

# Kajian Perbandingan Dimensi LTDS *Cyclone* Terhadap Angka Rugi Gesekan Permukaan Yang Diperoleh (Studi Kasus PT. BWLM – NSAM)

David Fauzan Akbar<sup>1\*,1</sup>, Idad Syeful Haq<sup>1</sup>, Lia Laila<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknologi Pengolahan Sawit, Institut Teknologi Sains Bandung, Indonesia

**Abstrak**— LTDS *Cyclone* merupakan salah satu alat di stasiun *nut & kernel* pabrik kelapa sawit yang bertujuan untuk memisahkan material (cangkang) dari suatu komposisi fluida (udara). Masalah yang terjadi pada LTDS *Cyclone* di PT BWLM – NSAM yaitu mengalami kebocoran pada permukaan dinding di beberapa titik tertentu. Kebocoran ini disebabkan karena dinding permukaan LTDS *Cyclone* sudah mengalami keausan yang terjadi akibat adanya kontak gesekan dengan cangkang. Oleh karena itu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh desain *cyclone* terhadap angka kerugian gesekan, parameter yang mempengaruhi angka kerugian gesekan pada permukaan dinding LTDS *Cyclone*, dan pengaruh penurunan angka kerugian gesekan terhadap *lifetime* LTDS *Cyclone*. Metode penelitian yang digunakan adalah metode komparatif. Metode komparatif adalah penelitian pendidikan yang menggunakan teknik membandingkan suatu objek dengan objek lain.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh desain *cyclone* terhadap angka kerugian gesekan yaitu desain *cyclone* bermodel 1D2D dapat menurunkan angka kerugian gesekan dibandingkan dengan desain *cyclone* bermodel 2D2D. Parameter yang mempengaruhi angka kerugian gesekan pada permukaan dinding LTDS *Cyclone* diantaranya kecepatan udara masuk ke *cyclone*, panjang *barrel*, panjang *cone*, diameter *cyclone*, diameter silinder gas udara bersih, jenis material *cyclone* dengan Batasan setiap model desain. Penurunan angka kerugian gesekan akan berdampak pada rentang waktu terjadinya potensi keausan/kerusakan menjadi lebih lama. Pada kondisi ini, ketika laju keausan rendah maka akan berpengaruh juga pada *lifetime* LTDS *cyclone* tersebut yang relatif lebih lama. Persentase penurunan angka gesekan pada *barrel cyclone* Line no. 1 yaitu 65.61% s.d. 73.80%, sedangkan pada Line no. 2 yaitu 72.90% s.d. 75.16%. Dan persentase penurunan angka gesekan pada *cone* Line no. 1 yaitu 37.15% s.d. 52.11%, sedangkan pada Line no. 2 yaitu 50.48 s.d. 54.61%.

**Kata Kunci**— Desain *Cyclone*, LTDS *Cyclone*, kerugian gesekan

## I. PENDAHULUAN

LTDS (*Light Transport Dry Separator*) *Cyclone* merupakan salah satu alat yang ada di pabrik kelapa sawit (PKS). LTDS *Cyclone* di PT BWLM – NSAM mengalami kebocoran pada permukaan dinding di beberapa titik tertentu. Kebocoran ini disebabkan karena dinding permukaan LTDS *Cyclone* sudah mengalami keausan. Jika mengikuti kondisi aktual LTDS *Cyclone* di PT BWLM – NSAM seharusnya dilakukan penggantian setiap tahunnya, namun untuk melakukan penghematan maka dilakukan perbaikan secara *temporary* dengan melakukan *patching* pada area – area yang mengalami keausan. Permasalahan ini dipengaruhi oleh desain LTDS *Cyclone* di PT BWLM – NSAM yang bermodel 2D2D.

Desain *cyclone* 2D2D memiliki panjang *barrel* dan panjang kerucut dua kali dari diameter *cyclone*. Sesuai dengan perhitungan yang dilakukan oleh L. Wang, et all [1] menunjukkan bahwa desain model 2D2D memiliki angka kerugian gesekan yang lebih tinggi dibanding desain model 1D2D. Analisis teoritis yang dilakukan oleh L. Wang, et all [1] menunjukkan bahwa jumlah putaran ditentukan oleh desain *cyclone* dan tidak tergantung pada diameter diameter dan kecepatan angin masuk. Desain *cyclone* 1D2D memiliki panjang *barrel* sama dengan diameter *barrel* dan panjang kerucut dua kali diameter *barrel*.

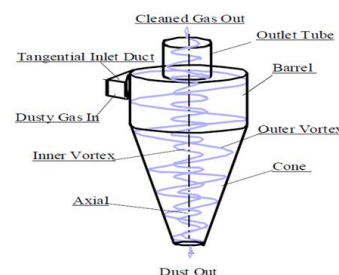
Untuk mengatasi permasalahan tersebut, PT BWLM – NSAM mengganti desain LTDS *Cyclone* bermodel panjang *barrel* lebih pendek dibanding dengan panjang kerucut dan berdiameter lebih panjang dari sebelumnya. Dengan digantikannya desain LTDS *Cyclone* tersebut, diharapkan dapat mengurangi angka kerugian gesekan dan memperpanjang *lifetime*. Selanjutnya, peneliti melakukan pengkajian teori-teori terbaru dan relevan untuk membuktikan dugaan bahwa penggantian desain LTDS *Cyclone* adalah benar untuk mengurangi angka kerugian gesekan.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Prinsip Kerja *Cyclone Separator*

*Cyclone separator* adalah alat yang menggunakan prinsip gaya sentrifugal dan tekanan rendah karena adanya perputaran untuk memisahkan materi berdasarkan perbedaan massa jenis, bentuk dan ukuran [2]. *Cyclone separator* terdiri dari 3 bagian yaitu [3]:

- Badan berbentuk silinder vertikal (*barrel*) dengan bagian bawah berbentuk corong/kerucut (*cone*).
- Saluran *inlet* tangensial gas/fluida.
- Saluran *outlet* pada bagian bawah untuk mengeluarkan partikulat hasil pemisahan, dan saluran *outlet* gas pada bagian atas untuk mengalirkan gas bersih.



Gambar 1. Skematis Aliran dan Bagian – Bagian Cyclone Separator [1].

<sup>1\*</sup> Corresponding author: [davidfauzan03@gmail.com](mailto:davidfauzan03@gmail.com)

**B. LTDS Cyclone**

LTDS Cyclone merupakan salah satu alat di Stasiun *Nut & Kernel* pabrik kelapa sawit yang bertujuan untuk memisahkan partikulat (cangkang) dari suatu komposisi fluida (udara). *Cyclone* menghasilkan pusaran angin di dalam *barrel* dan *cone* tempat pemisahan antara cangkang serta sisa kotoran dan udara bersih. Cangkang yang masa jenisnya lebih berat dari pada udara akan jatuh ke dasar *cyclone* dan keluar melalui *airlock* lalu masuk ke *fiber shell conveyor* sebagai bahan bakar boiler [4], sedangkan udara bersih yang mencapai bagian bawah kerucut akan membalikkan arah dan keluar dari atas.

**C. Anemometer**

Anemometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin, berikut spesifikasi anemometer [5]:

- Air speed* :
  - 0.40 s.d. 30.00 m/s, akurasi ± (3% + 0.20 m/s)
  - 196 s.d. 5900 ft/min, akurasi ± (3% + 40 ft/m)
  - 3.6 s.d. 108.0 km/h, akurasi ± (3% + 0.8 km/h)
  - 1.9 s.d. 58.0 Knots, akurasi ± (3% + 0.4knots)
- Temperature range* : -100C – 450C
- Power consumption* : 3 mA



**Gambar 2.** Anemometer

**D. Persamaan Kontinuitas**

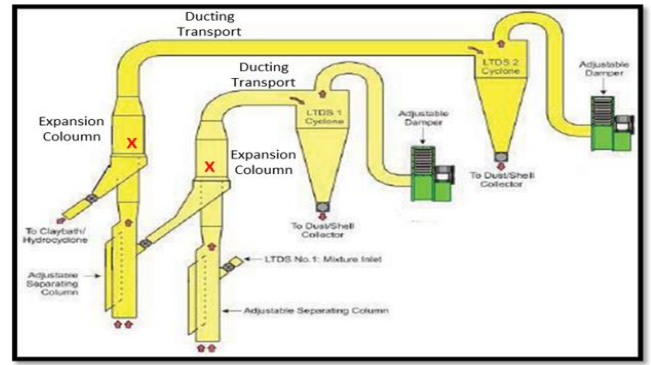
Persamaan kontinuitas merupakan sebuah persamaan yang menghubungkan kecepatan fluida pada tempat yang berbeda. Pada persamaan kontinuitas ini, dijelaskan bahwa jika terdapat fluida yang bermassa masuk ke dalam sebuah penampang, akan keluar di ujung penampang yang lain namun massanya berbeda. Oleh karena itu di seluruh titik penampang memiliki debit yang sama [6].

Dalam kasus penelitian yang dilakukan, peneliti mengukur kecepatan fluida yaitu angin di sistem LTDS ( $V_I$ ) pada bagian *expansion coloumn* sebagai area penampang 1 ( $A_I$ ). Di sistem LTDS, aliran fluida (angin) dari *expansion coloumn* akan menuju ke *transport ducting* sebagai area penampang 2 ( $A_{II}$ ) lalu ke *cyclone*. Dari persamaan kontinuitas berikut:

$$Q_I = Q_{II}$$

$$A_I * V_I = A_{II} * V_{II} \dots \dots \dots (1)$$

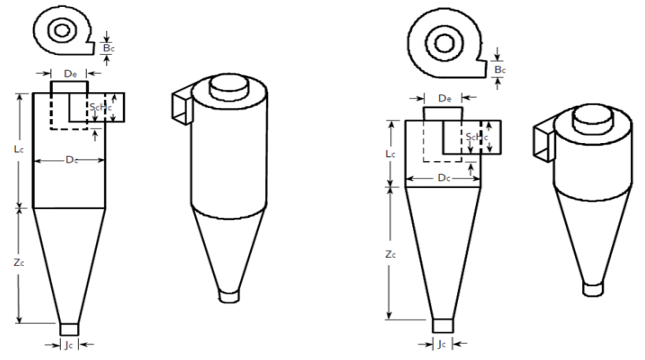
maka kecepatan angin di *transport ducting* ( $V_{II}$ ) menjadi acuan sebagai kecepatan masuk yang akan digunakan pada formulasi kerugian gesekan *cyclone*.



**Gambar 3.** Alur Sistem LTDS [7].

**E. Desain Cyclone**

Secara umum, *cyclone* terdiri dari bagian tabung atas yang disebut *barrel* dan bagian kerucut yang disebut *cone*. Desain *cyclone* memiliki beberapa model, beberapa contoh diantaranya yaitu 2D2D dan 1D2D. D dalam penunjukan 2D2D dan 1D2D mengacu pada diameter *barrel* pada *cyclone*. Angka-angka sebelum D berhubungan dengan tinggi *barrel* dan tinggi *cone*. *Cyclone* 2D2D memiliki panjang *barrel* dan *cone* dua kali diameter *barrel*. *Cyclone* 1D2D memiliki panjang *barrel* sama dengan diameter *barrel* dan panjang *cone* dua kali diameter *barrel*.



2D2D: Bc= Dc/4 Jc= Dc/4 De= Dc/2 Sc= Dc/8 Hc= Dc/2 Lc= 2\*Dc Zc= 2\*Dc  
 1D2D: Bc= Dc/4 Jc= Dc/2 De= Dc/1.6 Sc= 5Dc/8 Hc= Dc/2 Lc= 1\*Dc Zc= 2\*Dc  
**Gambar 4.** Konfigurasi *Cyclone* 2D2D (Kiri) dan 1D2D (Kanan) [1].

**F. Formulasi Dasar Kerugian Gesekan Cyclone**

Menentukan formulasi dasar angka kerugian gesekan dilakukan berdasarkan percobaan yang dilakukan oleh L. Wang, et. Al [1]. Angka kerugian gesekan pada LTDS *cyclone* dibagi menjadi 2 bagian yaitu pada *barrel* dan *cone*.

1) Angka Kerugian Gesekan di Barrel

Kerugian tekanan gesekan di bagian *barrel* dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\Delta P f_1 = \int_0^{z_1} f * \frac{V P_{S_1}}{D_{S_1}} * V_1 * \frac{dz}{V_{Z_1}} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

$\Delta P f_1$  = Rugi Gesekan di *barrel* (Pa (inch H<sub>2</sub>O))

$Z_1$  = Panjang *barrel* (m)

$f$  = Faktor gesekan

$V P_{S_1}$  = Tekanan kecepatan aliran di *barrel* (Pa)

$D_{S_1}$  = Diameter aliran di *barrel* (m)

$V_1$  = Total kecepatan aliran udara di *barrel* (m/s)

$V_{Z_1}$  = Komponen kecepatan aksial di *barrel* (m/s)

$dz$  = Diferensial dari variable aksial

Pada persamaan 2,  $VP_{S1}$  adalah tekanan kecepatan aliran ditentukan oleh tekanan dinamis ( $q$ ). Persamaan penurunan tekanan dinamis ( $q$ ) [8] adalah sebagai berikut:

$$q = \frac{1}{2} \rho_g V_1^2 \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

$q = VP_{S1}$  = Tekanan kecepatan aliran (Pa)

$\rho_g$  = Densitas gas ( $kg/m^3$ ) = 1,2  $kg/m^3$  [9]

$V_1 = VS_1$  = Kecepatan aliran udara di *barrel* (m/s).

Faktor gesekan ( $f$ ) adalah fungsi dari Bilangan Reynolds ( $Re$ , Persamaan (4)) dan tingkat kekasaran spiral imajiner permukaan tabung.

$$Re = \frac{D * V * \rho}{\mu} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

$Re$  = Bilangan Reynolds

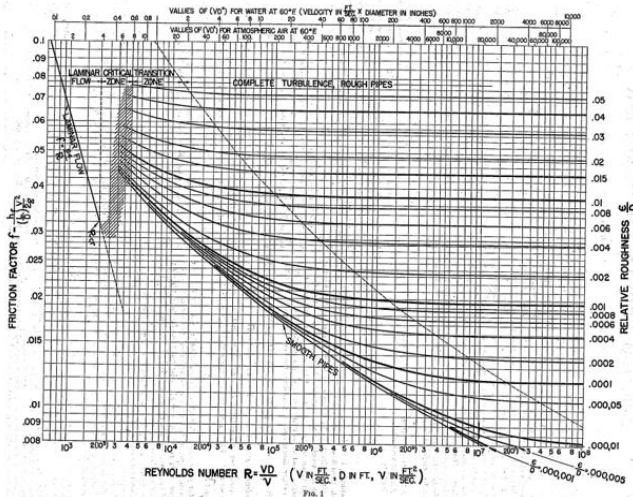
$D$  = Diameter pipa (asumsi diameter *cyclone*) (m)

$V$  = Kecepatan fluida (m/s)

$\rho$  = Densitas fluida (gas/udara) ( $kg/m^3$ ) = 1,2  $kg/m^3$  [9]

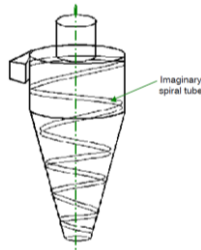
$\mu$  = Viskositas dinamis fluida (gas/udara) ( $kg/ms$ ) = 1,8 x 10<sup>-5</sup>  $kg/m.s$  [10]

Faktor gesekan ( $f$ ) dapat diperoleh dari *Moody chart* (grafik gesekan) berdasarkan faktor kekasaran relatif ( $\epsilon/D$ ) dari permukaan tabung dan bilangan Reynolds [11] grafik dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. *Moody Chart* [11].

Selanjutnya, mengasumsikan jenis material yang digunakan adalah *commercial steel*, maka angka epsilon  $\epsilon = 0,000045m$  [12]. Diameter aliran ( $DS_1$ ) digunakan untuk mengukur aliran dalam tabung spiral imajiner, dapat dilihat pada Gambar 6. Laju aliran dan kecepatan total aliran menentukan diameter ini, ditunjukkan pada persamaan 5:



Gambar 6. Aliran Spiral Imajiner dalam Tabung [1].

$$VS_1 * \frac{\pi * DS_1^2}{4} = Vin * \frac{Dc^2}{8}$$

$$DS_1 = \frac{Dc \sqrt{V}}{\sqrt{2 * VS_1 * \pi}} \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

$DS_1$  = Diameter aliran di *barrel* (m)

$Dc$  = Diameter *cyclone* (m)

$Vin = V_{II}$  = Kecepatan udara masuk (m/s)

$VS_1$  = Kecepatan aliran udara di bagian *barrel* ( $VS_1 = V_1$  (Total kecepatan aliran di *barrel*))

$$V_1 = \sqrt{Vt_1^2 + Vz_1^2} \dots \dots \dots (6)$$

Terdapat dua komponen kecepatan di *barrel* yaitu kecepatan tangensial ( $Vt_1$ ) dan kecepatan aksial ( $Vz_1$ ). Kecepatan tangensial adalah kecepatan yang selalu menyinggung lintasan dan tegak lurus dengan jari-jari lintasan [13]. Diasumsikan bahwa kecepatan tangensial sama dengan kecepatan udara masuk ke *cyclone* ( $Vt_1 = Vin$ ). Kecepatan aksial adalah kecepatan yang searah dengan tabung, yang arahnya juga longitudinal. Kecepatan aksial ( $Vz_1$ ) dapat dihitung berdasarkan asumsi laju aliran konstan di *outer vortex* dengan persamaan berikut:

$$Vz_1 \left( \frac{\pi * Dc^2}{4} - \frac{\pi * De^2}{4} \right) = Vin * \frac{Dc^2}{8}$$

$$Vz_1 = \frac{Dc^2 * Vin}{2 * \pi * Dc^2 - 2 * \pi * De^2} \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan:

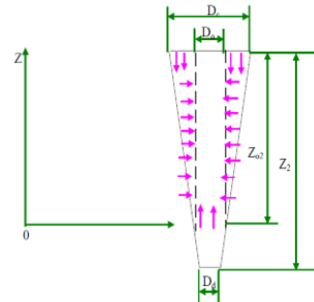
$Vz_1$  = Kecepatan aksial di *barrel* (m/s)

$Dc$  = Diameter *cyclone* (m)

$De$  = Diameter silinder udara keluar (m)

$Vin = V_{II}$  = Kecepatan udara masuk (m/s)

2) Angka Kerugian Gesekan di *Cone*



Gambar 7. *Cyclone Cone* [14].

Gambar 7. menunjukkan dimensi dari *cyclone cone*. Rugi tekanan gesekan dalam kerucut dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\Delta Pf_2 = \int_{Z_02}^0 f * \frac{VP_{S2}}{DS_2} * V_2 * \frac{dz}{Vz_2} \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan:

$\Delta Pf_2$  = Kerugian gesekan di *cone* (Pa (inch H<sub>2</sub>O))

$f$  = Faktor gesekan

$VP_{S2}$  = Tekanan kecepatan aliran di *cone* (ditentukan oleh kecepatan aliran  $VS_2$ ) (Pa)

$DS_2$  = Diameter aliran di *cone* (m)

$V_2 = VS_2$  = Total kecepatan aliran udara di *cone* (m/s)

$Vz_2$  = Komponen kecepatan aksial di *cone* (m/s)

$Z_02$  = Panjang aksial di *cone* (m)

$dz$  = Diferensial dari variable aksial

Pada persamaan 8,  $VP_{S2}$  adalah tekanan kecepatan aliran ditentukan oleh tekanan dinamis ( $q$ ). Persamaan tekanan dinamis ( $q$ ) [8] adalah sebagai berikut:

$$q_2 = \frac{1}{2} \rho_g V_2^2 \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan:

$q_2 = VP_{S2} =$  Penurunan tekanan (Pa)

$\rho_g =$  Densitas gas ( $\text{kg/m}^3$ ) = 1,2  $\text{kg/m}^3$

$V_2 = VS_2 =$  Kecepatan udara (m/s)

Faktor gesekan ( $f$ ) adalah fungsi dari Bilangan Reynolds ( $Re$ , Persamaan (4)) dan tingkat kekasaran spiral imajner permukaan tabung. Faktor gesekan ( $f$ ) dapat diperoleh dari *Moody chart* (grafik gesekan) berdasarkan faktor kekasaran relatif ( $\epsilon/D$ ) dari permukaan tabung dan bilangan Reynolds [11] grafik dapat dilihat pada Gambar 5. Selanjutnya, mengamsumsi jenis material yang digunakan adalah *commercial steel*, maka angka epsilon  $\epsilon = 0,000045$ . Di bagian *Cone Cyclone*, diameter aliran ( $DS_2$ ) ditentukan oleh persamaan:

$$VS_2 * \frac{\pi * DS_2^2}{4} = Vin * \frac{Dc^2}{8} * \frac{Z}{ZO_2}$$

$$DS_2 = \frac{Dc \sqrt{Vin * Z}}{\sqrt{2 * ZO_2 * VS_2 * \pi}} \dots \dots \dots (10)$$

Keterangan:

$DS_2 =$  Diameter aliran udara di *cone* (m)

$Dc =$  Diameter *cyclone* (m)

$Vin = V_{II} =$  Kecepatan udara masuk (m/s)

$Z = ZO_2 + Z_1 =$  Komponen aksial aliran udara (m)

$ZO_2 =$  Panjang aksial dari di *cone* (m)

$VS_2 =$  Kecepatan aliran udara di *cone* ( $VS_2 = V_2$  (Total kecepatan aliran di *cone*)) (m/s)

$$V_2 = \sqrt{Vt_2^2 + Vz_2^2 + Vr^2} \dots \dots \dots (11)$$

Terdapat tiga komponen kecepatan di *cone* yaitu kecepatan tangensial ( $Vt_2$ ), kecepatan aksial ( $Vz_2$ ) dan kecepatan radial ( $Vr$ ). Kecepatan radial adalah kecepatan dari suatu benda dalam arah segaris dengan arah pandangan (menjauhi atau mendekati pengamat). Dalam mengembangkan persamaan untuk komponen kecepatan, asumsi berikut dibuat:

- Diameter ( $Do$ ) dari persimpangan *inner vortex* dan *outer vortex* sama dengan diameter silinder keluaran gas bersih.
- Aliran udara masuk dari *outer vortex* ke *inner vortex* berada di sepanjang jalur lintasan di kerucut karena udara termampatkan.
- Aliran udara masuk dari *outer vortex* ke *inner vortex* mengikuti model linier dari atas kerucut ke persimpangan antarmuka pusaran dan dinding kerucut. Dibagian atas kerucut, laju aliran udara sama dengan total laju aliran udara masuk. Di area persimpangan, semua udara telah masuk ke *inner vortex*.

Berdasarkan asumsi di atas, ketiga komponen kecepatan dalam kerucut dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 12, 13, 14 dan 15:

$$Vt_2 = \frac{R * Vin}{r + Z * tg\theta} \dots \dots \dots (12)$$

Keterangan:

$Vt_2 =$  Kecepatan tangensial di *cone* (m/s)

$Vin = V_{II} =$  Kecepatan udara masuk (m/s)

$R =$  Radius *barrel* ( $R = Dc/2$ ) (m)

$r =$  Radius antarmuka *Inner vortex* dan *outer vortex* ( $r = De/2$ ) (m)

$Z = ZO_2 + Z_1 =$  Komponen aksial dari aliran udara (m)

$\theta =$  sudut *cyclone cone*

Kemudian:

$$Vz_2 = -\frac{Qz}{Az} = \frac{-Qin}{\pi * (R - r)} * \frac{1}{\frac{R - r}{ZO_2} * Z + 2r} \dots \dots \dots (13)$$

Keterangan:

$Vz_2 =$  Kecepatan aksial di *cone* (m)

$Qz =$  Laju aliran udara *outer vortex* ke *inner vortex* ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

Laju aliran udara *outer vortex* ke *inner vortex* dapat dikur menggunakan persamaan:

$$Qz = Qin * \frac{Z}{ZO_2} \dots \dots \dots (14)$$

Keterangan:

$Qin =$  Laju aliran udara masuk ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$$(Qin = Vin * \frac{Dc^2}{8}) \dots \dots \dots (15)$$

$Z = ZO_2 + Z_1 =$  Komponen aksial jarak tempuh aliran udara (m)

$ZO_2 =$  Panjang aksial dalam kerucut (m)

$Az =$  Luas penampang *outer vortex*  $Z$  (area annular)

$R =$  Radius *barrel* ( $R = Dc/2$ )

$r =$  Radius antarmuka *inner vortex* dan *outer vortex* ( $r = De/2$ )

$Z = ZO_2 + Z_1 =$  Komponen aksial aliran udara

Kemudian:

$$Vr_2 = Vz_2 * tg\theta \dots \dots \dots (16)$$

$Vr_2 =$  Kecepatan radial dalam *cone*

$Vz_2 =$  Kecepatan aksial dalam *cone*

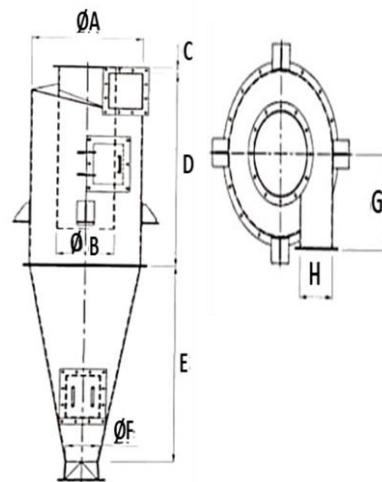
$tg\theta =$  Sudut tangensial *cone*

### G. Hubungan Tekanan Rugi Gesek dengan Keausan dan Lifetime

Adanya gesekan akan mengakibatkan kerusakan berupa hilangnya material dari permukaan benda yang disebut dengan keausan. Faktor-faktor yang mempengaruhi keausan adalah kecepatan, tekanan, kekasaran permukaan dan kekerasan material [15]. Semakin besar kecepatan relatif benda yang bergesekan, maka material akan mudah aus. Begitupun semakin besar tekanan pada permukaan kontak benda, material akan cepat aus, begitu pula sebaliknya. Hal ini berpengaruh terhadap *lifetime*, ketika laju keausan rendah maka umur hidup (*lifetime*) akan relative lebih lama [16].

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Spesifikasi Ukuran dimensi *existing* pada line A dan dimensi *upgrading* pada line B pada LTDS *Cyclone*:



Gambar 8. Dimensi *Cyclone* (Sumber: Dokumentasi PT BWLM –NSAM)

Tabel 1. Ukuran Dimensi Cyclone pada Line No. 1 dan Line No. 2

Deskripsi	Kode							
	A	B	C	D	E	F	G	H
Dimensi Existing (m)	0,8	0,4	0,05	1,6	1,6	0,28	0,65	0,3
Dimensi Upgrading (m)	1,7	0,6	1,3	1,62	2,01	0,50	1,00	0,4

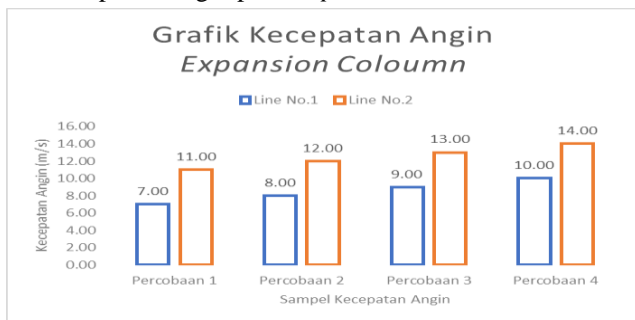
B. Expansion Coloumn dan Ducting Transport

Tabel 2. Ukuran Luas Area Expansion Coloumn dan Ducting Transport

Line	Luas Area Expansion Coloumn (m <sup>2</sup> )	Luas Area Ducting Transport (m <sup>2</sup> )
Line A	0.20	0.16
Line B	0.20	0.16

Ukuran expansion coloumn dan ducting transport digunakan untuk perhitungan kecepatan masuknya angin kedalam cyclone menggunakan persamaan kontinuitas.

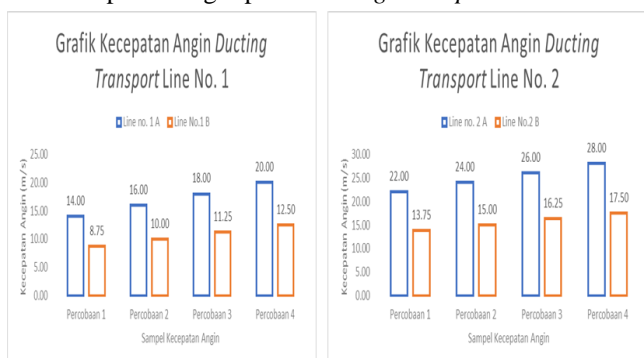
C. Kecepatan Angin pada Expansion Coloumn



Gambar 9. Grafik Kecepatan Angin Expansion Coloumn

Kecepatan angin pada expansion coloumn dilakukan pengukuran menggunakan anemometer. Kecepatan angin di Line no.1 lebih rendah dibandingkan dengan Line no.2, hal ini dikarenakan LTDS no.1 berfungsi untuk mengangkat cangkang berukuran kecil menuju cyclone. Untuk mengangkat cangkang berukuran kecil, kecepatan angin pada expansion coloumn maksimal harus 10m/s. Sedangkan LTDS no.2 berfungsi untuk mengangkat cangkang berukuran sedang menuju cyclone. Untuk mengangkat cangkang berukuran sedang, kecepatan angin pada expansion coloumn berkisar 12-14 m/s [7].

D. Kecepatan Angin pada Ducting Transport



Gambar 10. Grafik Kecepatan Angin Ducting Transport

Kecepatan angin pada ducting transport di Line A (dimensi existing) dengan Line B (dimensi upgrading) memiliki perbedaan yang signifikan. Hal ini disebabkan oleh perbedaan ukuran luas area pada ducting transport. Semakin besar ukuran luas area ducting, maka semakin kecil kecepatan angin di dalamnya. Kecepatan angin pada ducting transport didapatkan dari perhitungan persamaan kontinuitas. Kecepatan angin pada ducting transport adalah kecepatan angin yang masuk ke cyclone dan digunakan dalam perhitungan angka kerugian gesekan pada dinding permukaan cyclone.

E. Angka Kerugian Gesekan pada Barrel

Tabel 3. Persentase Pengurangan Angka Kerugian Gesekan pada Barrel Cyclone

Bagian Cyclone	No	Kecepatan Angin Masuk Ke Cyclone Line A (m/s)	ΔP <sub>f2</sub> (Line A) (Pa (Inch H <sub>2</sub> O))	Kecepatan Angin Masuk Ke Cyclone Line B (m/s)	ΔP <sub>f2</sub> (Line B) (Pa (Inch H <sub>2</sub> O))	Selisih (Pa)	Persentase
Cone	1	14	38.98	8.75	13.41	25.58	65.61%
		16	50.92	10.00	15.84	35.07	68.88%
		18	64.44	11.25	19.00	45.45	70.52%
		20	79.56	12.50	20.85	58.71	73.80%
Cone	2	22	88.86	13.75	23.65	65.21	73.39%
		24	105.75	15.00	26.27	79.49	75.16%
		26	113.77	16.25	30.83	82.94	72.90%
		28	131.95	7.50	35.75	96.19	72.90%

Line B (dimensi upgrading) memiliki angka kerugian gesekan yang kecil dibandingkan pada Line A (dimensi existing), hal ini dikarenakan beberapa parameter yang dapat mempengaruhi pengurangan tersebut diantaranya kecepatan angin yang masuk ke cyclone, semakin tingginya kecepatan angin dengan ukuran dimensi yang sama maka angka kerugian gesekan semakin tinggi juga. Selain kecepatan angin yang masuk ke cyclone ada juga seperti panjang barrel, diameter cyclone, jenis material cyclone, diameter tabung keluaran udara bersih.

F. Angka Kerugian Gesekan pada Cone Cyclone

Tabel 4. Angka Kerugian Gesekan pada Cone Cyclone

Bagian Cyclone	No	Kecepatan Angin Masuk Ke Cyclone Line A (m/s)	ΔP <sub>f2</sub> (Line A) (Pa (Inch H <sub>2</sub> O))	Kecepatan Angin Masuk Ke Cyclone Line B (m/s)	ΔP <sub>f2</sub> (Line B) (Pa (Inch H <sub>2</sub> O))	Selisih (Pa)	Persentase
Cone	1	14	5.23	8.75	3.29	1.94	37.15%
		16	6.83	10.00	3.88	2.95	43.13%
		18	8.64	11.25	4.66	3.99	46.13%
		20	10.67	12.50	5.11	5.56	52.11%
Cone	2	22	11.92	13.75	5.80	6.12	51.36%
		24	14.18	15.00	6.44	7.74	54.61%
		26	15.26	16.25	7.56	7.70	50.48%
		28	17.70	7.50	8.76	8.93	50.48%

Line B (dimensi upgrading) memiliki angka kerugian gesekan yang kecil dibandingkan pada Line A (dimensi existing), hal ini dikarenakan beberapa parameter yang dapat mempengaruhi pengurangan tersebut diantaranya kecepatan angin yang masuk ke cyclone, semakin tingginya kecepatan angin dengan ukuran dimensi yang sama maka angka kerugian gesekan semakin tinggi juga. Selain kecepatan angin yang masuk ke cyclone ada juga seperti panjang barrel, panjang cone, diameter cyclone, jenis material cyclone, diameter tabung keluaran udara bersih.

#### G. Pengaruh Penurunan Angka Kerugian Gesek Terhadap Keausan dan *Lifetime*

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, maka didapatkanlah hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya penurunan angka kerugian gesekan setelah digantikannya LTDS *Cyclone*. Adanya penurunan angka kerugian gesek ini akan berdampak terjadinya potensi keausan menjadi lebih lambat. Pada kondisi ini, ketika laju keausan rendah maka akan berpengaruh juga pada *lifetime* LTDS *cyclone* tersebut yang relatif lebih lama.

#### IV. KESIMPULAN

Desain *cyclone* bermodel 2D2D yang diterapkan pada LTDS *Cyclone* Line A Stasiun nut dan kernel PT BWLM – NSAM memiliki angka kerugian gesekan yang lebih besar dibandingkan desain LTDS *cyclone* Line B yang diasumsikan bermodel 1D2D. Hal ini menyatakan bahwa desain *cyclone* bermodel 1D2D dapat menurunkan angka kerugian gesekan dibandingkan dengan desain *cyclone* bermodel 2D2D.

Parameter yang mempengaruhi angka kerugian gesekan pada permukaan dinding LTDS *Cyclone* diantaranya kecepatan udara masuk ke *cyclone*, panjang barrel, panjang cone, diameter cyclone, diameter silinder gas udara bersih, jenis material cyclone dengan batasan untuk setiap model desain.

Penurunan angka kerugian gesek ini akan berdampak pada rentang waktu terjadinya potensi keausan/kerusakan menjadi lebih lama. Pada kondisi ini, ketika laju keausan rendah maka akan berpengaruh juga pada *lifetime* LTDS *cyclone* tersebut yang relatif lebih lama. Persentase penurunan angka gesekan pada *barrel cyclone* Line no. 1 yaitu 65.61% s.d. 73.80%, sedangkan pada Line no. 2 yaitu 72.90% s.d. 75.16%. Dan persentase penurunan angka gesekan pada *cone* Line no. 1 yaitu 37.15% s.d. 52.11%, sedangkan pada Line no. 2 yaitu 50.48 s.d. 54.61%.

#### V. SARAN

- A. Dapat dilakukannya penelitian terkait efisiensi pemisahan gas dan material/partikulat/cangkang kernel.
- B. Dapat dilakukannya penelitian terkait perhitungan *lifetime cyclone*.
- C. Perusahaan diupayakan selalu rutin melakukan *preventive maintenance* pada LTDS *Cyclone* guna mengurangi resiko terjadinya kerusakan atau keausan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Wang, et all. 2006. "A THEORETICAL APPROACH FOR PREDICTING NUMBER OF TURNS AND CYCLONE PRESSURE DROP". American Society of Agricultural and Biological Engineers ISSN 0001-2351, Vol. 49(2): 491-503.
- [2] Indra W. 2012. Cyclone Separator. <https://indrawibawads.wordpress.com/tag/prinsip-kerja-cyclone/>. 21 Juli 2022.
- [3] Coulson JM., Richardson JF., Backhurst JR & Harker JH. 1991. "Chemical Engineering: Particle Technology and Separation Processes", Vol. 2, 4th Edition, Pergamon Press, Oxford, U.K.
- [4] Manurung GP. 2021. "PENGENALAN ALAT DAN PROSES PENGOLAHAN KELAPA SAWIT DI PT. IVO MAS TUNGGAL PKS UNIT SAM SAM MILL DESA BEKALAR, KEC. KANDIS, KAB. SIAK, RIAU". LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANGAN II. Yogyakarta: Politeknik LPP.
- [5] Anonim. 2019. General Measuring Equipment. <https://ecatalog.krisbow.com>. 26 Juli 2022.

- [6] Rizki. 2020. Fluida dinamis. <https://pastiguna.com/fluida-dinamis/>. 23 Agustus 2022
- [7] Mahfud A. 2012. "KAJIAN PENGARUH PEMBUKAAN BLOWER DAMPER PADA DRY SEPARATION SYSTEM". BEKASI: POLITEKNIK KELAPA SAWIT CITRA WIDYA EDUKASI.
- [8] L. J. Clancy. 1975. "Aerodynamics" Pitman Publishing Limited, London. ISBN 0-273-01120-0.
- [9] Kartika E. 2009. "ALAT UKUR MASSA JENIS ZAT CAIR DENGAN MENGGUNAKAN METODE MOHR". Skripsi. Depok: Universitas Indonesia.
- [10] Perry RH., dan Green DW. 1985. "Perry's Chemical Engineer's Handbook, 6th ed". New York: Mc Graw Hill Book Co.
- [11] Moody, L. F. (1944), "Friction factors for pipe flow" (PDF), Transactions of the ASME, 66 (8): 671-684,
- [12] Taufik M. 2012. <https://www.slideshare.net/muhammadataufik50596/bab-5-faktor-gesekan>. 8 Agustus 2022.
- [13] Swawikanti K. 2021. <https://www.ruangguru.com/blog/gerak-melingkar-beraturan-dan-penjasannya>. 9 Agustus 2022.
- [14] L. Wang. 2004. "THEORETICAL STUDY OF CYCLONE DESIGN". Desertasi. Texas: A&M University.
- [15] Ningsih EK., Kaelani Y. 2014. "Studi Eksperimen Dan Analisa Keausan *Journal Bearing Dry Contact* Pada *Rotary Valve* Mesin Pembuat Pasta". JURNAL TEKNIK ITS Vol. 5, No. 1, (2016) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print).
- [16] Gultom E., Kaelani Y. 2016. "Studi Eksperimen dan Analisa Laju Keausan Material Alternatif pada Sepatu Rem Lokomotif". JURNAL TEKNIK ITS Vol. 5, No. 2, (2016) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print).99