



RE-DESAIN SISTEM PENDINGINAN BIJI KOPI PADA *BLOWER COOLANT TRAY* MESIN *ROASTING* KOPI PRATTER PT. PATMANUNGGAL REKA ABADI

Yohanes Nugroho, Aditya Nugraha, Almas Abdur Rozaq, Axel Satya Pramudya
Program Studi Rekayasa Teknologi Manufaktur Politeknik ATMI Surakarta
E-mail:yohanes.nugroho@atmi.ac.id

Abstrak

Kualitas kopi ditentukan oleh penanganan selama panen dan pasca panen. Biji kopi dihasilkan melalui proses pengupasan, pencucian, pengeringan, dan *roasting*. Pada proses *roasting*, pemilihan *blower* untuk pendingin merupakan aspek penting. Masalah yang terjadi pada sistem pendinginan mesin *roasting* kopi *pratter* kapasitas 1,5 kg adalah pemilihan *blower* kurang optimal dikarenakan waktu pendinginan lama. Penelitian tentang *blower* pada sistem *coolant tray* bertujuan mengatasi permasalahan tersebut, sehingga cita rasa kopi tidak berubah setelah proses *roasting*. Mesin *roasting* memiliki bagian utama yang berfungsi untuk menurunkan suhu panas pada kopi yaitu *blower coolant tray*. Fokus penelitian terletak pada pembuatan *blower* yang sesuai dengan perhitungan rumus *heat transfer* dengan parameter berupa penurunan suhu dari 170° C menjadi 35° C dengan mempertimbangkan hasil kecepatan pendinginan pada *blower* serta faktor yang dapat meningkatkan daya hisap volume udara. Hasil perhitungan menghasilkan *blower* dengan dimensi 301 x 358 x 246 mm, panjang *ducting* pipa 400 mm, dan penggerak motor 2 HP dengan putaran 3000 rpm. Hasil simulasi *software* *solidwork* menggunakan fitur CFD (*Computational Fluid Dynamics*) didapatkan tingkat kecepatan hisap sebesar 2,359 m/s dan daya hisap volume sebesar 0,000115 m³/s.

Kata Kunci: *Blower, heat transfer, CFD, roasting.*

Abstract

Coffee quality is determined by handling during harvest and post-harvest. Coffee beans are produced through the process of peeling, washing, drying and roasting. In the roasting process, the selection of blowers for cooling is an important aspect. The problem that occurs in the cooling system for a pratter coffee roasting machine with a capacity of 1.5 kg is that the selection of the blower is not optimal due to the long cooling time. Research on blowers on coolant tray systems aims to overcome these problems, so that the taste of coffee does not change after the roasting process. The roasting machine has the main part that functions to reduce the heat temperature of the coffee, namely the blower coolant tray. The focus of the research lies in making a blower according to the calculation of the heat transfer formula with parameters in the form of a temperature drop from 170° C to 35° C by considering the results of the cooling speed of the blower and factors that can increase the suction power of the air volume. The calculation results produce a blower with dimensions of 301 x 358 x 246 mm, a ducting pipe length of 400 mm, and a 2 HP motor drive with 3000 rpm rotation. Solidwork software simulation results using the CFD (Computational Fluid Dynamics) feature obtained a suction speed level of 2.359 m/s and a volume suction power of 0.000115 m³/s.

Keywords: *Blowers, heat transfer, CFD, roasting*

1.PENDAHULUAN

Kualitas kopi ditentukan oleh penanganan selama panen dan pasca

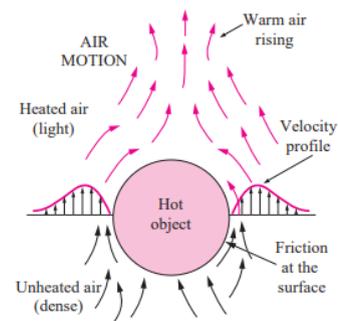
panen. Secangkir kopi dihasilkan melalui proses dan teknik khusus agar tercipta cita rasa terbaik. PT. Patmanunggal Reka

Abadi merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di dunia perkopian, dengan produk utama mereka yaitu Pratter *coffee roaster* yang merupakan mesin roasting biji kopi semi otomatis. Dengan beberapa jenis spesifikasi berdasarkan kapasitas yaitu *pratter* 1,5 kg, *pratter* 3 kg, *pratter* 5 kg, *pratter* 12 kg. Bagian utama yang berfungsi untuk menurunkan suhu panas pada kopi pada saat *roasting* yaitu *blower coolant tray*, pada proses penurunan suhu biji kopi, pengaruh pemilihan *blower* sangat penting untuk mengunci karakter biji kopi yang sudah terbentuk pada proses *roasting*. Hasil dari proses sangrai kopi adalah biji kopi yang memiliki tingkat kematangan dan warna tertentu. Untuk mendapatkan kualitas biji kopi sangrai yang baik ada beberapa tahapan penyangraian yang perlu diperhatikan selama proses penyangraian yaitu memperhatikan waktu dan suhu penyangraian. Proses penyangraian adalah 90 detik sampai 40 menit, sedangkan untuk waktu normal yang diperlukan proses sangrai kopi adalah 12 menit. *Blower* adalah alat yang digunakan untuk menaikkan atau memperbesar tekanan udara atau gas yang akan dialirkan dalam suatu ruangan tertentu, juga sebagai pengisapan atau pemvakuman udara atau gas tertentu. Biasanya *blower* digunakan untuk mensirkulasikan gas-gas tertentu didalam suatu ruangan. Selain itu *blower* merupakan mesin yang memampatkan udara atau gas oleh gaya sentrifugal ketekanan akhir yang melebihi dari 40 psig.

Pada dasarnya fluida adalah kebalikan dari zat padat, adalah zat yang dapat mengalir. Zat padat seperti batu dan besi tidak dapat mengalir sehingga tidak bisa digolongkan dalam fluida. Semua zat cair itu dapat dikelompokkan ke dalam fluida karena sifatnya yang dapat mengalir dari satu tempat ke tempat yang lain. Selain zat cair, zat gas juga termasuk fluida. Zat gas juga dapat

mengalir dari satu satu tempat ke tempat lain. Fluida menyesuaikan diri dengan bentuk wadah apapun di mana kita menempatkannya. Fluida dapat mengalir karena tidak dapat menahan tegangan geser, namun fluida dapat mengeluarkan gaya yang tegak lurus dengan permukaannya.

Konveksi alami didasarkan pada gerakan fluida yang disebabkan oleh perbedaan densitas dalam fluida karena perbedaan suhu. Sebuah fluida memuai ketika dipanaskan dan menjadi kurang padat. Dalam medan gravitasi, cairan yang lebih ringan ini naik dan memulai gerakan dalam fluida yang disebut arus konveksi alami (Cengel, 2002).



Gambar 1. *Natural convection*

Pendinginan konveksi alami paling efektif ketika jalur fluida relatif bebas dari hambatan, yang cenderung memperlambat fluida, dan paling tidak efektif bila fluida harus melewati saluran aliran yang sempit dan melewati banyak rintangan. Besarnya perpindahan panas konveksi alami antara permukaan dan fluida berhubungan langsung dengan laju aliran fluida. Semakin tinggi kecepatan aliran, semakin tinggi laju perpindahan panasnya. Dalam konveksi alami, tidak ada *blower* yang digunakan dan oleh karena itu laju aliran tidak dapat dikontrol secara eksternal. Perpindahan kalor dari suatu permukaan yang bersuhu tinggi ke suatu fluida yang bersuhu rendah.

Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah seni untuk menggantikan persamaan-persamaan integral dan diferensial parsial menjadi persamaan aljabar diskrit, yang mana untuk kemudian dapat diselesaikan untuk memperoleh solusi berupa angka-angka nilai aliran pada titik-titik diskrit ruang dan waktu. Tiga hukum dasar fluida (kekekalan massa, momentum dan energi) secara umum di ekspresikan dalam bentuk persamaan yang berbentuk persamaan integral atau diferensial parsial yang rumit dan sulit untuk diselesaikan secara analitis. Dengan software CFD maka dapat mengetahui data berupa kecepatan pendinginan & daya hisap udara.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi kecepatan pendinginan pada *blower*, mengetahui faktor yang dapat meningkatkan daya hisap *volume* udara, serta mendapatkan desain *blower* yang sesuai dengan perhitungan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif menurut Creswell, pengertian kuantitatif adalah upaya menyelidiki masalah. Dimana masalah tersebutlah yang mendasari peneliti mengambil data, menentukan variable dan yang kemudian diukur dengan angka agar bisa dilakukan analisa. Adapun tujuan dari melakukan penelitian kuantitatif, tidak lain membantu dalam mengambil kesimpulan atau membantu dalam menggeneralisasi prediktif teori yang tepat. Dengan demikian tujuan penelitian sistem pendinginan mesin *roaster* kopi diharapkan dapat tercapai.

Pada langkah penelitian terdapat beberapa tahapan yang dapat

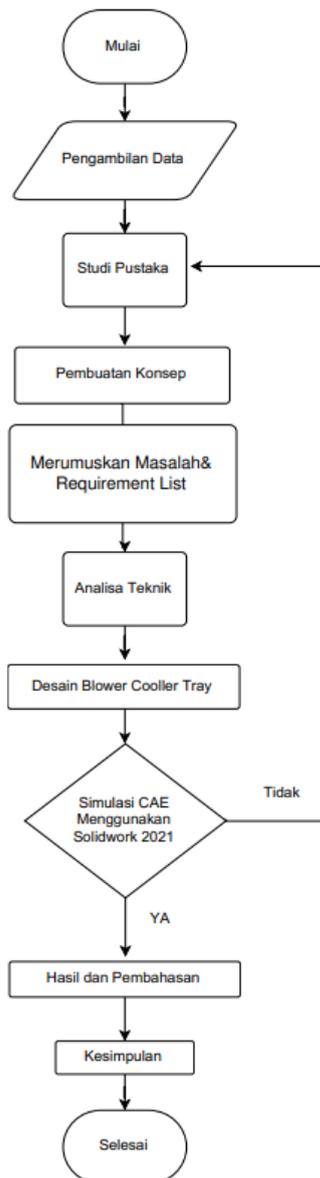
menunjang pelaksanaan penelitian agar memperoleh hasil penelitian tugas akhir yang maksimal. Tahapan-tahapan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah :

- a) Studi literatur
Studi literatur berguna sebagai referensi dalam pelaksanaan penelitian.
- b) Observasi Lapangan
Observasi lapangan digunakan untuk pengambilan data-data yang bersangkutan dengan penelitian.
- c) Wawancara
Wawancara didapatkan dari para ahli yang bersangkutan dengan penelitian guna mendapatkan informasi untuk penelitian.
- d) Simulasi *Software*
Simulasi *software* digunakan untuk membandingkan hasil kecepatan dan *velocity* dari desain *blower* baru, menggunakan CFD dari Solidwork 2021.

Tempat Penelitian Konstruksi *blower coolant tray* studi literatur, pembuatan konsep, dan desain *blower coolant tray* dilakukan di PT Patmanunggal Reka Abadi. Penelitian dilakukan di Politeknik ATMI Surakarta. Penelitian sistem pendinginan menggunakan rumus perhitungan *heat transfer* dan menggunakan fitur *simulation software CFD (Computer flow Dynamics)*.

Adapun alat dan bahan dalam penunjang penelitian.

- a) Alat penelitian *blower coolant tray*
 - Laptop
 - *Software Solidwork*
 -
- b) Alat ukur yang digunakan
 - Dial caliper
 - Software Solidwork 2021
 - Meteran
 - Software CFD



Gambar 2. Flowchart penelitian

Diagram alir Pembuatan *blower coolant tray* digunakan sebagai pembantu dalam pengerjaan tugas akhir yang dimulai dengan pengambilan data dan studi pustaka, dilanjutkan dengan pembuatan konsep dan perhitungan rumus untuk menentukan dimesi dalam desain, lalu dilakukan proses simulasi menggunakan *software* solidwork menggunakan fitur CFD, apabila hasil simulasi yang dihasilkan sama saja dengan hasil simulasi desain yang sebelumnya maka dilakukan perhitungan lagi dengan mempertimndangkan faktor-faktor seperti temperatur udara,

panjang pipa *ducting* serta jenis blower yang digunakan.

Prosedur Pengumpulan Data

1. Menentukan *Air Properties*
2. Menentukan *Reynolds number (Re)*
3. Menentukan *Nusselt Number (Nu)*
4. Menentukan nilai perpindahan panas konveksi (h_{conv})
5. Menentukan laju energi konveksi (Q)
6. Menentukan diameter inlet dan outlet

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Seperti yang terlampir pada prosedur pengumpulan data, maka perhitungan rumus dalam penelitian *blower collant tray* bertujuan untuk mendapatkan parameter yang akan menjadi landasan dalam pembuatan desain. Berikut pemakaian rumus dalam penelitian *blower collant tray* :

1. Menentukan *Air Properties*

Penentuan *Air Properties* digunakan untuk mengetahui nilai-nilai yang berpengaruh pada angin di suhu tertentu. Menurut wawancara yang dilakukan di PT Patmanunggal Reka Abadi suhu yang terjadi pada saat biji kopi turun setelah proses *roasting* sekitar 170°C , yang mana akan didinginkan kesuhu sekitar 35°C . Dengan tujuan untuk mengunci cita rasa kopi.

$$T_{\text{total}} = ((T_s + T_f))/2 \quad (2.1)$$

$$= ((170 + 35))/2 \\ = 102,5^{\circ}\text{C}$$

Tabel 1 Properties Udara

Temp T, °C	Density Air ρ , kg/m ³	Specific Heat of Air c_p , J/kg·K	Thermal Conductivity Air k , W/m·K	Thermal Diffusivity Air α , m ² /s	Dynamic Viscosity Air μ , kg/m·s	Kinematic Viscosity Air ν , m ² /s	Prandtl Number Air Pr
-150	2,866	983	0,01171	$4,158 \times 10^{-6}$	$8,636 \times 10^{-6}$	$3,013 \times 10^{-6}$	0,7245
-100	2,038	966	0,01582	$8,036 \times 10^{-6}$	$1,189 \times 10^{-5}$	$5,837 \times 10^{-6}$	0,7263
-50	1,582	999	0,01979	$1,252 \times 10^{-5}$	$1,474 \times 10^{-5}$	$9,319 \times 10^{-6}$	0,7440
-40	1,514	1002	0,02057	$1,356 \times 10^{-5}$	$1,527 \times 10^{-5}$	$1,008 \times 10^{-5}$	0,7436
-30	1,451	1004	0,02134	$1,465 \times 10^{-5}$	$1,579 \times 10^{-5}$	$1,087 \times 10^{-5}$	0,7425
-20	1,394	1005	0,02211	$1,578 \times 10^{-5}$	$1,630 \times 10^{-5}$	$1,169 \times 10^{-5}$	0,7408
-10	1,341	1006	0,02288	$1,696 \times 10^{-5}$	$1,680 \times 10^{-5}$	$1,252 \times 10^{-5}$	0,7387
0	1,292	1006	0,02364	$1,818 \times 10^{-5}$	$1,729 \times 10^{-5}$	$1,338 \times 10^{-5}$	0,7362
5	1,269	1006	0,02401	$1,880 \times 10^{-5}$	$1,754 \times 10^{-5}$	$1,382 \times 10^{-5}$	0,7350
10	1,246	1006	0,02439	$1,944 \times 10^{-5}$	$1,778 \times 10^{-5}$	$1,426 \times 10^{-5}$	0,7336
15	1,225	1007	0,02476	$2,009 \times 10^{-5}$	$1,802 \times 10^{-5}$	$1,470 \times 10^{-5}$	0,7323
20	1,204	1007	0,02514	$2,074 \times 10^{-5}$	$1,825 \times 10^{-5}$	$1,516 \times 10^{-5}$	0,7309
25	1,184	1007	0,02551	$2,141 \times 10^{-5}$	$1,849 \times 10^{-5}$	$1,562 \times 10^{-5}$	0,7296
30	1,164	1007	0,02588	$2,208 \times 10^{-5}$	$1,872 \times 10^{-5}$	$1,608 \times 10^{-5}$	0,7282
35	1,145	1007	0,02625	$2,277 \times 10^{-5}$	$1,895 \times 10^{-5}$	$1,655 \times 10^{-5}$	0,7268
40	1,127	1007	0,02662	$2,346 \times 10^{-5}$	$1,918 \times 10^{-5}$	$1,702 \times 10^{-5}$	0,7255
45	1,109	1007	0,02699	$2,416 \times 10^{-5}$	$1,941 \times 10^{-5}$	$1,750 \times 10^{-5}$	0,7241
50	1,092	1007	0,02735	$2,487 \times 10^{-5}$	$1,963 \times 10^{-5}$	$1,798 \times 10^{-5}$	0,7228
60	1,059	1007	0,02808	$2,632 \times 10^{-5}$	$2,008 \times 10^{-5}$	$1,896 \times 10^{-5}$	0,7202
70	1,028	1007	0,02881	$2,780 \times 10^{-5}$	$2,052 \times 10^{-5}$	$1,995 \times 10^{-5}$	0,7177
80	0,9994	1008	0,02953	$2,931 \times 10^{-5}$	$2,096 \times 10^{-5}$	$2,097 \times 10^{-5}$	0,7154
90	0,9718	1008	0,03024	$3,086 \times 10^{-5}$	$2,139 \times 10^{-5}$	$2,201 \times 10^{-5}$	0,7132
100	0,9458	1009	0,03095	$3,243 \times 10^{-5}$	$2,181 \times 10^{-5}$	$2,306 \times 10^{-5}$	0,7111
120	0,8977	1011	0,03235	$3,565 \times 10^{-5}$	$2,264 \times 10^{-5}$	$2,522 \times 10^{-5}$	0,7073

Dari tabel maka didapatkan nilai parameter sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \rho &= 0,8977 \text{ kg/m}^3 \\ C_p &= 1011 \text{ J/kg.K} \\ k &= 0,03235 \text{ W/m.K} \\ \alpha &= 3,565 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s} \\ \mu &= 2,2564 \times 10^{-5} \text{ kg/m.s} \\ v_{air} &= 2,522 \text{ m}^2/\text{s} \\ Pr &= 0,7073 \end{aligned}$$

2. Menentukan Reynolds number (Re)

Bilangan *Reynold* merupakan bilangan tak berdimensi yang menunjukkan perbandingan antara gaya inersia terhadap gaya viskositas dari suatu fluida. Secara matematis besarnya angka *Reynold* dihitung menggunakan Persamaan 2.2.

$$R_e = \frac{vD}{\nu} \quad (2.2)$$

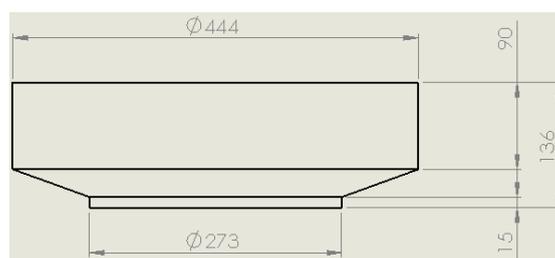
$R_e = \text{Reynolds number}$

$\nu = \mu/\rho = \text{viskositas kinematik fluida, (m}^2/\text{s)}$

$v = \text{kecepatan fluida (m/s)}$

$D = \text{panjang karakteristik geometri (panjang aliran fluida dalam aliran eksternal, dan diameter ekivalen dalam aliran internal), (m)}$

Nilai D diketahui dari panjang karakteristik geometri (panjang aliran fluida dalam aliran eksternal, dan diameter ekivalen dalam aliran internal), untuk mendapatkan nilai D dapat menggunakan Persamaan 2.3.



Gambar 3. Volume Blower Coolant Tray

$$\begin{aligned} D_h &= 4A/p \quad (2.3) \\ &= (4 \times 3,491 \text{ m}^2) / (2,383 \text{ m}) \\ &= 5,860 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_e &= \frac{v \cdot D}{\nu_{air}} \\ &= \frac{1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 5,860 \text{ m}}{2,522 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}} \\ &= 348532,910 \end{aligned}$$

3. Menentukan Nusselt Number (Nu)

Angka Nusselt merupakan angka yang didapat dari pengukuran eksperimental, yang terdiri dari angka Reynold, Prandtl dan konstanta yang harganya tergantung pada geometri saluran dan sifat aliran. Dalam kasus penelitian blower coolant tray maka digunakan rumus aliran turbulen dikarenakan adanya gesekan yang terjadi antara fluida dengan jalur pendinginan, dengan mengambil nilai n sebesar 0,3 dengan tujuan untuk mendinginkan biji kopi.

$$Nu = 0,023(Re)^{0,8} (Pr)^n \quad (2.4)$$

$$= 0,023(348532,910)^{0,8} (0,7073)^{0,3}$$

$$= 562,865$$

4. Menentukan nilai perpindahan panas konveksi (h_{conv})

Nilai h_{conv} tergantung pada geometri permukaan dan jenis aliran fluida, antara lain. Arus konveksi alami dimulai sebagai laminar (halus dan teratur) dan berubah bergejolak ketika dimensi tubuh dan perbedaan suhu antara permukaan panas dan fluida besar. Koefisien perpindahan panas konveksi alami untuk aliran laminar udara pada tekanan atmosfer diberikan oleh hubungan yang disederhanakan dari bentuk:

$$h_{conv} = \frac{k}{D} Nu \quad (2.5)$$

$$h_{conv} = \frac{0,03235 \frac{W}{m \cdot K}}{5,860 m} \cdot 562,865$$

$$h_{conv} = 3,107 W/m^2 K$$

5. Menentukan laju energi konveksi (Q)

Setelah mengetahui nilai perpindahan panas konveksi (h_{conv}) selanjutnya dapat menentukan besarnya perpindahan panas konveksi alami antara permukaan dan fluida berhubungan langsung dengan laju aliran fluida. Semakin tinggi kecepatan aliran, semakin tinggi laju perpindahan panasnya. Dalam konveksi alami, tidak ada *blower* yang digunakan dan oleh karena itu laju aliran tidak dapat dikontrol secara eksternal. Perpindahan kalor dari suatu permukaan yang bersuhu tinggi ke suatu fluida yang bersuhu rendah. Fluida secara konveksi menggunakan Persamaan 2.6

$$Q_{conv} = h_{conv} \cdot A_s \cdot \Delta T \quad (2.6)$$

$$Q_{conv} = 3,107 W/m^2 K \cdot 3,491 m^2 \cdot 135 K$$

$$Q_{conv} = 1464,283 W \Rightarrow 1,990 HP (2 HP)$$

Maka dapat diketahui bahwa laju energi yang dibutuhkan untuk menyedot udara

panas pada *blower collant tray* adalah sebesar 2 HP. Setelah mendapatkan nilai Q dapat menentukan perpindahan laju massa aliran (m) dengan menggunakan perhitungan matematis sebagai berikut :

$$m = \frac{Q}{c_p \cdot \Delta T} \quad (2.7)$$

$$m = \frac{1464,283 \frac{J}{s}}{1011 \frac{J}{kg \cdot K} \cdot 135 K}$$

$$m = 0,010728 Kg/s$$

Setelah mendapatkan nilai m maka dapat menentukan laju aliran udara memasuki kipas menggunakan Persamaan 2.8.

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (2.8)$$

$$V = \frac{0,010728 Kg/s}{0,8977 Kg/m^3}$$

$$V = 0,01195 m^3/s$$

6. Menentukan diameter inlet dan outlet

Maka dapat diketahui bahwa kecepatan yang dibutuhkan untuk mendinginkan biji kopi . Oleh karena itu, kipas angin harus mampu memberikan laju aliran sebesar 0,01195 m³/s. Perlu diperhatikan bahwa kipas dipasang di saluran masuk dan bukan keluar, maka kita perlu menentukan laju aliran menggunakan densitas udara pada suhu masuk 35° C, dan kita perlu menambahkan daya dikonsumsi oleh motor kipas dengan beban panas 1464,283 W. Hasilnya mungkin kipas yang sedikit lebih kecil atau lebih besar, tergantung pada efek mana yang mendominasi. Untuk kecepatan rata-rata 1,5 m/s, maka diameter saluran di mana kipas akan dipasang dapat ditentukan menggunakan Persamaan 2.9.

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi v}} \quad (2.9)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,01195 \frac{m^3}{s}}{\pi \cdot 1,5 \frac{m}{s}}}$$

$D = 0,101 \text{ m} \Rightarrow 101 \text{ mm}$

Maka dapat ditemukan kipas dengan diameter casing 101 mm dan laju aliran $0,01195 \text{ m}^3/\text{s}$ harus memenuhi persyaratan desain.

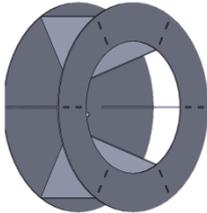
Dari data diatas maka didapatkan desain blower seperti berikut ini.

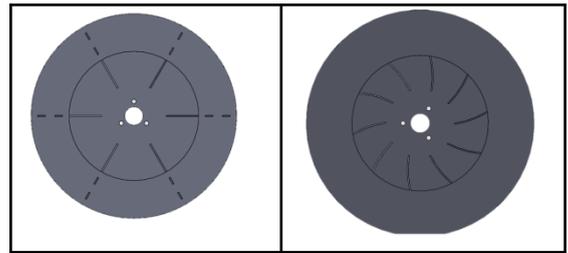
Tabel 2. Desain *Blower Collant Tray*

<i>Blower</i> sebelumnya	<i>Blower</i> sesuai dengan perhitungan
	

Dalam desain sebelumnya, seperti pada Tabel 2, bisa dilihat bahwa jalur pipa terlalu panjang membuat jalur udara terlalu berkelok yang dapat mempengaruhi daya hisap udara. Dengan dimesi desain yang sesuai dengan perhitungan yaitu $301 \times 358 \times 246 \text{ mm}$ dengan panjang ducting pipa 400 mm . yang mana pada desain yang sebelumnya adalah sebesar $380 \times 350 \times 300 \text{ mm}$ dengan total panjang ducting sepanjang 1 meter.

Tabel 3. Desain *Impeller*

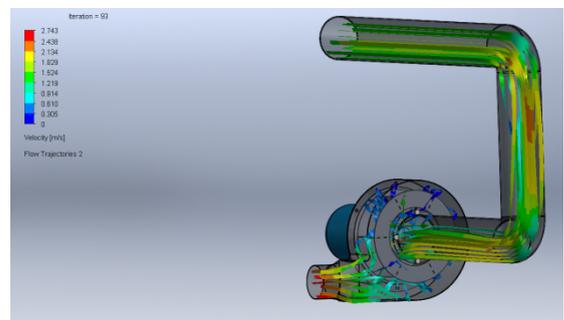
<i>Impeller</i> sebelumnya	<i>Impeller</i> sesuai dengan perhitungan
	



Desain *impeller* dapat dilihat pada Tabel 3. Desain *impeller* sebelumnya menggunakan jenis *impeller radial blade* dalam pemakaiannya dirancang untuk tekanan statis yang tinggi pada kapasitas yang kecil. Dan pada desain yang sesuai dengan perhitungan desain *impeller* dibuat menggunakan jenis *impeller forward curved blade*, pada tipe ini memiliki susunan *blade* yang mempunyai sudut yang optimum dan merubah energi kinetik menjadi energi potensial pada jenis ini didasarkan pada kecepatan sedang, akan tetapi memiliki *range* dan tekanan yang lebar.

Analisa *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dilakukan sebagai alat pembanding antara desain yang sesuai dengan perhitungan dan desain sebelumnya dengan berfokus kepada *average total temperature fluid*, *volume flow rate*, dan *average velocity*

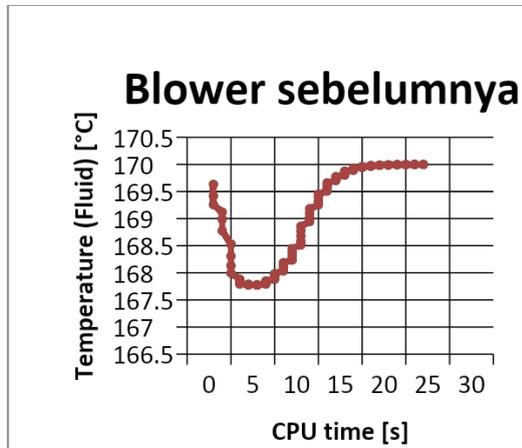
Dalam desain sebelumnya blower berada dibawah mesin *roasting* yang mana membutuhkan *ducting* yang panjang seperti Gambar 4.



Gambar 4. *Flow simulation Blower* sebelumnya

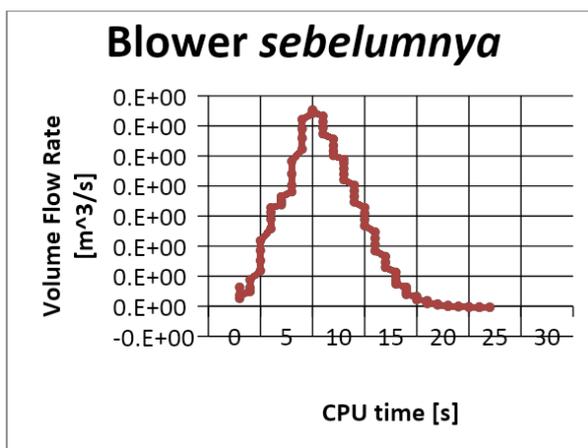
Kecepatan maksimal yang bisa dihasilkan adalah $2,743 \text{ m/s}$ dengan rata-rata kecepatan udara sebesar $1,262$

m/s dan tingkat kepadatan aliran udara kurang tinggi yang mempengaruhi parameter yang lain seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik temperatur udara *Blower* sebelumnya

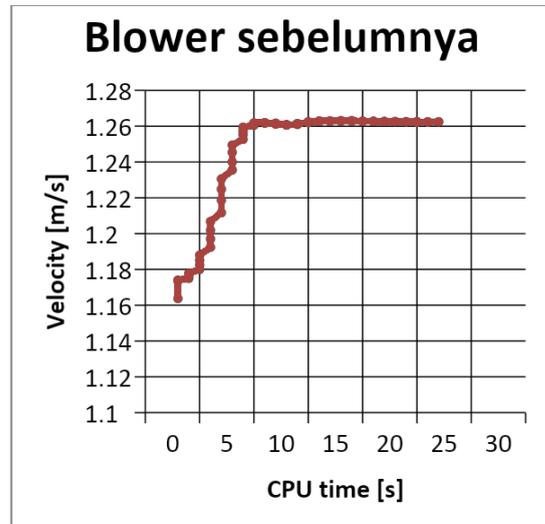
Bisa dilihat dari Gambar 5, merupakan total temperatur udara yang melewati *blower*, bahwa dengan menggunakan desain *blower* lama maka akan membutuhkan waktu sekitar 9 detik untuk memulai menghisap udara panas dari kopi dan mulai stabil pada waktu diatas 20 detik.



Gambar 6. Grafik *Volume flow rate* *Blower* sebelumnya

Lalu untuk *volume flow rate* yang dapat ditampung oleh *blower* lama bisa dilihat bahwa terjadi kenaikan sebesar 0,00007 m³/s yang mana hal tersebut terjadi bersamaan dengan udara panas pada kopi

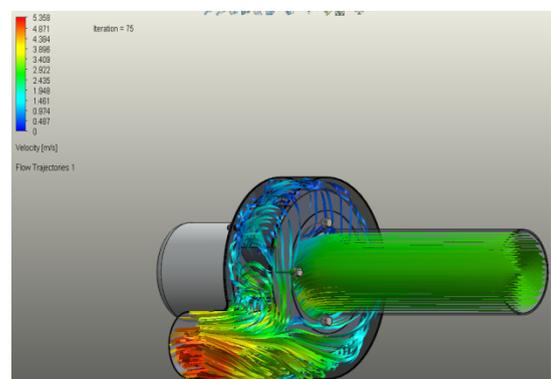
mulai dikeluarkan oleh *blower*. Yang mana udara mulai memenuhi area *impeller*.



Gambar 7. Grafik *Velocity* *Blower* sebelumnya

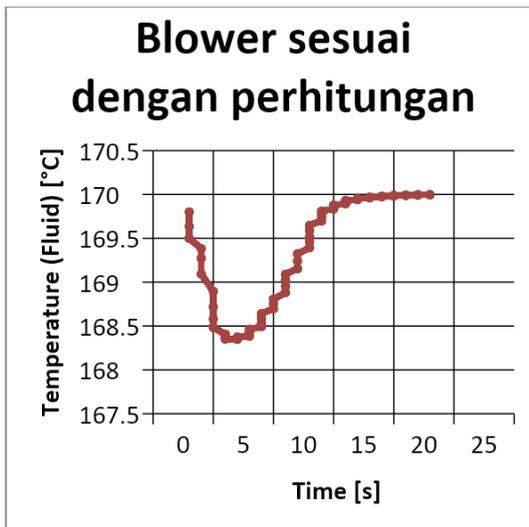
Kemudian kecepatan yang dihasilkan oleh *blower* sebelumnya sebesar 1,262 m/s yang mana kecepatan ini mulai bergerak stabil pada saat detik ke 10 yang mana hal tersebut terjadi bersamaan dengan udara panas pada kopi mulai dikeluarkan oleh *blower*.

Dalam desain yang sesuai dengan perhitungan *blower* berada dibelakang mesin *roasting* yang mana diasumsikan dapat menambah daya hisap dan kecepatan untuk mendinginkan kopi, yang mana sudah dilakukan perhitungan desain pada sub bab sebelumnya, maka mendapatkan hasil *flow* udara seperti pada Gambar 8.



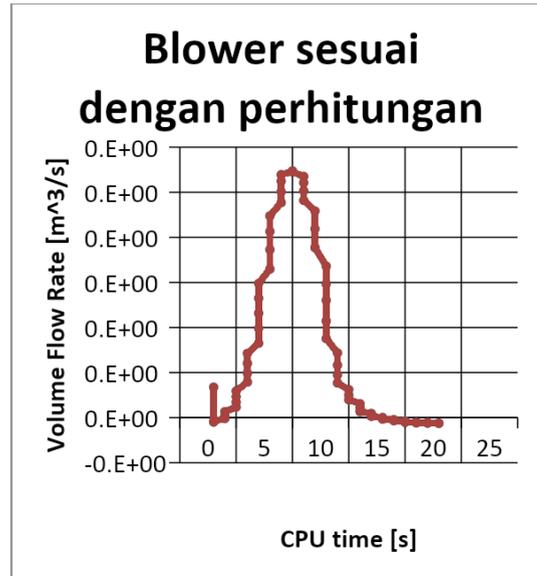
Gambar 8. *Flow simulation* *Blower* sesuai dengan perhitungan

kecepatan maksimal yang bisa dihasilkan adalah 5,358 m/s dengan rata-rata kecepatan udara sebesar 2,359 m/s yang mana tingkat kepadatan aliran udara lebih tinggi dari desain yang lama yang mana dapat mempengaruhi parameter yang lain seperti pada grafik dibawah ini.



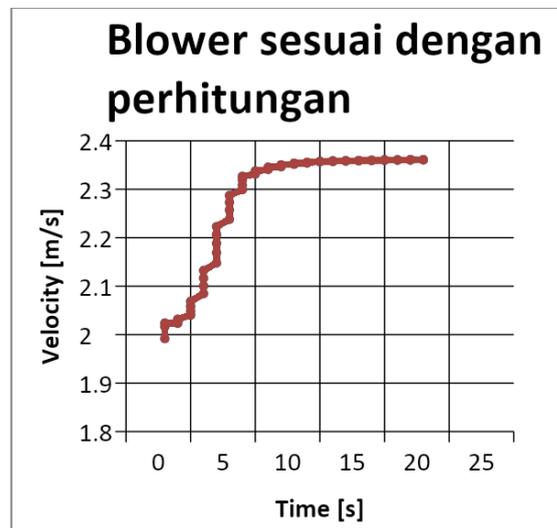
Gambar 9. Grafik Temperatur udara *Blower* sesuai dengan perhitungan

Bisa dilihat dari Gambar 9 merupakan total temperatur udara yang melewati *blower*, bahwa dengan menggunakan desain *blower* baru akan membutuhkan waktu sekitar 7 detik untuk memulai menghisap udara panas dari kopi dan mulai stabil pada detik ke 18.



Gambar 10. Grafik *Volume flow rate Blower* sesuai dengan perhitungan

Lalu untuk *volume flow rate* yang dapat ditampung oleh *blower* sesuai dengan perhitungan bisa dilihat bahwa terjadi kenaikan sebesar 0,000115m³/s yang mana hal tersebut terjadi bersamaan dengan udara panas pada kopi mulai dikeluarkan oleh *blower*. Yang mana udara mulai memenuhi area *impeller*.



Gambar 11. Grafik *Velocity Blower* sesuai dengan perhitungan

Kemudian kecepatan yang dihasilkan oleh *blower* baru sebesar 2,359 m/s yang mana kecepatan ini mulai bergerak stabil pada saat detik ke 9 yang mana hal tersebut terjadi bersamaan

dengan udara panas pada kopi mulai dikeluarkan oleh *blower*.

Hasil penelitian analisa *blower* menunjukkan bahwa *blower* yang sesuai dengan perhitungan lebih optimal daripada *blower* sebelumnya yang mana ditunjukkan dengan *average total temperature fluid* dari desain baru lebih cepat sebesar 2 detik, serta tingkat *volume flow rate* udara yang dapat ditampung oleh desain baru lebih besar. Dalam hal *velocity* desain *blower* baru lebih unggul dengan *average velocity* sebesar 2,359 m/s.

4. KESIMPULAN

1. Faktor yang mempengaruhi kecepatan pendinginan yaitu, jenis *impeller* berpengaruh terhadap kecepatan yang dapat dihasilkan oleh *blower*, pada desain yang sesuai dengan perhitungan digunakan jenis *impeller forward curved blade* yang menghasilkan kecepatan maksimal sebesar 5,358 m/s. Dibandingkan desain sebelumnya yang hanya menghasilkan kecepatan maksimal sebesar 2,743 m/s. Yang kedua adalah diameter lubang pada jalur masuk udara juga berpengaruh terhadap kecepatan hisap udara yang mana pada desain yang sesuai dengan perhitungan sebesar 101 mm.
2. Faktor yang dapat meningkatkan daya hisap volume udara adalah ukuran diameter *ducting* yang lebih besar dan jalur *ducting* yang lebih pendek dan tidak berbelok-belok. Dengan hasil daya hisap volume udara sebesar 0,000115 m³/s. Desain yang sebelumnya lintasan *ducting* terlalu panjang dan berbelok-belok

menyebabkan daya hisap volume udara hanya sebesar 0,00007 m³/s.

3. Jenis *blower* yang sesuai dengan perhitungan yaitu sebesar 301 x 358 x 246 mm (P x L x T) dengan panjang *ducting* pipa 400 mm. Dengan desain tersebut didapatkan tingkat kecepatan hisap sebesar 2,359 m/s dan daya hisap volume sebesar 0,000115 m³/s.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Arumsari, A. G. (2021). Analisis Proses Roasting pada Kopi. Institut Sains dan Teknologi Al-Kamal.
- Brooker, D.B., Bakker., dan Arkema (1974). Drying Cereal Grains. West Port, USA: The A VI Publishing Co. Inc.
- Ciptadi, W. & Nasution, M.Z. (1985). Pengolahan Kopi. Fakultas Teknologi Institut Pertanian Bogor.
- Latvakangas, S (2017). Coffee Roasting Basics: Developing Flavour by Roasting.
- Masdakaty, Y (2015). Mengetahui Macam-macam Proses Pengolahan Kopi.
- Mawaddah, A. (2012). Teknologi Pengolahan Pangan. Yogyakarta.
- Mulato, S. (2002). Mewujudkan Pekopian Nasional Yang Tangguh Melalui Diversifikasi Usaha Berwawasan Lingkungan Dalam Pengembangan Industri Kopi Bubuk Skala Kecil Untuk Meningkatkan Nilai Tambah Usaha Tani Kopi Rakyat. Denpasar : Pusat Penelitian Dan Kakao Indonesia.

- Najiyati, S. dan Daniarti (2004) . Kopi : Budidaya dan Penanganan Lepas Panen. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Pramudya, A. S. (2020). Optimalisasi Penghisap Debu Mesin Gerinda Greif Tipe HM 211-1-1. IMDeC | Industrial and Mechanical Design Conference. Politeknik ATMI Surakarta
- Rahardjo P. (2012). Panduan Budidaya dan Pengolahan Kopi Arabika dan Robusta. Jakarta Penerbar Swadaya.
- Shah, M. E. (2016). Proses Produksi Pada Pembuatan Mesin Penyangrai Kopi dengan Kapasitas 5Kg. Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Siswoputranto, P. S. (1992). Kopi Internasional dan Indonesia. Yogyakarta : Kanisius.
- Spillane J.J, (1990). Komoditi Kopi : Peranannya dalam Perekonomian Indonesia. Yogyakarta : Kanisius.
- Yulia, F. (2018). Optimasi Penyangraian Terhadap Kadar Kafein dan Profil Organoleptik Pada Jenis Kopi Arabika Dengan Pengendalian Suhu dan Waktu. Universitas Sanata Dharma.
- Cengel, Y. A. (2002). Heat transfer a practical approach second edition.