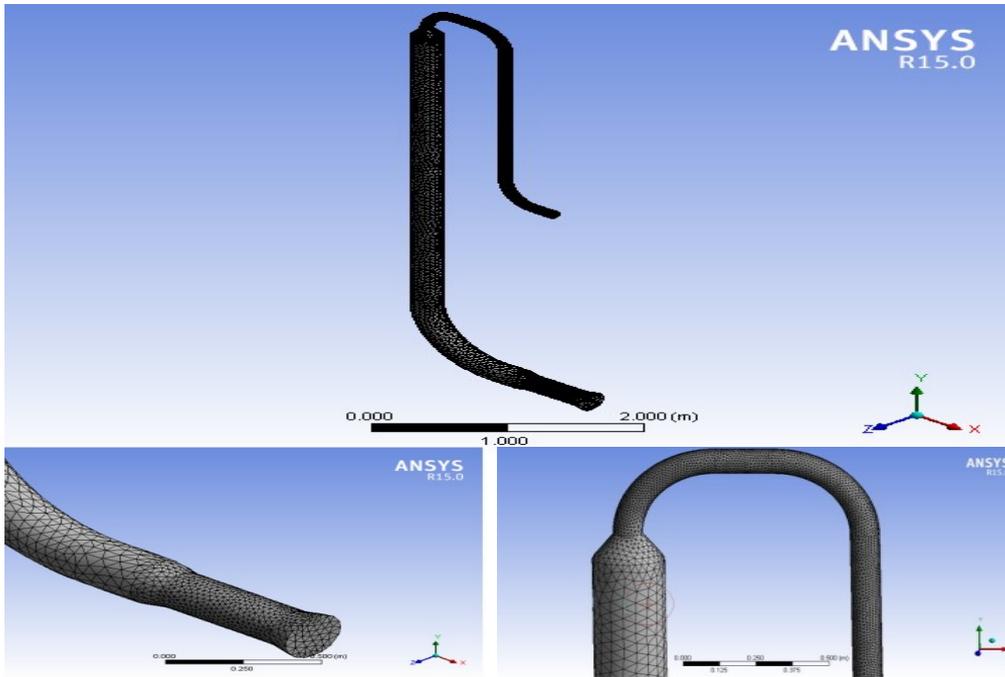
$$L_p = 565,78 \left(\left[\frac{\rho_s}{\rho_s + 997,95} \right] D_2^{0,6} \right) (f_k) (R_T) \dots\dots\dots (2)$$

Berdasarkan perbandingan diameter pipa-pipa tersebut (10 inci: 4 inci), maka diameter pipa vertikal *upriser* 2,5 kali lebih besar daripada diameter pipa *u-bend* dan pipa vertikal *downcomer*. Perbedaan antara diameter pipa-pipa tersebut dinyatakan

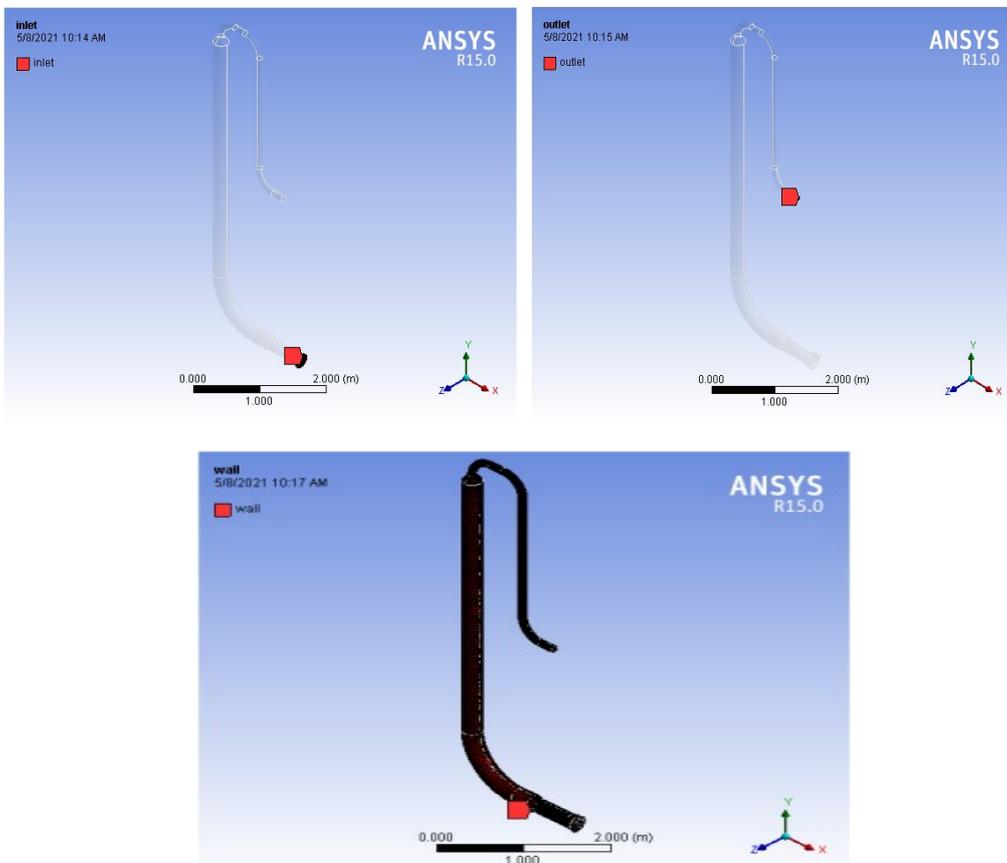
sebagai *buffer* atau *piper*. Hal ini dilakukan untuk menambah waktu tinggal (*residence time*) bahan di dalam pipa vertikal *upriser*, guna mempercepat penurunan kadar air dan meningkatkan efisiensi pengeringan. Bhattarai, *et al.*, (2014) menyatakan bahwa

bertambahnya diameter *buffer* akan mengurangi kecepatan partikel sehingga meningkatkan waktu retensi partikel. Selanjutnya Correa, *et al.*, (2004)

mengemukakan bahwa pembentukan geometri sangat memengaruhi waktu tinggal bahan.



Gambar 4. Bentuk mesh Tetrahedrons



Gambar 5. Penentuan posisi *inlet*, *outlet*, dan *wall* pada pipa PCRD kapasitas 1 ton

Solusi dalam simulasi

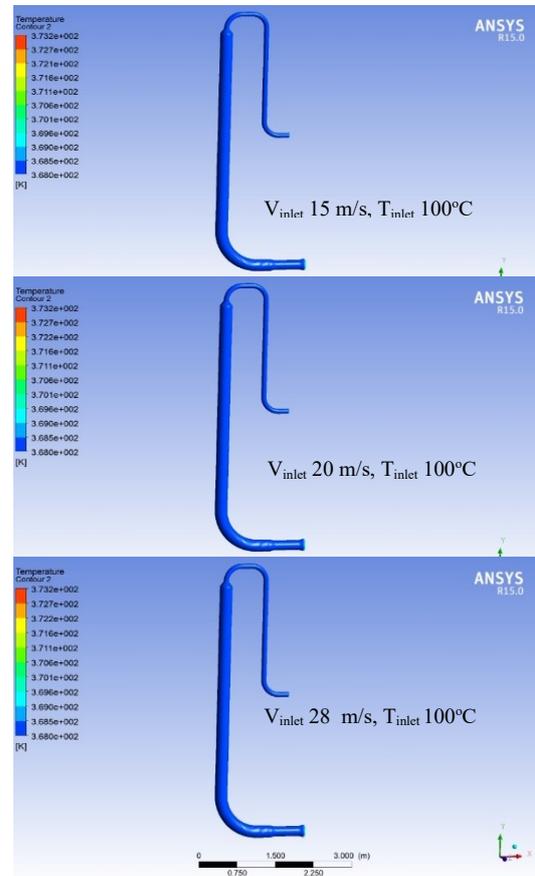
Konvergensi simulasi ditentukan berdasarkan perbedaan antara tebakan awal (inisialisasi) dan hasil akhir dari iterasi pada masing-masing persamaan yang digunakan. Dalam simulasi ini, nilai konvergen dari skala residual adalah 10^{-4} untuk persamaan energi, dan 10^{-3} untuk persamaan lainnya (k-omega, dan lain-lain).

Profil suhu

Hasil simulasi profil suhu sepanjang pipa resirkulasi dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil simulasi tersebut menunjukkan bahwa dengan kondisi batas (*boundary condition*) *inlet* (*velocity inlet*), dan *outlet* (*pressure-outlet*) pada kecepatan udara input 15 m/s, 20 m/s, 28 m/s, tekanan *gauge* 101325 Pa, suhu input 100°C (373K) diperoleh perubahan suhu sepanjang pipa resirkulasi mulai dari pipa *inlet* sampai pipa *outlet* seperti pada Gambar 6. Hasil simulasi pada Tabel 2 menunjukkan bahwa suhu sepanjang pipa resirkulasi mengalami perubahan yang cukup kecil pada setiap variasi kecepatan input.

Perubahan suhu antara pipa *inlet* dengan pipa *outlet* adalah 98°C (371K) atau kehilangan suhu di dalam pipa resirkulasi sebesar 2°C. Variasi kecepatan udara input tidak banyak mempengaruhi perubahan suhu udara panas di dalam pipa. Hal ini diduga disebabkan karena udara langsung

keluar pada pipa *outlet*. Seperti halnya penelitian yang dilakukan oleh (Bhattarai, *et al.*, 2014).



Gambar 6. Kontur suhu sepanjang pipa dengan variasi kecepatan input (15, 20, 28 /s), *inlet: velocity inlet*, *outlet: pressure-outlet*, T_{inlet} 100°C (373K), dan tekanan *gauge* 101325 Pa

Tabel 2. Profil suhu *inlet*

No.	Perlakuan		Hasil simulasi	
	Kecepatan udara input, v (m/s)	Batas kondisi	Suhu udara pengering pipa <i>downcomer</i> , T_{outlet} (°C)	Suhu udara pengering pipa <i>downcomer</i> , T_{outlet} (K)
1.	15	<i>outlet: pressure-outlet</i>	98,276	371,276K
		<i>outlet: outflow</i>	98,276	371,276K
2.	20	<i>outlet: pressure-outlet</i>	98,358	371,358K
		<i>outlet: outflow</i>	98,358	371,358K
3.	28	<i>outlet: pressure-outlet</i>	98,448	371,448K
		<i>outlet: outflow</i>	98,448	371,448K

Profil kecepatan udara

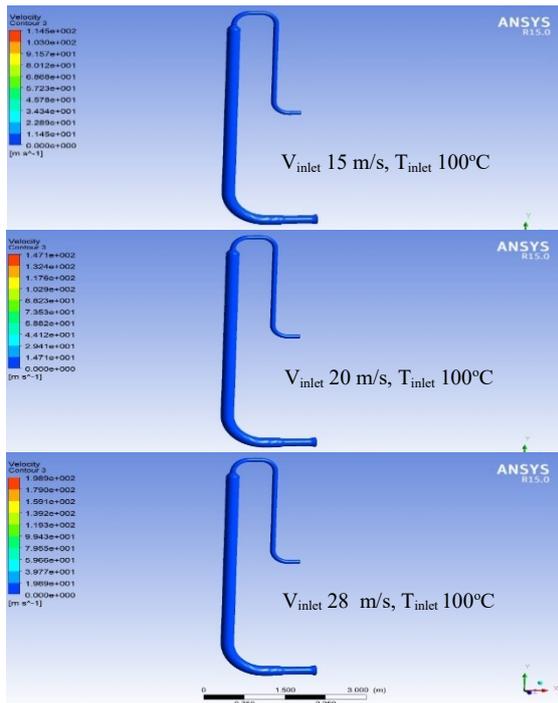
Kecepatan udara sepanjang pipa resirkulasi berdasarkan variasi input 15

m/s, 20 m/s, dan 28 m/s dengan kondisi batas (*inlet: velocity inlet*, dan *outlet: pressure outlet*) dapat dilihat pada Tabel 3.

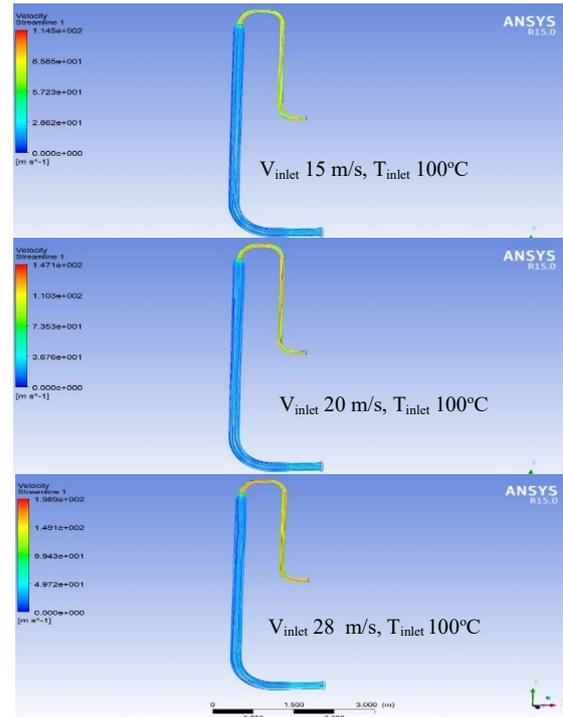
Tabel 3. Profil kecepatan udara *outlet*

No.	Perlakuan		Hasil simulasi Kecepatan udara output pipa <i>downcomer</i> , v_{outlet} (m/s)
	Kecepatan udara input, v (m/s)	Batas kondisi	
1.	15	<i>outlet: pressure-outlet</i> <i>outlet: outflow</i>	89,216 89,07
2.	20	<i>outlet: pressure-outlet</i> <i>outlet: outflow</i>	119,596 119,22
3.	28	<i>outlet: pressure-outlet</i> <i>outlet: outflow</i>	166,73 166,43

Perubahan kecepatan pada pipa *outlet* (pipa vertikal *downcomer*), disebabkan oleh adanya perbedaan diameter dengan pipa vertikal *upriser*. Kontur perubahan kecepatan udara sepanjang pipa (mulai dari pipa *inlet* sampai pipa *outlet*) dapat dilihat pada Gambar 7. Sedangkan *stream* kecepatan aliran udara sepanjang pipa dapat dilihat pada Gambar 8.

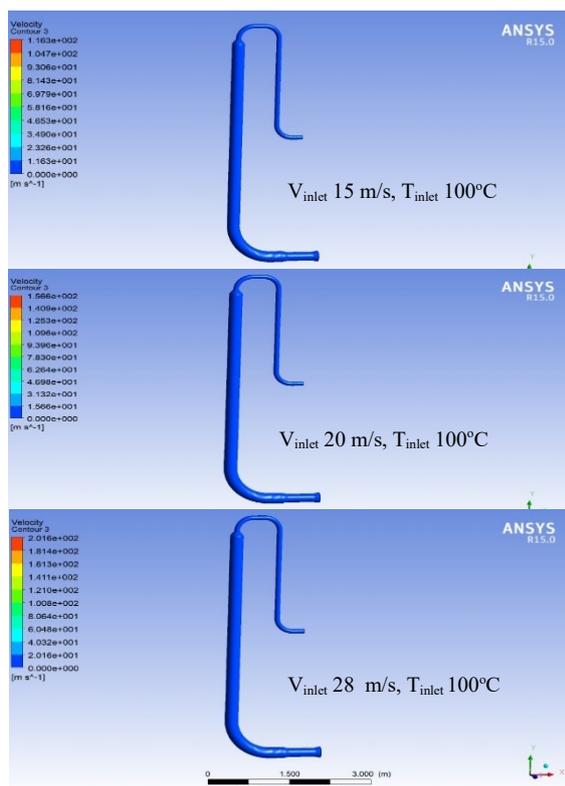


Gambar 7. Kontur kecepatan sepanjang pipa dengan variasi kecepatan input (15, 20, 28 m/s), *inlet: velocity inlet, outlet: pressure-outlet*, T_{inlet} 100°C (373K), dan tekanan *gauge* 101325 Pa

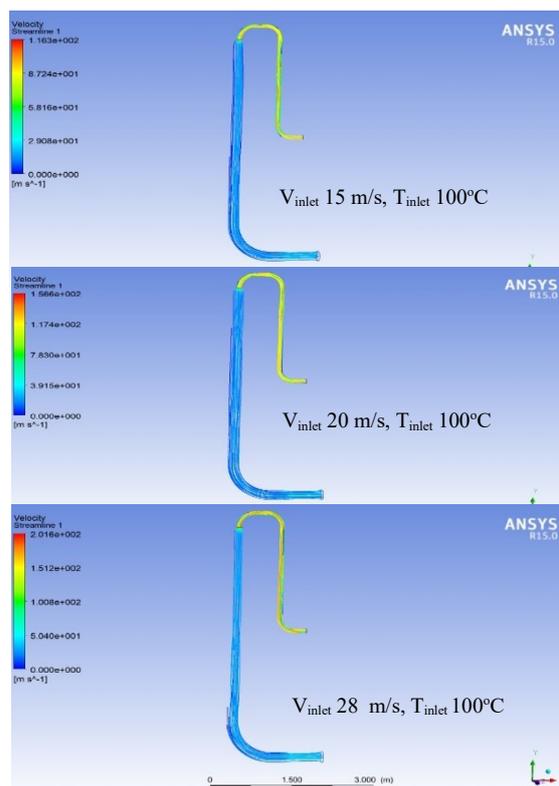


Gambar 8. *Streamline* kecepatan sepanjang pipa dengan variasi kecepatan input (15, 20, 28 m/s), *inlet: velocity inlet, outlet: pressure-outlet*, T_{inlet} 100°C (373K), dan tekanan *gauge* 101325 Pa

Dengan mengubah kondisi batas *outlet* menjadi *outflow* pada variasi kecepatan 15 m/s, 20m/s, dan 28 m/s diperoleh kecepatan udara pada pipa *outlet* (pipa vertikal *downcomer*) masing-masing sebesar 89,07 m/s, 119,22 m/s, dan 166,43 m/s. Kontur dan *stream* perubahan kecepatan udara di dalam pipa dapat dilihat pada Gambar 9 dan 10. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kecepatan udara terbaik di dalam pipa resirkulasi dalam memilih kecepatan blower pada rancangan mesin PCRD.



Gambar 9. Kontur kecepatan sepanjang pipa dengan variasi kecepatan input (15, 20, 28 m/s), inlet: velocity inlet, outlet: outflow, T_{inlet} 100°C (373K), dan tekanan gauge 101325 Pa



Gambar 10. Streamline kecepatan sepanjang pipa dengan variasi kecepatan input (15, 20, 28 m/s), inlet: velocity inlet, outlet: outflow, T_{inlet} 100°C (373K), dan tekanan gauge 101325 Pa

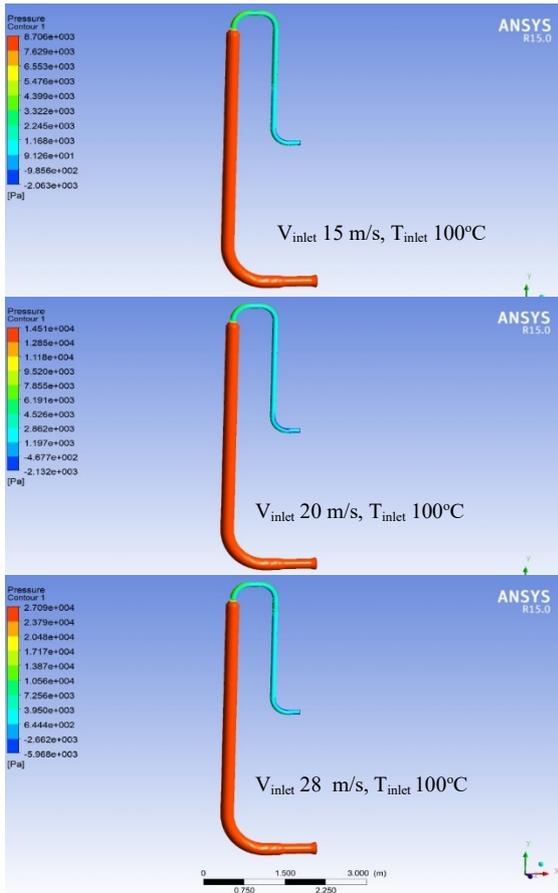
Profil tekanan

Hasil simulasi tekanan dapat dilihat pada Tabel 4. Berdasarkan kondisi batas pada pipa outlet (*pressure-outlet*) dengan kecepatan udara pengering 15 m/s, tekanan gauge 101325 Pa, diperoleh tekanan inlet pipa (P_{inlet}) sebesar 8566,2 Pa, P_{wall} adalah

7086,1 Pa, dan P_{outlet} adalah 0. Pada kecepatan 20 m/s diperoleh P_{inlet} , P_{wall} , dan P_{outlet} masing-masing 14272,6 Pa, 11787,5 Pa, dan 0. Pada kecepatan 28 m/s P_{inlet} , P_{wall} , dan P_{outlet} masing-masing 26638,2 Pa, 21846,3 Pa, dan 0. Kontur tekanan di dalam pipa dapat dilihat pada Gambar 11.

Tabel 4. Profil tekanan

No.	Perlakuan		Hasil simulasi Tekanan (P)		
	Kecepatan udara input, v (m/s)	Batas kondisi	P inlet (Pa)	P wall (Pa)	P outlet (Pa)
1.	15	outlet: <i>pressure-outlet</i> outlet: <i>outflow</i>	8566,2 (-118,539)	7086,1 (-1504,66)	0 (-7842)
2.	20	outlet: <i>pressure-outlet</i> outlet: <i>outflow</i>	14272,6 (-204,89)	11787,5 (-2681,73)	0 (-14334)
3.	28	outlet: <i>pressure-outlet</i> outlet: <i>outflow</i>	26638,2 (-345,371)	21846,3 (-5617,98)	0 (-30589,6)

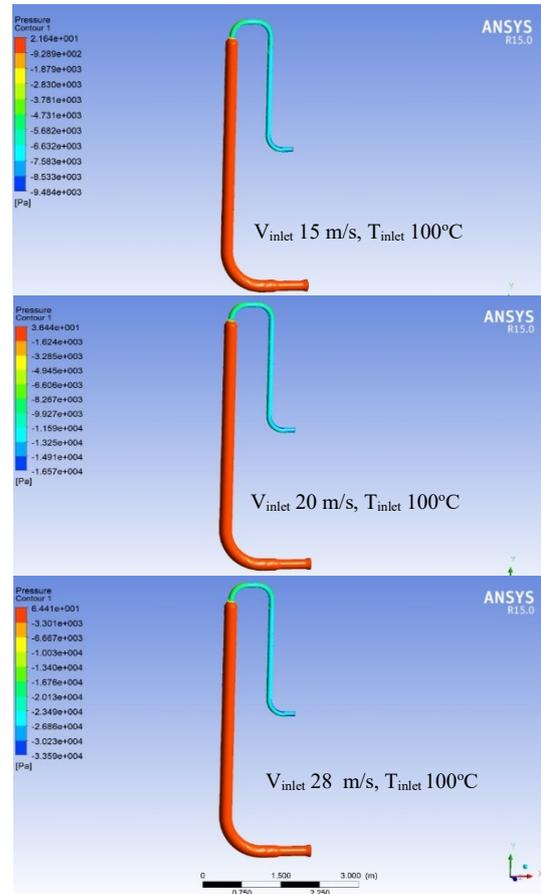


Gambar 11. Kontur tekanan sepanjang pipa dengan variasi kecepatan input (15, 20, 28 m/s), inlet: velocity inlet, outlet: pressure-outlet, $T_{inlet} 100^{\circ}\text{C}$ (373K), dan tekanan gauge 101325 Pa

Dengan mengubah kondisi batas outlet menjadi outflow pada kecepatan 15 m/s dan tekanan gauge 101325 Pa diperoleh P_{inlet} (-118,539 Pa), P_{wall} (-1504,66 Pa), dan P_{outlet} (-7842 Pa). Pada kecepatan 20 m/s diperoleh P_{inlet} (-204,89 Pa), P_{wall} (-2681,73 Pa), dan P_{outlet} (-14334 Pa). Pada kecepatan 28 m/s diperoleh nilai tekanan pada P_{inlet} sebesar (-345,371 Pa), P_{wall} (-5617,98 Pa), dan P_{outlet} (-30589,6 Pa). Perubahan tekanan di dalam pipa dapat dilihat pada Gambar 12.

Perubahan kecepatan, dan tekanan yang sangat tinggi antara inlet dan outlet di dalam pipa resirkulasi, sangat dipengaruhi oleh adanya perbedaan antara diameter pipa vertikal upriser dengan pipa u-bend dan pipa vertikal downcomer yang disebut buffer/piper. Hal ini sejalan dengan hasil

penelitian yang telah dilakukan oleh (El-Behery, et al., 2013).



Gambar 12. Perubahan kontur tekanan sepanjang pipa dengan variasi kecepatan input (15, 20, 28 m/s), inlet: velocity inlet, outlet: outflow, $T_{inlet} 100^{\circ}\text{C}$ (373K), dan tekanan gauge 101325 Pa

Dari hasil simulasi profil tekanan menunjukkan drop tekanan yang sangat tinggi pada pipa vertikal upriser sebagai buffer, bila dibandingkan dengan tekanan pada pipa u-bend dan pipa vertikal downcomer.

Perbedaan diameter antara pipa vertikal upriser sebesar 2,5 kali dengan pipa u-bend dan pipa vertikal downcomer sebagai buffer/piper yang diharapkan meningkatkan laju penurunan kadar air, dan meningkatkan efisiensi pengeringan. Menurut Bhattarai, et al., (2014) dan Jamaledine & Ray (2011) penggunaan buffer pada pipa pneumatic conveying dryer akan meningkatkan efisiensi pengeringan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil simulasi menunjukkan bahwa rancangan pipa resirkulasi pada pengering pati sagu tipe *pneumatic conveying ring dryer* (PCRD) kapasitas 1 ton per hari sangat baik, dimana perubahan suhu di dalam pipa resirkulasi cukup kecil, yaitu dari 100°C menurun menjadi 98°C, kecepatan aliran udara *outlet* 89 sampai 166 m/s, dan tekanan *inlet* antara 8566,2 Pa sampai 26638,2. Hal ini dapat dilihat berdasarkan profil suhu, kecepatan udara dan tekanan. Variasi kecepatan udara input terbaik adalah 20 m/s sampai 28 m/s, hal ini sesuai dengan kebutuhan udara untuk mampu mengangkat partikel pati sagu basah. Oleh karena itu, hasil simulasi dapat digunakan untuk merancang dan membuat konstruksi PCRD kapasitas 1 ton per hari.

Saran

Hasil simulasi pada penelitian ini memerlukan proses validasi menggunakan data eksperimen, yaitu hasil pengukuran suhu, kecepatan udara dan tekanan di dalam pipa pengering pati sagu tipe *pneumatic conveying ring dryer* kapasitas 1 ton per hari. Dengan demikian, dapat diperoleh nilai *error* atau selisih antara hasil simulasi dengan pengukuran. Selain itu, untuk simulasi selanjutnya perlu melibatkan partikel pati sagu sebagai fasa padat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Kepada Masyarakat (DRPM), Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikbudristek) yang telah mendanai penelitian ini melalui skema Penelitian Terapan tahun 2021, dengan nomor kontrak: 177g/UN42.15/PG/2021.

DAFTAR REFERENSI

- Anonim. (2013a). *Ansys fluent 15.0: Tutorial guide*. Ansys inc. www.ansys.com
- Anonim. (2013b). *Ansys fluent R15: Users guide*. Ansys Inc. www.ansys.com
- Bhattarai, S., Oh, J.H., Euh, S.H., Kim, D. H., & Yu, L. (2014). Simulation study for pneumatic conveying drying of sawdust for pellet production. *Drying Technology*, 32(10), 1142–1156.
- Capius, A., Precoppe, M., Meot, J., Sriroth, K., & Tran, T. (2017). Pnumatic drying of casava starch: Numerical analysis and guidelines for the design of efficientt small-scale dryer. *Drying Technology*, 35(4), 393–408.
- Chapman, Z., & Doom, J. (2021). Computational fluid dynamic simulation of a pulse-width modulated spray nozzle. *Journal of Agricultural Engineering*, 52(1104), 1–8.
- Correa, J. L. , Graminho, D., Silva, M., & Nebra, S. (2004). The cyclonic dryer A numerical and experimental analysis of the influence of geometry on average particle residence time. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 21(1), 103–112.
- El-Behery, S., El-Askary, W., Hamed, M., & Ibrahim, K. (2013). Eulerian-Lagrangian simulation and experimental validation of pneumatic conveying dryer. *Drying Technology*, 31, 1374–1387.
- Jading, A. (2021). *Pengantar dan Aplikasi Perancangan Pengering Pati Sagu (Pertama)*. Deepublish.
- Jading, A., Bintoro, N., Sutiarto, L., &

- Karyadi, J. N. W. (2018a). Temperature and air velocity simulation on sago starch pneumatic conveying recirculated dryer using ansys fluent. *Agritech*, 38(1), 88–99.
- Jading, A., Bintoro, N., Sutiarmo, L., & Karyadi, J. N. W. (2018b). Temperature distribution simulation and the analysis of cyclones performance on sago starch pneumatic conveying recirculated dryers. *Asian Journal of Scientific Research*, 11(1), 62–83.
- Jading, A., Payung, P., Tethool, E. F., & Bintoro, N. (2020). Comparison of mathematical modeling and artificial neural networks to predict the output the capacity of materials on modified sago starch pneumatic conveying ring dryer. *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET)*, 11(7), 513–523.
- Jamaledine, T., & Ray, M. (2011). Drying of sludge in a pneumatic dryer using computational fluids dynamics. *Drying Technology*, 29(10), 308–322.
- Kemp, I. (2007). Scale-up of pneumatic conveying dryer. *Drying Technology*, 12(1–2), 279–297.
- Kuye, A., Ayo, D., Sanni, L., Raji, A., Kwaya, E., Otuu, O., Asiru, W., Alenkhe, B., Abdulkareem, I., Bamkefa, B., Tarawali, G., Dixon, A., & Okechukwu, R. (2011). *Design and fabrication of flash dryer for the production of high quality cassava flour*. [www. iita.org](http://www.iita.org)
- Singh, R. P., & Heldman, D. R. (2009). *Introduction to food engineering* (Fourth). Elsevier.