

PERANCANGAN TUDUNG ISAP DEBU UNTUK SISTEM *DUST COLLECTOR* PADA *SUCTION POINT AREA PRESS* DI PT. XYZ

Ahmad Nazil Stalis¹⁾, Okik Hendriyanto Cahyonugroho²⁾*

¹⁾ Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, UPN "Veteran" Jawa Timur, Surabaya

*E-mail: okikhc@upnjatim.ac.id

Abstrak

Pengendalian debu dalam sektor industri melibatkan proses penghapusan partikel padat dari aliran udara untuk mengatasi masalah debu yang dapat berdampak pada keamanan dan kesehatan. Studi ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja sistem *dust collector* yang diterapkan di area Press PT XYZ, di mana sistem tersebut belum optimal dalam mengendalikan debu yang bertebaran di lingkungan kerja. Penelitian ini melibatkan studi literatur, pengamatan lapangan, pengumpulan dan analisis data, serta perancangan desain untuk merancang solusi yang tepat. Perancangan fokus pada desain tudung isap dengan memodifikasi bentuk, lokasi, kecepatan tangkap dan laju aliran yang melaluinya. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa untuk laju aliran udara 703,925 cfm, kecepatan tangkap yang dibutuhkan adalah 726,631 fpm. Sedangkan untuk bentuk tudung berdiri bebas dengan flensa, kecepatan tangkap yang dibutuhkan adalah 167,864 fpm. Berdasarkan perbandingan dengan kondisi eksisting, bentuk tudung booth dengan luas bukaan 0,969 ft² terhubung ke saluran dengan luas bukaan 0,313 ft² merupakan pilihan yang sesuai. Lokasi tudung isap ditempatkan di bagian atas bukaan bin dengan jarak 0,656 ft dari bukaan tudung. Implementasi desain tudung ini diharapkan dapat meningkatkan kinerja sistem *dust collector* dalam mengendalikan emisi debu di PT. XYZ.

Kata kunci: kecepatan tangkap, laju alir, tudung isap

Abstract

Dust control in the industrial sector involves the removal of solid particles from the air stream to address dust-related issues that can impact safety and health. This study aims to improve the performance of the dust collector system implemented in the Press area of PT XYZ, where the current system is not optimal in controlling the scattered dust in the work environment. The research involves literature review, field observations, data collection and analysis, and design development to propose appropriate solutions. The design focuses on the suction hood by modifying its shape, location, capture velocity, and airflow rate. The calculations reveal that for an airflow rate of 703.925 cfm, the required capture velocity is 726.631 fpm. Meanwhile, for the free-standing hood with a flange, the required capture velocity is 167.864 fpm. Based on a comparison with the existing conditions, the booth-shaped hood with an opening area of 0.969 ft² connected to a channel with an opening area of 0.313 ft² is considered the suitable choice. The suction hood is positioned above the bin opening at 0.656 ft. The implementation of this hood design is expected to enhance the performance of the dust collector system in controlling dust emissions at PT. XYZ.

Keywords: capture velocity, airflow rate, suction hood

1. PENDAHULUAN

Sektor industri memiliki peran yang signifikan dalam mendorong pertumbuhan ekonomi dan meningkatkan kesejahteraan rakyat. Sampai saat ini sektor industri menjadi salah satu sektor penyerap tenaga kerja terbesar di Indonesia. Pentingnya memperhatikan aspek kesehatan dan keselamatan kerja (K3) menjadi hal yang tidak bisa dipisahkan dari pekerjaan karena kehadiran K3 sebagai suatu program yang bertujuan untuk melindungi tenaga kerja dari bahaya kecelakaan di tempat kerja sehingga produktivitas kerja menjad (Nurfauzan &

Thaib, 2020). Salah satu perhatian utama yang harus dihadapi adalah perlindungan tenaga kerja di negara kita dari penyakit pernapasan, terutama ketika mereka terpapar debu yang mengandung silika kristal yang dapat masuk ke dalam sistem pernapasan. Silika kristal biasanya ditemukan secara alami dalam bentuk mineral kuarsa dan ada dalam granit, batu pasir, kuarsit, serta berbagai jenis batuan lainnya, termasuk pasir. Pekerja yang menghirup partikel silika kristal yang sangat kecil berisiko mengembangkan silikosis, suatu penyakit yang tidak dapat disembuhkan, memburuk seiring waktu, dan dalam beberapa kasus dapat menjadi penyakit paru-paru yang fatal (Niosh, 2012).

Dalam konteks perpindahan material powder dari konveyor ke bin dan hopper sebelum masuk ke mesin press, kondisi tersebut memunculkan sumber debu yang dapat menyebabkan penyebaran debu ke udara. Penyebaran debu terjadi karena adanya induksi material powder yang menyebabkan pergerakan debu ke arah vertikal sehingga menimbulkan emisi debu (Cecala *et al.*, 2019). Partikel debu halus berbahaya, asap, uap, dan gas sebenarnya terdistribusi di udara, mengikuti arus udara, dan tidak mengalami pergerakan yang signifikan ke atas atau ke bawah dikarenakan densitasnya sendiri. Gerakan udara normal akan memastikan bahwa campuran dari kontaminan-kontaminan ini terjadi secara merata (Conference & Hygienists, 1998).

Sektor industri dalam pengendalian debu melibatkan proses penghapusan atau pengumpulan partikel padat dari aliran udara dengan tujuan mengatasi masalah debu yang dapat mengganggu baik dari segi keamanan maupun kesehatan (Bhuiyan, 2020). *Dust collector* adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk mengumpulkan debu dengan menggunakan prinsip ventilasi guna menangkap debu dari sumbernya. Prosesnya melibatkan penyedotan debu dari udara menggunakan pompa dan mengalirkannya ke dalam *dust collector*, sementara udara yang telah bersih dialirkan keluar (Hermanu *et al.*, 2018). Meskipun tidak dapat menjamin pencegahan total emisi debu, instalasi yang optimal dari sistem pengendalian debu dapat memberikan perlindungan dan manfaat tambahan seperti pencegahan atau pengurangan risiko terjadinya ledakan debu atau kebakaran, mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan, mengurangi biaya pembersihan dan pemeliharaan, mengurangi kerusakan peralatan, serta memastikan kepatuhan yang berkelanjutan terhadap peraturan kesehatan yang berlaku (Bhuiyan, 2020).

Namun di PT. XYZ pengendalian debu dengan sistem *dust collector* yang diterapkan di area Press HD fungsinya kurang optimal, kurang optimalnya sistem *dust collector* ditandai

dengan masih banyaknya debu yang bertebaran di lingkungan kerja. Berdasarkan studi lapangan kondisi tidak optimal dalam penanganan emisi debu di area Press HD disebabkan adanya ketidaksesuaian desain tudung isap pada suction point. Tudung isap yang efektif adalah bagian penting dalam sistem *dust collector* karena jika tudung tidak menangkap debu, sisa sistem ventilasi pembuangan menjadi tidak berarti (Cecala *et al.*, 2019). Tudung isap yang dirancang dengan baik akan menciptakan laju aliran dan pola aliran udara yang efektif untuk menangkap debu dan membawanya ke sistem ventilasi (Cecala *et al.*, 2019). Berdasarkan kondisi pengendalian emisi debu di PT. XYZ perlu dilakukan perancangan pada sistem *dust collector* dengan fokus utama yaitu desain tudung isap dengan cara memodifikasi bentuk, lokasi, dan laju aliran yang melalui tudung isap sesuai dengan standar. Perancangan desain tudung isap dilakukan sebagai sarana pengoptimalan nilai fungsi dari *dust collector* dalam meminimalisasi emisi debu.

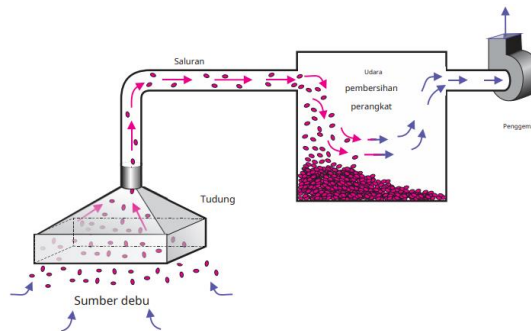
2. METODE

Tahap Penelitian

Metode penelitian ini melibatkan kombinasi studi literatur, pengamatan lapangan, pengumpulan data, analisis, dan perancangan desain untuk mengatasi masalah pengendalian debu dan merancang solusi yang tepat. metode penelitian dimulai dengan studi pustaka yaitu melakukan pencarian dan analisis literatur terkait dengan topik penelitian, termasuk informasi tentang pengendalian debu, sumber debu, dan desain tudung isap. Selanjutnya melakukan pengamatan langsung atau analisis terhadap kondisi aktual sumber debu dan upaya pengendalian debu yang telah dilakukan. Mengidentifikasi masalah-masalah yang terkait dengan pengendalian debu pada kondisi yang ada, seperti kekurangan pengendalian debu atau kebutuhan perbaikan. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data dan pengolahan data terkait dengan laju aliran udara, kecepatan tangkap, bentuk tudung isap, dan lokasi tudung isap. Data ini dapat diperoleh melalui pengukuran lapangan, pengamatan, atau dari literatur yang kemudian diolah untuk menentukan persyaratan desain tudung isap yang sesuai. Selanjutnya merancang desain tudung isap yang efektif berdasarkan hasil pengolahan data dan informasi yang telah dikumpulkan sebelumnya. Perancangan desain geometri tudung isap 2 dimensi dirancang menggunakan software AutoCAD, dari desain 2 dimensi kemudian dilanjutkan dengan desain 3 dimensi yang dirancang menggunakan software Fussion 360. Terakhir, kesimpulan ditarik berdasarkan analisis data dan perancangan desain tudung isap.

Tudung Isap

Tudung isap dirancang khusus untuk memenuhi karakteristik jenis bijih atau produk yang diproses. Perancangan desain tudung isap juga perlu memahami proses dan operasi secara menyeluruh pada sumber emisi agar dapat dipasang desain tudung isap yang paling efektif. Desain yang baik akan menciptakan laju aliran dan pola aliran udara yang efektif untuk menangkap partikel debu ke sistem ventilasi. Keberhasilan perancangan desain tudung isap didasarkan pada beberapa parameter utama yaitu laju aliran udara, kecepatan tangkap, bentuk tudung isap, dan lokasi tudung isap (Bhuiyan, 2020).

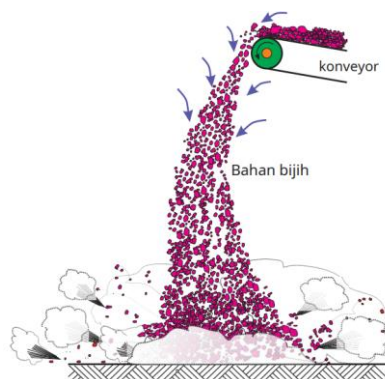


Gambar 1. Ilustrasi dasar sistem pembuangan sederhana dengan yang utama komponen kap mesin, saluran, alat pembersih udara, dan kipas (Cecala *et al.*, 2019)

Laju alir (Q) untuk tudung isap dapat diperkirakan dengan menggunakan pendekatan induksi udara (Gambar 3). Persamaan induksi udara berikut dapat digunakan untuk memperkirakan volume gas buang untuk tudung isap berdasarkan laju umpan material, ketinggian jatuh bebas, ukuran, dan area terbuka umpan:

$$Q = 10 \times Au \sqrt{\frac{R \times S^2}{D}} \quad (1)$$

Dimana Q = jumlah udara, cfm; Au = area terbuka hulu penghalang, ft^2 ; R = laju aliran material, ton/jam; S = tinggi jatuh material, ft; dan D = ukuran rata-rata material, ft (Cecala *et al.*, 2019).



Gambar 2. Ilustrasi yang menunjukkan induksi udara saat material jatuh dari konveyor

Selain pendekatan induksi udara, Tabel 1. Menyajikan persamaan desain untuk beberapa desain bentuk tudung yang biasa digunakan. Dalam tabel tersebut, Q merupakan fungsi dari bentuk tudung dan kecepatan penangkapan (u). Pada tudung booth, kecepatan desain yang digunakan adalah kecepatan pada wajah tudung (u_f). Sedangkan pada tudung samping dengan celah dan tudung belakang dengan celah, kecepatan desain yang digunakan adalah kecepatan celah (u_s).

Tabel 1. Persamaan Desain, Faktor Kerugian, dan Koefisien Masuk untuk Jenis Tudung

Jenis Tudung	Persamaan Desain	Faktor Kerugian (K_h)	Koefisien Masuk (C_e)
Ujung saluran (bulat)	$Q = 4 X^2 U_c$	0,93	0,72
Ujung saluran bergelang (bulat)	$Q = 2 X^2 V_c$	0,5	0,82
Tudung slot berdiri bebas	$Q = 2 X L V_c$	1,78	0,55
Tudung slot dengan sisi, belakang	$Q = 0,5 X^2 L V_c$	1,78	N/A
Tudung tapered	$Q = 2 X V_c$	0,06	0,97
Tudung booth dengan meruncing saluran lepas landas (bulat)	$Q = U_f A_h$	0,25	0,89
Tudung kanopi	$Q = 1,4 P X V_c$	0,25	0,89
Tudung kanopi dengan sisipan	$Q = 1,4 P X V_c$	1,0	0,71
Tudung dip tank (berlubang)	$Q = 125 A_t$	1,78	N/A
Tudung Paint booth	$Q = 100 A_b$	0,25	N/A

K_h maupun C_e berlaku untuk saluran pipa bulat dan tudung dengan kemiringan 45°, dan nilainya berubah jika sudutnya berbeda (Vatavuk, 1995).

Keterangan:

N/A = tidak berlaku

Q = laju aliran yang disedot ke dalam tudung (ft³/min)

x = jarak dari tudung ke sumber (ft)

V_c = kecepatan penangkapan tudung (ft/min)

V_f = kecepatan wajah tudung (ft/min)

V_s = kecepatan celah tudung (ft/min)

A_h = luas wajah tudung (ft²)

P = keliling sumber (ft)

L = lebar celah tudung (ft)

A_t = luas permukaan tangki + drainboard (ft²)

A_b = luas penampang booth (ft²)

Persamaan "Dalla Valle" digunakan untuk menentukan volume gas buang yang diperlukan untuk tudung berdiri bebas dengan flensa.

$$Q = 0,75 V_c (10X^2 + A) \tag{2}$$

Dimana Q = laju udara yang habis, cfm; V_c = kecepatan udara yang dibutuhkan pada titik paling jauh dari dispersi kontaminan, fpm; X = jarak kaki dari wajah tudung ke titik paling jauh dari dispersi kontaminan, ft; A = area bukaan tudung isap, ft (Cecala *et al.*, 2019).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Sumber Emisi Debu

Emisi debu disebabkan oleh aktivitas perpindahan material powder dari konveyor ke dalam bin dan melalui hopper. Proses jatuhnya material dari ketinggian menjadi penyebab utama terjadinya emisi debu, karena saat terjadi jatuhnya, terjadi tumbukan partikel powder yang menghasilkan partikel debu yang terlepas ke udara. Gerakan partikel powder setelah tumbukan dapat bergerak ke atas atau ke bawah tergantung pada densitasnya. Dalam hal ini, semakin rendah densitas material, semakin mudah partikel-partikel tersebut melayang di udara. Debu yang akan dikendalikan adalah debu yang berpotensi melayang di udara bukan material yang masih berharga dalam proses produksi. Apabila debu yang ditangkap merupakan material berharga selain menurunkan jalur produksi juga dapat mengganggu sistem saluran dari tudung menuju *dust collector*.

3.2. Laju Aliran Udara

Berdasarkan uraian sumber emisi sebelumnya, laju aliran udara dapat dihitung menggunakan pendekatan induksi dengan mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Dalam menentukan laju aliran udara dengan pendekatan induksi udara, terdapat beberapa data yang perlu diperoleh, antara lain laju umpan material, ketinggian jatuh bebas, ukuran rata-rata material, dan area terbuka umpan. Selain itu, penting juga untuk memperhatikan kondisi eksisting pada pipa saluran, seperti diameter saluran dan kecepatan tangkap saluran, untuk menentukan laju aliran udara yang melalui saluran tersebut. Data tersebut tercantum dalam tabel di bawah ini:

Tabel 2. Data Kondisi Aktual pada Sumber Emisi Debu

No	Keterangan	Data ukuran	Data konversi ukuran
1	Panjang bukaan umpan (p)	73 cm	2,395 ft
2	Lebar bukaan umpan (l)	30 cm	0,980 ft
3	Luas bukaan umpan (Au)	2190 cm	2,357 ft ²
4	Ketinggian material jatuh (S)	60 cm	1,969 ft
5	Laju umpan material (R)	8075 kg/jam	8,075 ton/jam
6	Ukuran rata-rata material (D)	360 μ m	0,00118 ft
7	Diameter saluran (d)	11 cm	0.361ft
8	Kecepatan tangkap saluran (V)	6,02 m/s	1.185,037 fpm

Perhitungan laju aliran udara yang dihasilkan dari aktivitas induksi material

$$Q = 10 \times Au \sqrt[3]{\frac{R \times S^2}{D}}$$

$$Q = 10 \times 2,357 ft^2 \sqrt[3]{\frac{8,075 ton/jam \times (1,969 ft)^2}{0,00118 ft}}$$

$$Q = 23,573 ft^2 \sqrt[3]{\frac{31,292 ton \cdot ft^2 / jam}{0,00118 ft}}$$

$$Q = 23,573 ft^2 \sqrt[3]{26627,920}$$

$$Q = 23,573 ft^2 \times 29,862 fpm$$

$$Q = 703,925 cfm$$

Laju aliran udara pada kondisi eksisting saluran

$$Q = A saluran \times V saluran$$

$$Q = \frac{\pi \times D^2}{4} \times V$$

$$Q = \frac{3,14 \times (0,631 ft)^2}{4} \times 1.185,037 fpm$$

$$Q = \frac{1,250 ft^2}{4} \times 1.185,037 fpm$$

$$Q = 0,313 ft^2 \times 1.185,037 fpm$$

$$Q = 370,917 cfm$$

3.3. Kecepatan Tangkap

Penentuan kecepatan tangkap kecepatan tangkap tudung isap dapat dihitung setelah mengetahui bentuk tudung dan jumlah udara yang melalui tudung dengan menggunakan persamaan pada tabel 1. Penentuan kecepatan tangkap didasarkan pada jumlah udara yang akan melalui tudung, asumsi luas bukaan tudung, dan asumsi jarak tudung ke sumber debu. Data tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 3. Data Perhitungan dan Asumsi Tudung Isap

No	Keterangan	Data Ukuran	Data Konversi Ukuran
1	Jumlah udara yang melalui tudung (Q)	703,925 cfm	703,925 cfm
2	Panjang bukaan tudung (p)	30 cm	0,984 ft
3	Lebar bukaan tudung (l)	30 cm	0,984 ft
4	Luas bukaan tudung (A)	900 cm ²	0,969 ft ²
5	Jarak sumber debu dari bukaan tudung (X)	20 cm	0,656 ft

Perhitungan kecepatan tangkap bentuk tudung *booth* dengan bukaan meruncing saluran lepas landas (bulat):

$$Q = U_f A_h$$
$$V_f = \frac{Q}{A_h}$$
$$V_f = \frac{703,925 \text{ cfm}}{0,969 \text{ ft}^2}$$
$$V_f = 726,631 \text{ fpm}$$

Perhitungan kecepatan tangkap bentuk tudung *booth* dengan bukaan meruncing saluran lepas landas (bulat) jika dibandingkan dengan kondisi eksisting.

$$Q \text{ saluran} = Q \text{ tudung}$$
$$Q \text{ saluran} = U_f \times A_h$$
$$370,917 \text{ cfm} = U_f \times 0,969 \text{ ft}^2$$
$$V_f = \frac{370,917 \text{ cfm}}{0,969 \text{ ft}^2}$$
$$V_f = 382,783 \text{ fpm}$$

Perhitungan kecepatan tangkap bentuk tudung berdiri bebas dengan flensa

$$Q = 0.75 \times V_c \times (10x^2 + A)$$
$$V_c = \frac{Q}{0.75 \times (10x^2 + A)}$$
$$V_c = \frac{703,925 \text{ cfm}}{0.75 \times (10 \times (0,656 \text{ ft})^2 + 0,969 \text{ ft}^2)}$$
$$V_c = \frac{703,925 \text{ cfm}}{0.75 \times 4,306 \text{ ft}^2 + 0,969 \text{ ft}^2}$$
$$V_c = \frac{703,925 \text{ cfm}}{4,918 \text{ ft}^2}$$
$$V_c = 167,864 \text{ fpm}$$

Perhitungan kecepatan tangkap bentuk tudung berdiri bebas dengan flensa jika dibandingkan dengan kondisi eksisting.

$$Q \text{ saluran} = Q \text{ tudung}$$
$$370,917 \text{ cfm} = 0.75 \times V \times (10x^2 + A)$$
$$V = \frac{370,917 \text{ cfm}}{0.75 \times (10x^2 + A)}$$
$$V = \frac{370,917 \text{ cfm}}{0.75 \times (10 \times (0,656 \text{ ft})^2 + 0,969 \text{ ft}^2)}$$
$$V = \frac{370,917 \text{ cfm}}{0.75 \times 4,306 \text{ ft}^2 + 0,969 \text{ ft}^2}$$

$$V = \frac{370,917 \text{ cfm}}{4,918 \text{ ft}^2}$$
$$V = 75,42 \text{ fpm}$$

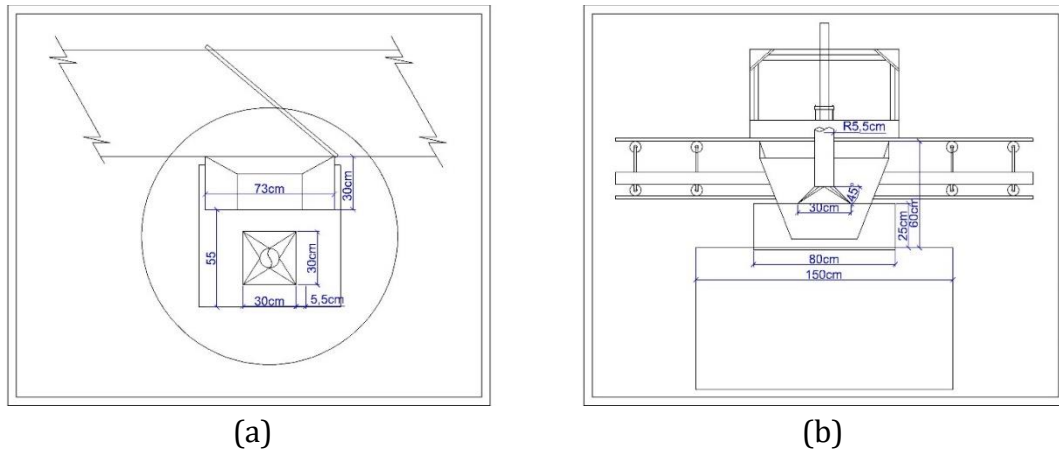
Dari perhitungan bentuk *booth* dengan bukaan meruncing saluran lepas landas yang meruncing (bulat) didapatkan nilai kecepatan yang yang dibutuhkan untuk laju aliran udara 703,925 cfm sebesar 726,631 fpm jika dibandingkan dengan kondisi eksisting dengan laju aliran pada saluran sebesar 370,917 cfm kecepatan tangkapnya sebesar 382,783 fpm. Sedangkan perhitungan bentuk tudung berdiri bebas dengan flense kecepatan tangkap untuk laju aliran udara 703,925 cfm sebesar 167,864 fpm jika dibandingkan dengan kondisi eksisting dengan laju aliran pada saluran sebesar 370,917 cfm kecepatan tangkapnya sebesar 75,42 fpm. Pertimbangan bentuk tudung dipilih dengan membandingkan kecepatan tangkap yang dibutuhkan dengan kondisi eksisting saluran, dimana jika bentuk tudung *booth* maka didapat perbandingan 1:1,9 sedangkan bentuk tudung berdiri bebas dengan flensa didapat perbandingan 1:2,2. Dari perbandingan tersebut didapat bentuk tudung yang dapat diterapkan sesuai kondisi eksisting saluran adalah bentuk *booth* dengan luas bukaan 0,969 ft² yang terhubung saluran dengan luas bukaan 0,313 ft².

3.4. Desain Geometri dan Lokasi Tudung Isap

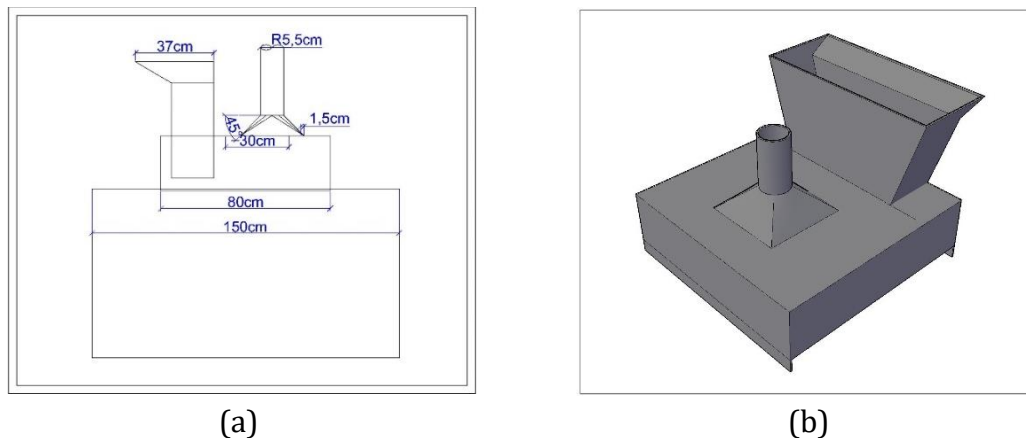
Perancangan desain tudung isap di dasarkan pada karakteristik emisi debu yang dikendalikan dan disesuaikan dengan kondisi operasional mesin. Lokasi tudung isap tepat berada di atas bukaan bin dengan jarak yang ditentukan terhadap sumber emisi debu. Desain tudung isap dengan detail bentuk dapat dilihat pada gambar 4;5;6;7 dan detail ukuran yang dapat dilihat pada tabel 4. berikut:

Tabel 4. Detail Ukuran pada Mesin Produksi dan Tudung Isap

Keterangan	Dimensi
Diameter bin penampung	150 cm
Bukaan bin penampung	80 cm x 80 cm
Bukaan atas hopper	73 cm x 30 cm
Bukaan bawah hopper	37 cm x 20 cm
Ketinggian hopper	55 cm
Ketinggian jatuh	60 cm
Lebar konveyor transfer	60 cm
Dimensi sungkup/cover	80 cm x 80 cm
Tinggi sungkup/cover	25 cm
Bukaan tudung	30 cm x 30 cm
Diameter bukaan saluran	11 cm
Sudut tudung isap	45°
Tinggi tudung isap	9,5 cm



Gambar 3. (a) Geometri tudung isap pada sumber emisi debu 2 dimensi tampak atas
(b) Geometri tudung isap pada sumber emisi debu 2 dimensi tampak depan



Gambar 4. (a) Geometri tudung isap pada sumber emisi debu 2 dimensi tampak samping
(b) Detail geometri tudung isap 3 dimensi

4. KESIMPULAN

Laju aliran udara yang melalui sungkup sebesar 703,925 cfm dengan kecepatan tangkap pada kondisi eksisting sebesar 382,783 fpm. Jenis tudung yang dipilih yaitu bentuk tudung *booth* dengan luas bukaan tudung isap 0,969 ft², dengan sudut 45° dan ketinggian bukaan tudung ke bukaan saluran sebesar 0,312 ft. Lokasi tudung isap ditempatkan pada bagian atas bukaan bin dengan jarak dari bukaan tudung sebesar 0,656 ft.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhuiyan, Z. (2020). Design analysis of Dust collection system. *Bulk Solids Storage and Handling*, January, 1–31.
- Cecala, A. B., O'Brien, A. D., Schall, J., Colinet, J. F., Franta, R. J., Schultz, M. J., Haas, E. J., Robinson,

- J. E., Patts, J., Holen, B. M., Stein, R., Weber, J., Strebels, M., Wilson, L., & Ellis, M. (2019). Dust control handbook for industrial minerals mining and processing. Second edition. *Niosh*, 406.
- Conference, A., & Hygienists, I. (1998). *ACGIH: Industrial Ventilation Manual* (Vol. 552).
- Hermanu, A. D., Kusuma, G. E., & Moballa, B. (2018). Evaluasi Saluran Isap Debu Untuk Sistem Dust Collector (Studi Kasus di Transfer Tower 0 (TT 0) PT. PJB UBJOM PLTU Pacitan). *1st Conference on Marine Engineering and Its Application*.
- Niosh. (2012). Worker Exposure to Silica during Hydraulic Fracturing. *Hazard Alert*, 6742, 7.
- Nurfauzan, R. A., & Thaib, D. (2020). Gambaran Tingkat Risiko Kesehatan dan Keselamatan kerja pada Bagian Produksi di PT. "X" Menggunakan Metode Hazard identification, Risk Assesment and Risk Control (Hirarc) Tahun 2018. *Environmental Occupational Health and Safety Journal*, 1(1), 61–70.
- Vatavuk, W. M. (1995). *Generic Equipment and Devices Chapter 1 Hoods , Ductwork and Stacks. Book.*