



## Rancang Bangun Alat Pengering Cabai Skala Laboratorium dengan Pemanfaatan *Concentrated Solar Power*

### *Design and Manufacturing Chili Dryer Using Concentrated Solar Power a Laboratory Scale*

Dwi Rahmalina<sup>1\*</sup>, Agri Suwandi<sup>2</sup>, Diki Handika Edi<sup>2</sup> dan Reinnaldy Martonggo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta, 12640, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta, 12640, Indonesia

#### Informasi artikel

Diterima:  
31/12/2021  
Direvisi:  
05/01/2022  
Disetujui:  
07/01/2022

#### Abstract

*Increasing plantation productivity in Indonesia is currently increasing from year to year, one of the most needed plantation products in the community is red chili, post-harvest handling that is not paid attention to causes chilies to rot quickly. One of the post-harvest handlings of excessive chili so as not to decay is by drying. The tool design and manufacturing method used is the Pahl and Beitz design method and the manufacturing process used includes cutting, bending, perforating, joining and finishing stages. The results of the dryer design carried out are by developing a rack type dryer design or tray dryer, using three shelves as a place or container to dry chili using a radiator system and a fan as a heating device for the drying room. The results showed that the laboratory scale red chili dryer manufacturing process took 374 minutes with a total cost of Rp.4.715.400. As for the red chili drying process carried out for 360 minutes at a temperature of 60C with a weight of 500 grams per shelf, the average moisture content was 40% and the drying rate was 0.55 gram/minute.*

*Keywords: chili dryer, concentrated solar power, energy utilization.*

#### Abstrak

Peningkatan produktivitas perkebunan di Indonesia saat ini meningkat dari tahun ke tahun, produk perkebunan yang sangat dibutuhkan di masyarakat salah satunya adalah cabai merah, penanganan pasca panen yang kurang diperhatikan membuat cabai cepat busuk. Salah satu penanganan pasca panen cabai yang berlebihan agar tidak mengalami pembusukan adalah dengan cara pengeringan. Metode perancangan dan manufaktur alat yang digunakan adalah metode perancangan Pahl dan Beitz serta proses *manufaktur* yang digunakan meliputi proses pemotongan, pembengkokan, pelubangan, penyambungan dan tahapan *finishing*. Hasil Perancangan alat pengering yang dilakukan yaitu dengan mengembangkan desain alat pengering tipe rak atau *tray dryer*, menggunakan tiga rak sebagai tempat atau wadah untuk mengeringkan cabai menggunakan sistem radiator dan *fan* sebagai alat pemanas untuk ruang pengering. Hasil penelitian menunjukkan dalam proses manufaktur alat pengering cabai merah skala laboratorium membutuhkan waktu 374 menit dengan biaya total sebesar Rp.4.715.400. Sedangkan untuk proses pengeringan cabai merah dilakukan selama 360 menit pada temperatur 60°C dengan berat setiap rak 500 gram didapatkan kadar air rata-rata adalah 40% dan laju pengeringan sebesar 0,55 gram/menit.

**Kata Kunci:** alat pengering cabai, *concentrated solar power*, pemanfaatan energi.

\*Penulis Korespondensi. Tel: -; Handphone: +62 816 774 504  
email : [drahmalina@univpancasila.ac.id](mailto:drahmalina@univpancasila.ac.id)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris yang mempunyai berbagai macam tumbuhan yang melimpah, terutama dibidang pertanian. Salah satu produk pertanian di Indonesia adalah cabai merah (*Capsicum annum L*). Kebutuhan cabai untuk kota besar yang berpenduduk satu juta atau lebih sekitar 800.000 ton/tahun atau 66.000 ton/bulan. Pada musim hajatan atau hari besar keagamaan, kebutuhan cabai biasanya meningkat sekitar 10-20% dari kebutuhan normal. Tingkat produktivitas cabai secara nasional selama 5 tahun terakhir sekitar 6 ton/ha (Kementan, 2016).

Alat pengering diharapkan dapat menjadi salah satu solusi untuk mengeringkan kelebihan hasil panen dan mempercepat waktu pengeringan. Saat ini proses pengeringan buatan telah berkembang sangat pesat. Terdapat beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mendapatkan panas guna pengeringan cabai merah. Mulai dari kayu bakar atau dengan bahan bakar lainnya Sedangkan tipe mesin yang berkembang saat ini adalah tipe *rotary dryer*, *tray dryer*, penangkap energi surya, tipe konveksi dan lain-lain (Murti, 2017).

Beberapa penelitian mengenai alat pengering telah banyak dikembangkan antara lain oleh Mulyanto dan Supriyono (Mulyanto dan Supriyono, 2019) yang berjudul “Proses Manufaktur Mesin Rotari Tipe Hibrida Untuk Pengering Cabai” dan Erlina dan Tazi (Erlina dan Tazi, 2009) dengan judul “Uji Model Alat Pengering Tipe Rak Dengan Kolektor Surya (Studi Kasus Untuk Pengeringan Cabai Merah (*Capsium Annum Var. Longum*))”. Salah satu alat pengering yang sudah banyak diaplikasikan untuk pengering cabai adalah tipe rak. Mesin pengering tipe rak ini mempunyai bentuk persegi dan di dalamnya terdapat rak-rak yang digunakan untuk meletakkan bahan yang akan dikeringkan dalam ruang tertutup dan hanya disediakan lubang-lubang untuk saluran udara masuk, saluran keluar uap air yang dihembuskan oleh blower. Pengeringan dilakukan dengan temperatur mencapai 55°C, dan pemanasan selama 10 jam. Kelebihan pengering ini adalah suhu pengeringan yang lebih seragam, karena bentuk dan ukuran antara ruang pengering dan *heat exchanger* sama, serta penambahan *blower* mempercepat proses pengeringan.

Alat pengering tipe rak pada penelitian ini dapat dioptimalkan dengan memanfaatkan energi panas yang diperoleh dari *concentrated solar power* (CSP) sehingga lebih efisien dan menghemat biaya (Rahmalina, dkk., 2021). Desain alat pengering ini telah dikembangkan menggunakan aplikasi CAD. Pada penelitian ini membahas rancang bangun alat pengering cabai. Proses manufaktur menggunakan metode *Design for Manufacture and Assembly* (DFMA) (Boothroy, dkk., 2002). DFMA merupakan desain suatu produk atau komponen yang dapat menunjang proses pembuatan dan perakitan antara komponen satu dengan komponen lainnya sehingga menjadi suatu produk. DFMA berfungsi untuk mengurangi biaya dan waktu dalam proses manufaktur dan perakitan serta meningkatkan kualitas suatu produk supaya dapat berkompetisi dengan industri lainnya. Proses manufaktur yang dilakukan pada penelitian ini meliputi proses pemotongan, pembengkokan, pelubangan, penyambungan dan tahapan *finishing*. Bahan yang dikeringkan adalah cabai merah keriting dalam bentuk utuh sebanyak 1500 gram dengan temperatur pengeringan mencapai 60°C dan waktu pengeringan selama 360 menit. Alat pengering ini juga dapat digunakan mengeringkan produk pertanian lainnya seperti: gabah, anggur, biji kopi dan lain-lain.

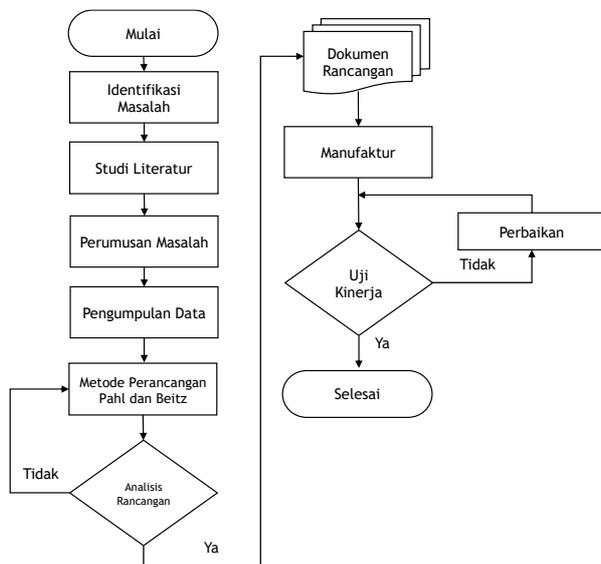
## 2. METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan adalah metode perancangan dan pengembangan yang digunakan, yaitu metode Pahl dan Beitz serta metode manufaktur yang digunakan yaitu metode DFMA (*Design for Manufacturing and Assembly*) yang mengacu pada bagian DFM dan DFA yang masing-masing memuat dokumen SOP dan OPC seperti pada Gambar 1 (Pahl dan Beitz, 2005). Alat pengering memiliki ruang pengering berbentuk kubus dengan ukuran 500 mm × 500 mm × 500 mm dan rangka dengan ukuran 580 mm × 580 mm 300 mm.

Tabel 1 menampilkan daftar persyaratan Alat pengering cabai skala laboratorium dengan pemanfaatan panas dari *Concentrated Solar Power* (CSP) yang akan dirancah dan dimanufaktur, untuk daftar persyaratan dikelompokkan menjadi 2 (dua) kategori yaitu

D/demand (keharusan). Demand merupakan syarat yang wajib dipenuhi Pada segala kondisi atau apabila tidak terpenuhi, solusi yang akan dicapai tidak akan diterima. Sedangkan *wishes* merupakan syarat yang diinginkan pada proses perancangan dan jika memungkinkan dapat dimasukkan melalui sebagai pertimbangan. Supaya memudahkan pada proses penyusunannya, spesifikasi dilakukan dengan meninjau beberapa aspek geometri, energi, material, perakitan.

Berikut langkah-langkah yang digunakan dalam melakukan penelitian:



Gambar 1. Diagram alir rancang bangun alat pengering cabai

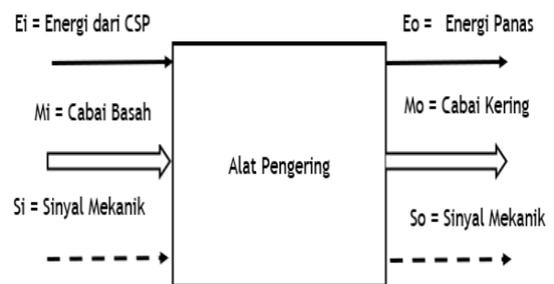
Tabel 1. Daftar persyaratan hasil identifikasi kebutuhan

DAFTAR PERSYARATAN ALAT PENERING CABAI		
PERSYARATAN	D/W	HASIL IDENTIFIKASI
Geometri	D	Dimensi alat pengering tidak terlalu besar
	W	Berat alat pengering ringan Bentuk alat pengering sederhana
Energi	W	Ramah lingkungan
	D	Banyak tersedia
Material	D	Material banyak tersedia
	W	dipasaran
	D	Material yang digunakan tahan karat Memiliki standarisasi material
Perakitan	D	Mudah dibongkar pasang
	W	Komponen yang sedikit
Keselamatan	D	Mekanisme panas tidak membahayakan
	D	Aman digunakan dalam waktu yang lama
Ergonomis	D	Ukuran sedang

Dalam merancang sebuah alat terlebih dahulu harus mengetahui konsep dasar dari alat yang akan di buat.

### 2.1. Struktur Fungsi Keseluruhan

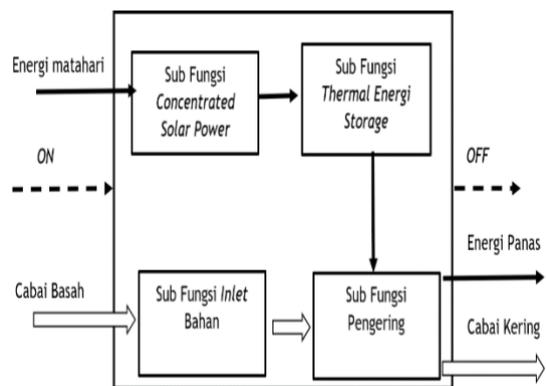
Struktur fungsi keseluruhan pada Gambar 2 menunjukkan antara *input* dan *output* dari alat pengering cabai dengan pemanfaatan CSP, yang nantinya akan menunjukkan struktur utama yang dibutuhkan untuk mengoperasikan alat tersebut.



Gambar 2. Struktur fungsi keseluruhan

### 2.2. Struktur Sub Fungsi

Struktur sub fungsi yang diperlihatkan pada Gambar 3 menjabarkan lebih detail masing-masing parameter yang telah di jabarkan di struktur fungsi keseluruhan sebelumnya. Dari struktur sub fungsi ini nantinya akan di dapatkan beberapa kemungkinan solusi yang dapat di gunakan dari melihat kombinasi sub fungsi yang ada.



Gambar 3. Struktur sub fungsi

Dari struktur sub fungsi diatas dapat dijelaskan secara *detail system* kerja alat pengering cabai dengan pemanfaatan CSP. Dari yang pertama untuk energi *input* adalah energi matahari atau Energi Panas, panas matahari akan diserap melalui *reflector* dari alat CSP kemudian panas tersebut akan disimpan di Thermal Energi

Storage, kemudian energi panas akan memutar mesin sterling yang ada di CSP dan akan menghasilkan listrik, sedangkan panas yang terbuang akan di manfaatkan sebagai pengering cabai dengan memanfaatkan radiator. alat ini dapat berfungsi dengan optimal jika cuaca pada siang hari cerah, panas yang terkumpul dari sinar matahari dapat disimpan di *Thermal Energi Storage*, dan hasilnya berupa energi panas (Jufrizal, dkk., 2015). Selanjutnya untuk material input berupa cabai merah segar yang utuh ataupun dibelah menjadi dua bagian, setelah dilakukan pengeringan didalam alat pengering maka material outpunya berupa cabai kering, dan untuk sinyal input yaitu melakukan pembukaan valve ke posisi *OPEN* dan sinyal output nya pada saat menggerakkan valve ke posisi *CLOSED*, yaitu: berupa sinyal mekanik manual.

### 2.3. Identifikasi Komponen

Setelah didapat diagram sub fungsi dan data table persyaratan, Langkah selanjutnya mencari prinsip solusi yang harus memenuhi sub-fungsi dan persyaratan yang ada. Metode tersebut digunakan terhadap proses ini yaitu metode kombinasi prinsip solusi. **Tabel 2** menggambarkan morphological chart alat pengering cabai dengan pemanfaatan CSP. Dari hasil kombinasi tabel prinsip solusi pada **Tabel 2** dihasilkan kombinasi sebagai berikut:

Variasi 1: 1-1, 2-3, 3-1, 4-3, 5-2, 6-2, 7-2

Variasi 2: 1-2, 2-1, 3-3, 4-2, 5-3, 6-1, 7-3

Variasi 3: 1-3, 2-1, 3-3, 4-1, 5-1, 6-3, 7-1

Dari konsep varian pertama ini adalah varian terpilih, didapatkan alat pegering cabai dengan menggunakan ruang pengering berbahan stainless steel tahan terhadap karat, menggunakan rangka konstruksi *square hollow section* berbahan steel dimana bahan material ini mudah didapat dan harganya murah, rak pengering menggunakan bahan *stainless steel* yang mampu menahan terjadinya karat dari cairan asam cabai yang akan dikeringkan namun bahan ini harganya mahal, gagang pintu menggunakan bahan *stainless steel*

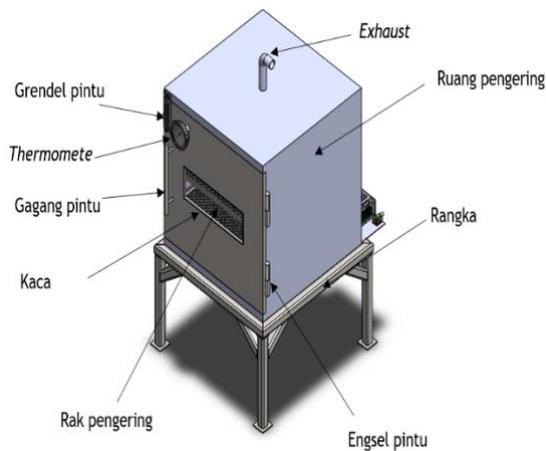
dan kaca pintu untuk melihat ke dalam alat pengering menggunakan *glass*. Gambar desain terpilih dapat dilihat pada **Gambar 4**.

**Tabel 2.** Morphological chart alat pengering

PRINSIP SOLUSI SUB FUNGSI		VARIAN			
		1	2	3	
1	Ruang pengering	Stainless Steel	Aluminium	Steel Carbon	
	2	Rangka Konstruksi	SHS Steel	SHS Aluminium	SHS Stainless
			Stainless Steel	Aluminium	Steel Carbon
	3	Rak Pengering	Aluminium	Steel Carbon	Stainless Steel
			Aluminium	Steel Carbon	Stainless Steel
	4	Gagang Pintu	Aluminium	Steel Carbon	Stainless Steel
			Aluminium	Steel Carbon	Stainless Steel
5	Kaca Pintu	Akriik	Glass	Tempered Glass	
		Akriik	Glass	Tempered Glass	
6	Pengukur Temperatur	Digital	Bimetal	Stick	
		Digital	Bimetal	Stick	
7	Exhaust	PVC	Steel Carbon	Kuningan	
		PVC	Steel Carbon	Kuningan	

Keterangan:

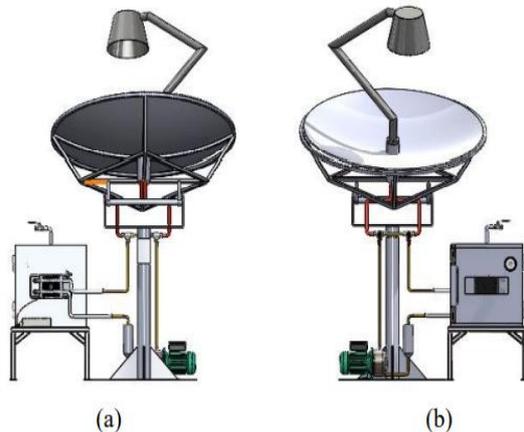
- = Varian 1
- = Varian 2
- = Varian 3



Gambar 4. Desain terpilih

#### 2.4. Desain Alat Secara Keseluruhan

Pemanfaatan *Concentrated Solar Power* kemudian alat pengering akan disambungkan dengan CSP dengan menggunakan selang *teflon Poly Tetra Fluoro Ethylene (PTFE)* (Nugroho, 2017). Fluida panas dari CSP selanjutnya akan dialirkan ke radiator alat pengering melalui selang PTFE, kemudian fan akan bergerak untuk menyebarkan panas dari radiator ke ruang pengering. Untuk mengatur suhu didalam ruang pengering maka digunakan *Pulse Width Modulation (PWM)* untuk mengatur putaran fan.



Gambar 5. Desain alat pengering cabai merah skala lab., (a) Tampak depan; (b) Tampak belakang

Alat pengering memiliki ruang pengering berbentuk kubus dengan ukuran 500 mm × 500 mm × 500 mm dan rangka dengan ukuran 580 mm ×

580 mm × 300 mm. Berikut merupakan hasil rancangan dari desain alat pengering cabai merah skala laboratorium dengan pemanfaatan *Concentrated Solar Power (CSP)* secara keseluruhan dapat dilihat seperti pada Gambar 5.

#### 2.5. Spesifikasi Komponen dan Material

Setelah mendapatkan perancangan desain terpilih, langkah selanjutnya adalah menentukan komponen dan material alat pengering. Material yang akan dipakai untuk pengering ini akan sangat berpengaruh terhadap kinerja dari alat pengering cabai ini karena material pengeringnya berhubungan langsung dengan panas dan kalor dari alat pengering cabai tersebut, cabai yang akan dikeringkan tentunya akan ada banyak air yang harus dihilangkan dan juga air akan menguap ke dinding atas dan juga rak-rak yang ada didalam alat pengering, maka material dari alat pengering ini harus tahan karat (Razy, 2010). Tabel 3 adalah daftar spesifikasi komponen yang dibuat.

Tabel 3. Spesifikasi komponen yang dibuat

No	Komponen	Spesifikasi	Jumlah
1	Radiator	Aluminium 160 × 143 mm	1
2	Fan	DC 12 Volt, 12 cm	1
3	Power Supply	DC 12 Volt 10 Amphere	1
4	PWM	12-40 Volt 10 Amphere	1
5	Thermometer Gauge	5 cm	1
6	Kaca	Glass 5mm	1
7	Grendel Pintu	Stainless steel. 10 cm	1
8	Pipa	Stainless steel. 2 cm	1

Untuk mendukung perancangan konsep desain maka harus didapatkan spesifikasi dari tiap komponen dan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Spesifikasi komponen yang dibeli

No	Komponen	Spesifikasi	Jumlah
1	Rangka	Besi Hollow Stainless steel 201 30×30 mm ketebalan 1,5 mm	1
2	Ruang Pengering	Plat Stainless steel 201 ketebalan 1 mm	1
3	Pintu	Plat stainless steel 201 ketebalan 1 mm	1
4	Rak Pengering	Plat berlubang stainless steel 304 ketebalan 1 mm	3

## 2.6 Alat dan Bahan

Tahapan awal sebelum melakukan proses manufaktur adalah persiapan alat dan bahan terlebih dahulu. Peralatan yang digunakan dalam proses manufaktur alat pengering cabai merah skala lab ini adalah meteran, pengaris siku, spidol, mesin cutting wheel, mesin gerinda tangan, mesin bending, mesin las argon, mesin bor dan timbangan. Sedangkan bahan yang digunakan adalah plat stainless steel 201, plat perforated stainless steel 304, pipa stainless steel 201, besi kotak berongga stainless steel 201, kaca bening, glasswool dan cabai merah keriting.

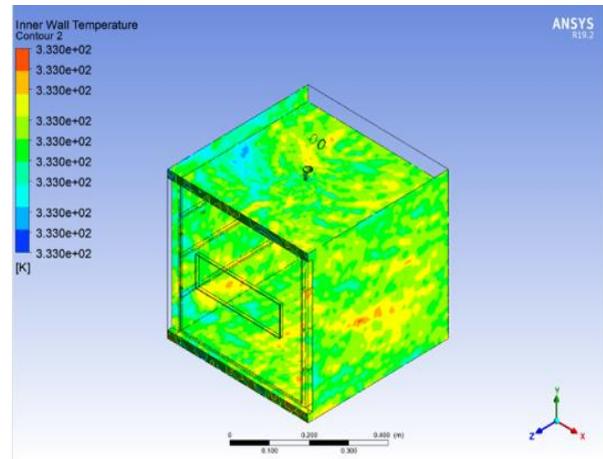
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah di dapatkan rancangan yang akan digunakan selanjutnya melakukan perhitungan untuk menentukan spesifikasi dari komponen yang akan digunakan untuk merancang alat pengering cabai skala laboratorium dengan menggunakan pemanfaatan panas dari *concentrated solar power* yang akan disambungkan kedalam ruang pengering cabai dengan menggunakan radiator dan fan yaitu sebagai berikut :

### 3.1 Analisis Temperatur pada Dinding Alat Pengering

Pada analisis temperatur aliran didalam ruang pengering cabai dengan pemanfaatan panas dari dari radiator dan dihembuskan oleh fan kedalam ruang pengering yang dilakukan dengan memasukan nilai temperatur 333,18 K atau 60°C

didapatkan panas yang hampir merata didalam ruang pengering yaitu sekitar 330,2 K atau 57,05°C.

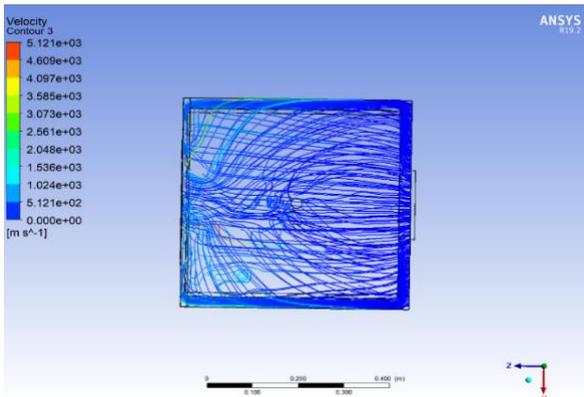


Gambar 6. Hasil analisis temperatur dinding alat

Dari Gambar 6 bisa dilihat penyebaran panas merata di bagian dinding ruang pengering dengan warna hijau dan kuning yang lebih dominan. Adapun warna biru adalah temperatur terendah yang sering tidak dialiri udara panas yang masuk kedalam ruang pengering. Untuk keseluruhan ruang pengering ini aliran panasnya merata, ditambah dengan material stainless steel yang dapat menghantarkan panas atau konduktor yang baik, panas yang merata sangat dibutuhkan untuk pengeringan cabai agar cabai yang dikeringkan mendapatkan proses pengeringan yang lebih cepat dan merata. Semakin tinggi temperatur yang masuk maka proses pengeringan akan semakin cepat, sebaliknya jika temperaturnya rendah maka akan lebih lama (Bachruddin dan Rachman, 2009).

### 3.2 Analisis Pressure pada Ruang Pengering

Pada analisis tekanan aliran yang dilakukan padaruang pengering cabai skala laboratorium dengan pemanfaatan *concentrated solar power* dan dengan pengaliran panas menggunakan radiator dan fan untuk mengalirkan udara panas ke ruang pengering, didapatkan nilai tekanan aliran udara pada ruang pengering cabai ini adalah sebesar 156 Pa dan pada output ruang pengering ini yang keluar pada pipa bagian atas ruang pengering sebesar 747 Pa. aliran udara pada ruang pengering ini tergantung besarnya putaran pada fan.



Gambar 7. Hasil analisis *pressure* ruang pengering

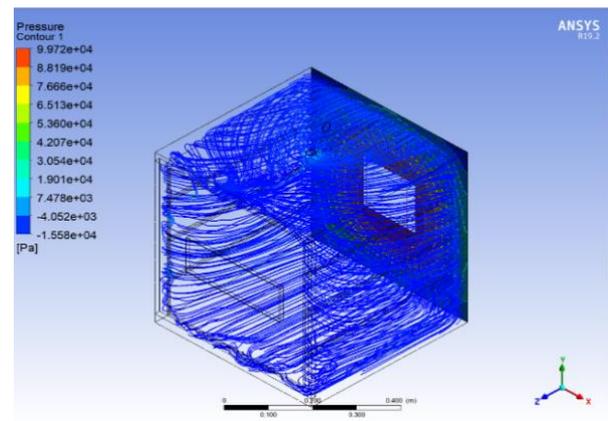
Pada Gambar 7 didapatkan analisis tekanan udara atau *pressure* pada ruang pengering pada alat pengering cabai dengan pemanfaatan *concentrated solar power*. Untuk tekanan aliran udara ini bergantung pada kencangnya putaran fan atau kipas yang bisa diatur sesuai dengan kebutuhan pada ruang pengering untuk proses pengeringan cabai, tekanan ini tentunya akan sangat berpengaruh terhadap pengeringan cabai. tekanan yang masuk kedalam ruang pengering menyebar disetiap dinding ruang pengering, berwarna biru yang artinya ruang pengering ini aman mendapatkan tekanan aliran udara dari fan. Tekanan udara ini berpengaruh terhadap proses pengeringan di dalam ruang pengering. Semakin tinggi tekanan udara yang masuk kedalam ruang pengering maka proses pengeringan akan lebih cepat, tentu hal ini harus didasarkan dengan temperatur udara yang cukup untuk memanaskan cabai didalam ruang pengering.

### 3.3. Analisis Kecepatan Aliran Fluida Dalam Ruang Pengering

Pada analisa kecepatan aliran yang dilakukan, didapatkan nilai kecepatan aliran yaitu sebesar 512 m/s yang mengalir didalam ruang pengering dan 153 m/s aliran yang keluar melalui *exhaust*. Udara akan masuk ke ruang pengering kemudian akan keluar melalui lubang *exhaust* yang terdapat di atas ruang pengering.

Didapatkan hasil analisa kecepatan aliran udara yang terjadi didalam ruang pengering, dapat dilihat aliran didalam ruang pengering terjadi aliran turbulen dan arah aliran udara dari fan masuk kedalam ruang pengering akan menabrak dinding dari pintu alat pengering tersebut dan kemudian akan memutar balik ke

tangan dan akhirnya keluar lewat *exhaust* atau *outlet* yang ada pada ruang pengering. Dapat dilihat dari Gambar 8, aliran udara yang udara yang terjadi di dalam ruang pengering cabai dengan pemanfaatan CSP dan juga fan sebagai alat penggerak aliran udara yang masuk dan dapat diatur kecepatan *fan* nya agar suhunya dapat disesuaikan dan bisa di atur agar tidak terjadinya panas berlebih yang dapat membuat cabai rusak. Aliran udara didalam ruang pengering berwarna biru dan terjadi turbulensi.



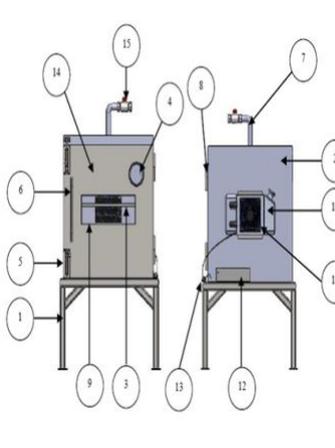
Gambar 8. Analisis kecepatan aliran fluida dalam ruang pengering

### 3.4. BOM (Bill of Material)

Setelah didapatkan desain alat pengering cabai dengan pemanfaatan *concentrated solar power*, kegiatan utama yang dilakukan adalah membuat dan merakit seluruh komponen dari alat pengering. Terdapat tiga tahap manufaktur, yang pertama yaitu pembuatan komponen ruang pengering dilanjutkan dengan perakitan, kedua yaitu pembuatan komponen rangka dilanjutkan dengan perakitan dan ketiga yaitu perakitan komponen kelistrikan. *Bill of Material* atau sering disingkat BOM merupakan gambaran atau definisi produk terakhir yang terdiri dari item, bahan, atau material yang dibutuhkan untuk merakit, mencampur atau memproduksi produk akhir (Groover, 2013).

BOM yang akan digunakan untuk alat pengering cabai skala lab dengan pemanfaatan *concentrated solar power* ini tentunya harus tahan panas dan tahan karat, karena air dari cabai ketika dikeringkan akan menguap dan menempel pada dinding-dinding dan juga rak-rak alat pengering yang dapat menimbulkan karat.

Pada desain alat pengering hasil perancangan menggunakan tipe rak yang terdiri dari 3 bagian (atas, tengah dan bawah). Dalam proses manufaktur alat pengering ini komponen dibedakan menjadi dua yaitu komponen yang dibuat dan komponen yang dibeli. Berikut adalah gambar hasil perancangan dari komponen-komponen alat pengering secara keseluruhan berupa BOM (Bill of Material) seperti yang diperlihatkan pada Gambar 9.

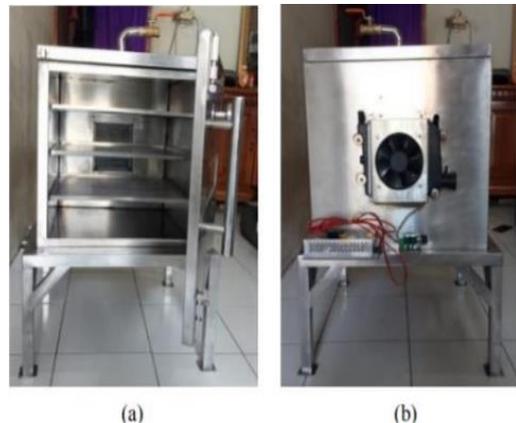
Gambar	Keterangan		
	No.	Nama komponen	Jumlah
	1.	Rangka	1
	2.	Ruang pengering	1
	3.	Rak	3
	4.	Termometer	1
	5.	Grendel slot	2
	6.	Gagang pintu	1
	7.	Exhaust	1
	8.	Engsel	2
	9.	Kaca	1
	10.	Radiator	1
	11.	Fan	1
	12.	Power supply	1
	13.	PWM	1
	14.	Pintu	1
	15.	Valve	1

Gambar 9. Bill of material

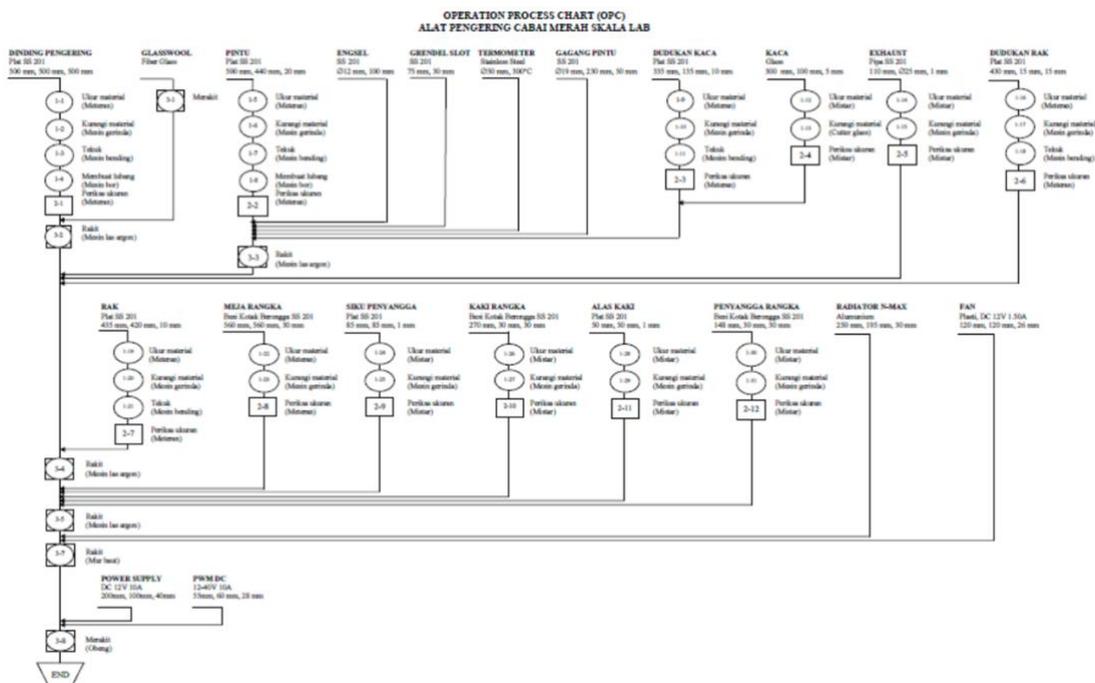
### 3.4 OPC (Operation Proses Chart)

OPC ini digunakan untuk merencanakan dan mengendalikan pada saat proses manufaktur dari alat pengering. Pada *Operating Process Chart* atau OPC terdapat tiga proses manufaktur yaitu operasi, pemeriksaan dan perakitan (Mujumdar, 2006). Berikut dapat dilihat *operation process chart* (OPC) dari alat pengering pada Gambar 11.

Setelah seluruh komponen alat pengering selesai dirakit (lihat Gambar 10), tahap selanjutnya adalah pengujian fungsi dan kinerja untuk mengetahui apakah alat pengering beroperasi sesuai dengan fungsi dan kinerjanya atau terdapat kendala.



Gambar 10. Hasil manufaktur alat pengering (a) Tampak Depan; (b) Tampak Belakang



Gambar 11. OPC alat pengering

### 3.5 RAB (Rancangan Anggaran Biaya)

Dalam proses manufaktur alat pengering cabai merah skala lab dengan pemanfaatan *concentrated solar power* ini, dibutuhkan sebuah rancangan anggaran biaya untuk mengontrol pengeluaran biaya yang akan digunakan untuk memilih serta membeli material dari alat pengering maupun anggaran biaya dari tenaga kerja yang dibutuhkan (Dieter dan Schmidt, 2013). RAB ini bertujuan untuk menekan anggaran biaya agar sesuai dengan kebutuhan dan spesifikasi alat yang sesuai dengan kebutuhan. Dalam rancang bangun alat pengering cabai skala lab dengan pemanfaatan CSP ini tentunya membutuhkan biaya manufaktur pemilihan dan pembuatan alat yang perlu diperhitungkan agar manufaktur pembuatan alat berjalan dengan lancar dan sesuai dengan anggaran dana yang ada, RAB ini sangat penting untuk meminimalisir anggaran dana karena tanpa perhitungan yang tepat maka produk yang akan dibuat dan biaya yang ada bisa saja tidak sesuai dengan kebutuhan yang ada. Berikut ditampilkan pada Tabel 5 dan Tabel 6 data rancangan anggaran biaya untuk alat pengering cabai skala lab dengan pemanfaatan *concentrated solar power* skala lab.

### 3.6 Pengujian Fungsi Dan Kinerja Alat Pengering

Dalam pengujian ini bahan yang dikeringkan adalah cabai merah keriting segar sebanyak 1500 gram dalam bentuk utuh tanpa dipotong terlebih dahulu dengan masing-masing rak beratnya sama yaitu 500 gram. Sebelum dilakukan pengujian, cabai yang telah diletakkan dalam rak dimasukkan terlebih dahulu ke ruang pengering. Mekanisme kerja alat pengering ini dengan cara memanfaatkan panas dari *concentrated solar power* yang dialirkan ke radiator kemudian dihembuskan ke ruang pengering oleh fan. Jadi, parabola menangkap cahaya matahari dan memfokuskannya ke *receiver*. *Receiver* akan menyerap panas dan memanaskan fluida yang mengalir melalui pipa. Fluida dialirkan oleh pompa dari tabung penampung ke receiver kemudian ke radiator dan kembali lagi tabung penampung. Waktu pengeringan selama 360 menit dengan temperatur pengeringan mencapai 60°C.

Tabel 5. Rancangan anggaran biaya komponen

No	Nama Komponen	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Harga total (Rp)
1	Radiator N-MAX	1	220.000	220.000
2	Fan 12cm × 12cm	1	100.000	100.000
3	Plat SS 201 1400 × 1200 × 1 mm	1	1.200.000	1.200.000
4	Plat perforated SS 1500 × 500 × 1 mm	1	250.000	250.000
5	Engsel SS 201 ½ inci	2	50.000	100.000
6	Grendel slot stainless 3 inci	2	10.000	20.000
7	Valve kuningan 1 inci	1	150.000	150.000
8	Glasswool	1	200.000	200.000
9	Bes kotak berongga SS 201 30×30×1 mm	1	200.000	200.000
10	Pipa SS 201 1 inci	1	50.000	50.000
11	Kaca bening 300×21×5 mm	1	100.000	100.000
12	Gagang pintu SS 201 ¾ inci × 225 mm	1	50.000	50.000
13	Elbow SS 201 1 inci	1	10.000	10.000
14	Baut dan Mur	20	500	10.000
15	Kabel serabut 2 meter	1	8.000	8.000
16	Power supply 12-40V 10A	1	69.000	69.000
17	PWMDC 12-40V 10A	1	40.000	40.000
18	Thermometer paying 2 inci	1	184.000	184.000
19	Selang westpex ½ inci × 2 meter	1	50.200	50.200
20	Klem selang	5	4.000	20.000
21	Nepel selang drat luar ½ inci × ½ inci	2	12.000	24.000
Total Biaya				3.055.400

**Tabel 6.** Rancangan anggaran biaya permesinan

No	Jenis pemesanan	Jenis pekerjaan	Waktu pengerjaan
1	Mesin Gerinda	Memotong plat besi	75 menit
2	Mesin Bending	Tekuk plat	15 menit
3	Mesin Argon las	Mengelas dinding pengering	150 menit
4	Mesin Bor	Membuat lubang pipa dan Membuat lubang termometer	6 menit
Total Biaya		1.660.000	

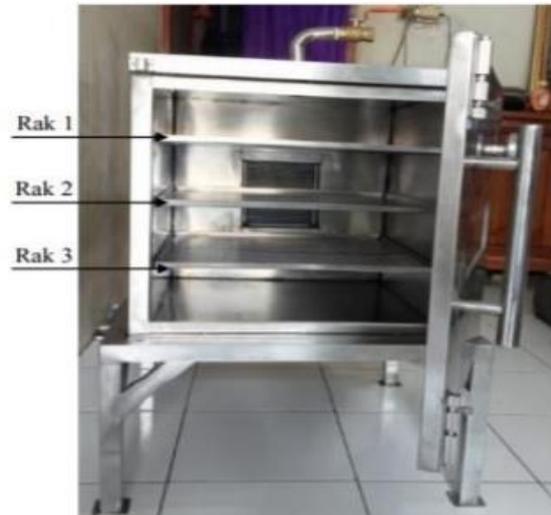
Rak 1 menunjukkan posisi rak paling atas, rak 2 berada di posisi tengah dan rak ke 3 dengan posisi dibawah, dengan posisi seperti ini maka pengeringan akan dapat lebih cepat karena udara panas bergerak dari bawah ke atas dari ruang pengering tersebut. Pengujian ini dilakukan dari pukul 09.00 sampai 15.00 di area kampus Universitas Pancasila, dilakukan dengan menyambungkan saluran oli dari alat *concentrated solar power* ke alat pengering cabai skala lab dibawa. Hasil pengujian alat pengering dapat dilihat pada [Tabel 7](#).

**Tabel 7.** Hasil pengujian alat pengering

No	Suhu	Waktu (menit)	B1 (g)	B2 (g)	Kadar air (%)	Laju (g/m)
1	60°	360	500	330	34	0,47
2	60°	360	500	270	46	0,63
3	60°	360	500	300	40	0,55
Rata-rata					40	0,55

Dari hasil pengujian alat pengering dapat dilihat pada [Tabel 7](#), didapatkan nilai kadar air dan laju pengeringan pada masing-masing rak. Proses pengeringan dilakukan selama 360 menit dari jam 09.00 sampai 15.00 dengan temperatur pengeringan mencapai 60°C. Alat pengering ini mampu mengeringkan cabai merah keriting yang memiliki berat bahan awal sebanyak 1500 gram berkurang menjadi 900 gram atau penurunan kadar air mencapai 40%. Penurunan kadar air di rak 2 lebih cepat dibandingkan rak lainnya karena

posisi/letak rak 2 tepat di depan sumber panas sehingga laju pengeringannya lebih cepat.

**Gambar 12.** Posisi rak pengering

#### 4. SIMPULAN

Hasil yang didapat dari pembahasan rancang bangun alat pengering cabai skala laboratorium dengan pemanfaatan panas dari *concentrated solar power* (CSP) didapatkan kesimpulan bahwa perancangan alat pengering yang dilakukan yaitu dengan mengembangkan desain alat pengering tipe rak atau tray dryer, menggunakan tiga rak sebagai tempat atau wadah untuk mengeringkan cabai menggunakan sistem radiator dan fan sebagai alat pemanas untuk ruang pengering.

Berdasarkan hasil analisis software Ansys Fluent dengan tekanan dan kecepatan aliran udara dengan parameter yang telah ditetapkan, maka didapatkan: temperatur didalam ruang pengering stabil di suhu 57,02°C dari suhu yang diharapkan yaitu 60°C. tekanan aliran udara di dalam ruang pengering adalah 156 - 757 Pa. nilai kecepatan aliran udara yang masuk keruang pengering adalah 512 m/s, dan kecepatan udara yang keluar adalah 153 m/s.

Dari hasil pengujian kinerja, alat pengering ini mampu mengeringkan sebanyak 1500 gram cabai merah keriting dalam bentuk utuh menjadi 900 gram dengan temperatur pengeringan mencapai 60°C selama 360 menit diperoleh rata-rata penurunan kadar air mencapai 40% dan laju pengeringan sebesar 0,55 gram/menit. Sehingga sisa kadar air dalam bahan adalah 50%.

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh penyebaran panas di dalam ruang pengering merata. Namun pada hasil pengujian alat pengering ini penurunan kadar air dan laju pengeringan setiap rak berbeda-beda dikarenakan distribusi panas yang kurang merata. Dimana penurunan kadar air tertinggi terletak pada rak 2 sebesar 46% lalu diikuti rak 3 dan rak 1 dengan masing-masing rak sebesar 40% dan 34%. Sedangkan laju pengeringan tertinggi terletak pada rak 2 sebesar 0,63 gram/menit lalu diikuti rak 3 dan rak 1 dengan masing-masing rak sebesar 0,55 gram/menit dan 0,47 gram/menit.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Kementan, Pusdatin, 2016. Outlook Komoditas Pertanian Sub Sektor Hortikultura Cabai Merah. Pusat Data Dan Informasi Kementerian Pertanian RI.
- Murti, K. H., 2017. Pengaruh Suhu Pengeringan Terhadap Kandungan Vitamin C Buah Cabai Keriting Lado F1 (*Capsicum Anunum L*). *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 5(3), hal. 245-256.
- Erlina, D. M. dan Tazi, I., 2009. Uji Model Alat Pengering Tipe Rak Dengan Kolektor Surya (Studi Kasus Untuk Pengeringan Cabai Merah (*Capsicum Annum Var. L*). *Jurnal Neutrino*, 2(1). hal. 1-14.
- Rahmalina, D., Lesmana, I.G.E., Suwandi, A., Rahman, R.A., Ramadhan, F.S. dan Sugiyanto, K.A., 2021. Pengembangan Stirling Engine Tipe Piston Bebas Untuk Aplikasi Concentrated Solar Power (CSP). *Jurnal Teknologi*, 13(1), hal. 101-108.
- Boothroy, G., Dewhurst, P. dan Knight, W., 2002. *Product Design for Manufacture and Assembly*, Second Edition, New York: Marcel Dekker. [Cetak].
- Pahl, G. dan Beitz, W., 2005. *Engineering Design - A Systematic Approach - 2nd edition*. Darmstadt, German: Springer-Verlag London. [Cetak].
- Jufrizal, J., Napitupulu, F.H. dan Ambarita, H., 2015. Studi Eksperimental Performansi Solar Water Heater Jenis Kolektor Plat Datar dengan Penambahan Thermal Energy Storage. *Cylinder: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 1(2), hal. 27-36.
- Nugroho A. A., 2017. Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Stirling Engine. *Seminar Nasional Peranan Ipteks Menuju Industri Masa Depan (PIMIMD-4)*. Institut Teknologi Padang (ITP). hal. 5-8.
- Razy, A. M., 2010. Perancangan Dan Pembuatan Mesin Pengering (DRIYER) Produk Perkebunan Dan Pertanian. *Jurnal POLIMESIN*, 8(1). hal. 745-752.
- Bachruddin, Z. dan Rachman, C., 2009. Standar Prosedur Operasional (SPO) Pengolahan Cabe, Jakarta: Direktorat Pengolahan Hasil Pertanian Direktorat Jenderal Pengolahan Dan Pemasaran Hasil Pertanian Departemen Pertanian.
- Groover, M. P., 2013. *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*. United Stated: John Willey & Wilson Inc. [Cetak].
- Mujumdar, A. S., 2006. *Handbook of Industrial Drying*, New York: Taylor & Francis group. [Cetak].
- Dieter, G. E. dan Schmidt, L. C., 2013. *Engineering Design*, New York: McGraw-Hill. [Cetak].
- Mulyanto, T., dan Supriyono, 2019. Proses Manufaktur Mesin Rotari Tipe Hibrida Untuk Pengering Cabai. *Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa & Inovasi*, 1(2). hal. 125-132.

