

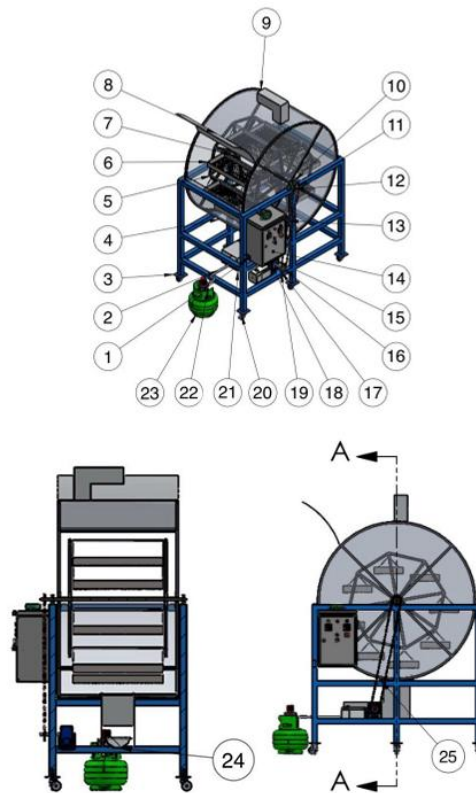
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada tinjauan pustaka bertujuan untuk memberikan gambaran tentang literatur yang digunakan sebagai acuan dalam penulisan dasar teori tentang topik yang dibahas yaitu “Rancang Bangun Alat Pemanggang Kue/Roti Dengan Metode Spiral Konveyor Gravitasi Berbahan Bakar Gas LPG Kapasitas 4.3 Kg/Batch”.

2.1 Alat Pengering Terdahulu

Oven adalah alat yang digunakan untuk memanaskan, memanggang, dan mengeringkan. oven pun juga memiliki beragam jenis seiring perkembangan zaman, mulai dari oven konvensional, oven listrik, hingga oven microwave yang memiliki fungsi ganda sekaligus. Alat pemanggang ini menggunakan gas LPG sebagai bahan bakarnya, lebih hemat energi dan juga pemanasan di dalam mesin dapat dialirkan secara merata sehingga makan akan matang secara sempurna.



Gambar 2.1 Desain alat pengering terdahulu
(BA Muda, B Setyoko, 2024)

Rotary Tray Drying ini terdiri dari empat bagian utama, yaitu ruang pengering, ruang bakar, komponen rotary dan saluran cerobong untuk udara panas dan uap jenuh keluar. Alat pengering tersebut dirancang pada tahun 2024 oleh Benjamin Asan Muda yang merupakan mahasiswa dari Fakultas Sekolah Vokasi Prodi S-1 Rekayasa Perancangan Mekanik, Universitas Diponegoro.

Alat *Rotary Tray Drying* bekerja dengan menempatkan bahan pangan yang akan dikeringkan di atas rak-rak yang tersusun berputar di dalam sebuah silinder. Udara panas kemudian dialirkan ke dalam silinder untuk mengeringkan bahan pangan secara merata. Panas ini dihasilkan oleh burner yang menggunakan bahan bakar Gas LPG. Selama proses pengeringan, uap air yang dihasilkan akan dialirkan keluar melalui saluran cerobong. Dengan demikian, alat ini memanfaatkan rak

berputar dan udara panas untuk mengeringkan bahan pangan, serta mengeluarkan uap air melalui cerobong.



Gambar 2.2 Alat pengering terdahulu
(BA Muda, B Setyoko, 2024)

Alat ini dirancang dengan komponen antara lain:

- Motor listrik, sebagai sumber penggerak rak berputar.
- Inverter (*Speed Control*), untuk mengatur kecepatan putaran motor.
- Poros dan pasak, sebagai komponen transmisi daya.
- Rantai dan sprocket, sebagai sistem transmisi putaran.
- *Pillow Block*, sebagai penyangga poros.
- *Reducer Gearbox*, untuk mengurangi kecepatan putaran motor.
- Sensor otomatis dan *Solenoid Valve*, untuk mengontrol aliran gas ke burner berdasarkan suhu.

Meskipun demikian, alat pengering ini mempunyai kekurangan dan kelebihan antara lain yaitu:

Tabel 2.1 Kelebihan dan kekurangan alat pengering terdahulu

Kelebihan	Kekurangan
Waktu pengeringan lebih cepat dibandingkan metode manual	Menggunakan 2 sumber daya berupa listrik dan gas
Penggunaan tidak bergantung pada cuaca	Banyaknya moving parts yang dapat mengurangi tingkat kehandalan

Pemanggangan merupakan metode pengolahan makanan yang mengandalkan panas kering umumnya dilakukan di dalam oven. Teknik ini paling sering digunakan untuk memasak makanan kering yang terbuat dari adonan seperti roti dan pastri tetapi juga cocok untuk berbagai jenis makanan lainnya. Secara khusus, pemanggangan merupakan proses pematangan adonan yang secara bertahap merambat dari permukaan makanan ke bagian tengah, mengubah adonan yang basah menjadi makanan matang yang lebih kering dan mengembang, dengan kulit luar yang kering dan bagian dalam yang lebih lembut. Proses ini juga dapat memperpanjang umur simpan makanan dengan menonaktifkan mikroba dan enzim serta menurunkan nilai Aktivitas Air (A_w).

Tujuan dari pemanggangan adalah untuk meningkatkan kualitas makanan melalui perubahan warna, tekstur, aroma, dan rasa. Faktor yang mempengaruhi kualitas pemanggangan ialah suhu pemanggangan, waktu pemanggangan, dan kelembaban. Pengaturan suhu dan lamanya waktu pengeringan dilakukan dengan memperhatikan kontak antara alat pengering dengan alat pemanas. (Darmanto and Sediono, 2006).

2.2 Pengertian Pemanggangan

Pemanggangan merupakan metode pengolahan makanan yang mengandalkan panas kering umumnya dilakukan di dalam oven. Teknik ini paling sering digunakan untuk memasak makanan kering yang terbuat dari adonan seperti roti dan pastri tetapi juga cocok untuk berbagai jenis makanan lainnya. Secara khusus, pemanggangan merupakan proses pematangan adonan yang secara bertahap merambat dari permukaan makanan ke bagian tengah, mengubah adonan yang basah menjadi makanan matang yang lebih kering dan mengembang, dengan kulit luar yang kering dan bagian dalam yang lebih lembut. Proses ini juga dapat memperpanjang umur simpan makanan dengan menonaktifkan mikroba dan enzim serta menurunkan nilai Aktivitas Air (A_w).

Tujuan utama dari pemanggangan adalah untuk meningkatkan kualitas makanan melalui perubahan warna, tekstur, aroma, dan rasa. Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas pemanggangan ialah suhu pemanggangan, waktu pemanggangan, dan kelembaban. Pengaturan suhu dan lamanya waktu pengeringan dilakukan dengan memperhatikan kontak antara alat pengering dengan alat pemanas (baik itu berupa udara panas yang dialirkan maupun alat pemanas lainnya). (Darmanto and Sediono, 2006).

2.3 Pengertian Kue Kering



Gambar 2.3 Kue kering

(Sumber : <https://www.frisianflag.com/resep-kami/resep-dengan-susu-bubuk/resep-kue-kacang>)

Kue kering adalah jenis makanan ringan yang memiliki tekstur kering dan renyah, serta biasanya mengandung sedikit atau tidak ada air. Kue kering umumnya dibuat dari adonan yang terdiri dari bahan utama seperti tepung terigu, gula, telur, dan bahan pengembang, serta bahan tambahan seperti buah-buahan, kacang-kacangan, keju, cokelat, atau rempah-rempah. Terdapat berbagai jenis kue kering yang ada di Indonesia yaitu nastar, putri salju, kastangel, kue kacang, dan lain-lain. Tahapan pembuatan kue kering meliputi pembentukan adonan, pencetakan, pemanggangan, pendinginan, dan pengemasan. Suhu pembakaran pada saat pemanggangan bergantung pada jenis kue kering yang dibuat. Pada umumnya, pembakaran dilakukan pada suhu kurang lebih 170°C selama 15–20 menit.

Berikut adalah tabel indikator kue kering yang baik dan berhasil setelah melalui proses pemanggangan.

Tabel 2.2 Indikator keberhasilan kue kering

Indikator	Keterangan	Tanda Berhasil	Kue
Kelembaban	Kadar air dalam kue setelah dipanggang.	Kelembaban kue kering yang ideal umumnya berkisar dibawah 5% – 6%.	
Warna	Warna permukaan kue setelah matang.	Kuning keemasan atau coklat pada pinggir kue.	
Tekstur	Tekstur saat digigit atau ditekan	Renyah.	
Suhu & Waktu	Suhu dan durasi pemanggangan.	Suhu sekitar 170 serajat celcius, waktu 15–30 menit (dapat disesuaikan)	
Aroma	Aroma khas kue setelah dipanggang.	Aroma harum dan menggugah selera.	

2.4 Konsep Konveyor



Gambar 2.4 Konsep spiral konveyor yang digunakan

(Sumber: <https://www.monk-conveyors.com/spiral-conveyors/>)

Konveyor adalah sistem mekanis yang digunakan untuk memindahkan barang atau bahan dari satu tempat ke tempat lain secara otomatis. Dalam industri kue dan roti teknologi konveyor dapat digunakan untuk memindahkan produk secara otomatis melalui zona pemanggangan. *Roller conveyor* ialah salah satu jenis mesin conveyor sederhana. Seperti namanya, *roller conveyor* adalah mesin conveyor yang bertumpu pada *roller* untuk memindahkan barang.

Roller conveyor dibagi menjadi dua macam berdasarkan prinsip pergerakannya, yaitu *powered* dan *unpowered roller conveyor*. *Powered roller conveyor* memiliki unit penggerak (biasanya motor listrik) untuk menggerakkan seluruh atau sebagian roller-roller yang ada. Sedangkan *unpowered roller conveyor*

tidak memiliki unit penggerak dan objek dipindahkan secara manual. (Miloradović et al., 2018)

Gravity Roller Conveyor memindahkan barang secara vertikal di sepanjang lintasan yang terdiri dari serangkaian rol yang berbentuk spiral terhadap arah perjalanan, konveyor ini menggunakan prinsip gravitasi sehingga hemat energi karena tidak menggunakan motor sebagai penggerak. Karena konveyor rol didorong oleh gravitasi, produk/bahan dapat bergerak secara otomatis.

2.5 Bahan Bakar LPG (Liquefied Petroleum Gas)



Gambar 2.5 LPG

(Sumber : <https://eorder-bppbj.jakarta.go.id/eorder/product/gas-lpg-3kg-16928>)

Bahan bakar merupakan bahan yang digunakan dalam proses pembakaran. bahan bakar mempunyai unsur yang terdiri dari C, H, O, N, S, yang tiap unsur-unsurnya tidak sama untuk beda kualitas maupun beda jenis bahan bakarnya (padat, cair, gas) (Suharto, 1991)

LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) adalah gas hidrokarbon yang dicairkan, terdiri dari komponen utama seperti propane (C_3H_8) dan butana (C_4H_{10}). Adapun nilai pembakaran jenis bahan bakar gas LPG yaitu sebesar 11.254,61 Kcal/Kg. LPG disintesis oleh pemurnian minyak bumi atau gas alam, dan biasanya berasal dari

sumber–sumber bahan bakar fosil, yang dibuat selama penyulingan minyak mentah, atau diekstrak dari minyak atau gas ketika mereka muncul dari tanah. (Aditama, 2014). Pada proses ini gas digunakan sebagai sumber bahan bakar pemanggangan yang dihembuskan dari burner.

2.5.1 Energi Bahan Bakar

Energi bahan bakar dihitung dengan menggunakan rumus (Suharto, 1991)

$$Q_{bb} = NK_{bb} \times \dot{m}_{bb} \quad (2.1)$$

Keterangan :

Q_{bb} = Energi bahan bakar (Watt)

NK_{bb} = Nilai kalor bahan bakar (Kkal/Kg)

$\dot{m}_{bb}$ = Laju aliran massa bahan bakar (Kg/s)

Dimana laju aliran massa bahan bakar dapat dihitung dengan rumus (Suharto, 1991)

$$\dot{m}_{bb} = \frac{V \times \rho}{t} \quad (2.2)$$

Keterangan :

$\dot{m}_{bb}$ = Laju aliran massa bahan bakar (Kg/s)

V = Volume bahan bakar yang digunakan (liter)

ρ = Massa jenis bahan bakar (kg/liter)

t = Waktu (s)

Sedangkan volume bahan bakar yang digunakan dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Suharto, 1991)

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (2.3)$$

Keterangan :

V = Volume bahan bakar yang digunakan (liter)

ρ = Massa jenis bahan bakar yang digunakan (kg)

m = Massa bahan bakar yang digunakan (kg)

2.6 Sistem Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah proses perpindahan energi panas dari suatu benda ke benda lain dikarenakan perbedaan suhu. Perpindahan panas meliputi proses pemasukan dan pengeluaran panas. Perpindahan panas adalah cara energi didalam panas dapat berpindah tempat dan laju perpindahannya dalam kondisi tertentu.

Perpindahan kalor atau panas merupakan kalor yang dapat berpindah dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu lebih rendah. Perpindahan panas dapat terjadi dengan proses tunggal maupun proses ganda. Sistem perpindahan panas dibagi menjadi tiga yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. (Loseta, 2023)

2.6.1 Konduksi

Konduksi adalah proses dimana energi panas mengalir dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu rendah didalam satu media (padat, cair, atau gas) atau antara media-media yang berlainan dan bersinggungan secara langsung tanpa adanya pergerakan massa secara keseluruhan.

Persamaan dasar perpindahan panas secara konduksi menggunakan hukum fourier.

$$Q_{konduksi} = KA \frac{\Delta T}{\Delta x} \times t \quad (2.4)$$

Keterangan :

$Q_{konduksi}$ = Laju perpindahan panas secara konduksi (Watt)

K = Konduktivitas Termal Bahan (Watt/m. °K)

A = Luas penampang perpindahan panas (m^2)

ΔT = Perbedaan temperatur (°C)

Δx = ketebalan material (m)

2.6.2 Konveksi

Konveksi adalah proses perpindahan panas yang terjadi karena pergerakan fluida (cair atau gas). Dalam konveksi, energi termal dibawa oleh aliran fluida yang bergerak dari satu tempat ke tempat lain. Laju perpindahan panas dengan cara konveksi antara suatu permukaan dengan suatu fluida dapat dihitung dengan menggunakan hukum Newton tentang pendinginan (*Newton Law of Cooling*) (Holman, 1988)

$$Q_{konveksi} = h \times A \times \Delta T \quad (2.5)$$

Keterangan :

$Q_{konveksi}$ = Laju perpindahan panas secara konveksi (Watt)

h = Koefisien perpindahan panas konveksi (Watt/m². °C)

A = Luas penampang perpindahan panas (m^2)

ΔT = Beda antara temperatur permukaan dan temperatur fluida lingkungan yang ditentukan ($^{\circ}C$)

2.6.3 Radiasi

Radiasi adalah proses perpindahan energi panas melalui gelombang elektromagnetik tanpa memerlukan media. Energi termal dipancarkan dalam bentuk radiasi inframerah. Jika suatu benda hitam tersebut berradiasi ke sebuah penutup yang sepenuhnya mengurung permukaan hitam, maka akan menyerap semua energi radiasi yang datang padanya. Maka rumus laju perpindahan panas radiasi adalah (Holman, 1988)

$$Q_{radiasi} = \sigma \times A(T_1^4 - T_2^4) \quad (2.6)$$

Keterangan :

$Q_{radiasi}$ = Laju perpindahan panas secara radiasi (Watt)

σ = Konstanta Stefan Boltzman memiliki nilai $5,669 \times 10^{-8}$ (Watt/ $m^2 \cdot K^4$)

A = Luas penampang perpindahan panas (m^2)

T_1^4 = Temperatur Permukaan Benda ($^{\circ}K$)

T_2^4 = Temperatur Sekitar Permukaan Benda ($^{\circ}K$)

2.7 Perpindahan Massa

Perpindahan massa adalah fenomena di mana zat berpindah dari satu tempat ke tempat lain. Dalam pemanggangan, perpindahan massa sering kali melibatkan penguapan air dari bahan pangan dan penyerapan gas atau uap yang dihasilkan selama proses pemanggangan. Besarnya massa bahan pangan kering dengan kadar tertentu dapat dicari dengan rumus sebagai berikut (Joeswadi, 1986)

$$M_{bk} = \frac{(100 - m_1)}{100} \times M_{bb} \quad (2.7)$$

Keterangan :

M_{bk} = Massa bahan kering (g)

m_1 = Kadar air awal bahan kue (%)

M_{bb} = Massa bahan basah (g)

2.7.1 Kadar Air Akhir Kue

Kadar air merupakan parameter penting yang mempengaruhi kualitas fisik dan daya simpan produk pangan. Kadar air dapat dihitung dengan menggunakan prinsip konservasi massa padatan kering, yaitu selama proses pengeringan atau pemanggangan, massa padatan dianggap tetap, sedangkan massa total berkurang akibat penguapan air.

Perhitungan kadar air akhir pada bahan pangan menggunakan persamaan berikut

$$M_{bb}(1 - \frac{m_1}{100}) = M_{bk}(1 - \frac{m_2}{100}) \quad (2.8)$$

Keterangan :

m_1 = Kadar air awal kue (%)

m_2 = Kadar air akhir kue (%)

M_{bb} = Massa bahan basah (g)

M_{bk} = Massa bahan kering (g)

Sehingga kadar air akhir dapat dihitung dengan persamaan:

$$m_2 = 100 \left[1 - \frac{M_{bb} \left(1 - \frac{m_1}{100} \right)}{M_{bk}} \right] \quad (2.9)$$

2.7.2 Massa Air yang Diuapkan dari Kue

Perhitungan massa air yang diuapkan dari bahan pangan menggunakan persamaan berikut (Suharto, 1991)

$$M_w = \frac{100 (m_1 - m_2)}{(100 - m_1) (100 - m_2)} \times 100\% \quad (2.10)$$

Keterangan :

M_w = Massa air yang diuapkan (kg)

m_1 = Kadar air awal bahan kue (%)

m_2 = Kadar air akhir bahan kue (%)

M_{bk} = Massa bahan kering (kg)

2.8 Energi Proses Pemanggangan

Besarnya energi untuk proses pemanggangan adalah berasal dari burner yang panasnya merambat keatas. Energi panas yang diserap oleh produk adalah

jumlah energi yang digunakan untuk menaikkan suhu produk selama proses pemanasan atau pemanggangan. Besarnya energi ini tergantung pada massa produk, kalor jenis produk, dan perubahan suhu produk selama proses pemanasan.

Secara matematis, energi panas yang diserap oleh produk dapat dihitung dengan rumus:

$$Q_{absorbed} = m \times c \times \Delta T \quad (2.11)$$

Keterangan :

$Q_{absorbed}$ = Energi panas yang diserap oleh produk (J) (J)

m = Massa benda (kg)

c = Kalor jenis (J/kg)

ΔT = Selisih suhu ($^{\circ}C$)

Kalor jenis adalah besaran yang menunjukkan seberapa banyak kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu satu kilogram suatu benda sebesar satu derajat Celsius. Setiap bahan memiliki kalor jenis yang berbeda, tergantung pada sifat fisiknya. Misalnya, air memiliki kalor jenis yang tinggi, sehingga membutuhkan lebih banyak energi untuk naik suhunya dibandingkan logam seperti besi. Kalor jenis penting dalam berbagai aplikasi, seperti dalam sistem pendinginan, pemanasan, dan perhitungan energi termal.

Energi panas yang diserap ini merupakan bagian energi yang berguna dari total energi yang dihasilkan oleh bahan bakar. Nilai $Q_{absorbed}$ digunakan untuk menghitung efisiensi termal sistem pemanasan atau oven, dengan membandingkannya terhadap total energi dari bahan bakar

2.9 Efisiensi Pemanggangan

Efisiensi adalah cara untuk mencapai suatu tujuan dengan cara yang optimal (cepat dan tepat) dan sesuai keinginan dengan meminimalkan penggunaan sumber daya. Sumber daya yang diperlukan adalah energi, dana, dan waktu. Efisiensi mesin (*machine efficiency*) merupakan rasio 18 energi yang dikeluarkan (kerja yang dilakukan) oleh mesin dengan energi yang dibutuhkan (kerja yang dibutuhkan) untuk mengoperasikannya (*output energi/input energi*).

Efisiensi pemanggangan merupakan perbandingan antara jumlah energi yang digunakan pada proses pemanggangan dengan jumlah energi yang diberikan pada pembakaran bahan bakar

$$\eta = \frac{Q_{absorbed}}{Q_{bb}} \times 100\% \quad (2.12)$$

Keterangan :

η = Efisiensi (%)

$Q_{absorbed}$ = Energi panas yang diserap oleh produk (J)

Q_{bb} = Energi bahan bakar (J)

2.10 Kapasitas Konveyor

Sebelum menentukan kapasitas konveyor, perlu diketahui terlebih dahulu berapa jumlah kue yang dapat dimuat kedalam satu loyang, hal ini dapat ditentukan dengan membagi luas loyang dengan luas kue, karena kue kacang akan diletakkan diatas loyang saat memasuki oven seperti pada gambar berikut



Gambar 2.6 Loyang

(Sumber: : <https://www.tokopedia.com/ntko/loyang-bulat-press-diameter-15-cm-tinggi-4-cm>)

Apabila diameter loyang adalah 150mm dan diameter kue adalah 30mm , maka:

Luas permukaan alas loyang:

$$A_{loyang} = \pi r^2 \quad (2.13)$$

Luas permukaan kue:

$$A_{kue} = \pi r^2 \quad (2.14)$$

Jumlah kue dalam loyang:

$$Kue = \frac{A_{loyang}}{A_{kue}} \quad (2.15)$$

Untuk mengetahui berapa kapasitas kue alat ini dapat ditentukan dengan membagi panjang lintasan konveyor dengan diameter loyang, apabila diketahui diameter loyang 150mm . Untuk mencari panjang lintasan konveyor dapat ditentukan dengan menggunakan rumus

Untuk menentukan panjang lintasan (l):

$$l = (2\pi r \times \cos \alpha \times \text{revolusi}) \quad (2.16)$$

Untuk menentukan pitch (P):

$$P = 2\pi r \tan(\theta) \quad (2.17)$$

Untuk menentukan sudut heliks (θ):

$$\theta = \arctan\left(\frac{P}{2\pi r}\right) \quad (2.18)$$

Untuk menentukan jari-jari spiral (r):

$$r = \frac{P}{2\pi \tan(\theta)} \quad (2.20)$$

Untuk menentukan revolusi (n):

$$n = \frac{l}{\sqrt{(2\pi r)^2 - P^2}} \quad (2.21)$$

Keterangan:

l = Panjang lintasan (m)

P = Pitch (jarak antara dua ulir)

r = Jari-jari spiral konveyor (mm)

n = Jumlah putaran spiral/revolusi

θ = Sudut helix