

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kopi Robusta

Kopi robusta adalah salah satu jenis kopi yang berasal dari spesies *Coffea canephora* dan banyak dikembangkan di wilayah beriklim tropis. Tanaman ini dikenal memiliki tingkat ketahanan yang relatif tinggi terhadap berbagai serangan penyakit, sehingga lebih mudah dibudidayakan dibandingkan beberapa jenis kopi lainnya. Selain itu, kopi robusta mampu tumbuh dengan baik pada dataran rendah yang memiliki suhu lingkungan cenderung tinggi. (Sugihanto et al., 2022).

2.1.1 Sejarah Kopi Robusta

Kopi robusta merupakan tanaman yang berasal dari kawasan hutan tropis di Afrika Tengah dan Afrika Barat, terutama pada wilayah yang kini dikenal sebagai Republik Demokratik Kongo, Uganda, dan Angola. Secara alami, tanaman ini berkembang di lingkungan hutan dataran rendah yang lembap dengan suhu udara yang relatif tinggi (Davis et al., 2021).

Kopi robusta mulai diperkenalkan di Indonesia pada awal abad ke-20, sekitar tahun 1900, dengan asal usul dari wilayah Belgia Kongo. Kehadiran tanaman ini menjadi bagian dari upaya pengembangan komoditas perkebunan setelah terjadinya kerusakan luas pada tanaman kopi arabika akibat serangan penyakit karat daun. Pada tahap awal pengembangannya, kopi robusta ditanam di kawasan Malang, Jawa Timur,. (Sugihanto et al.,2022)

2.1.2 Kandungan Biji Kopi Robusta

Biji kopi robusta (*Coffea canephora*) mengandung berbagai senyawa kimia yang berperan dalam pembentukan aroma, rasa, serta nilai gizi kopi. Senyawa tersebut meliputi karbohidrat, protein, lemak, kafein, asam klorogenat, mineral, dan senyawa nitrogen lainnya. (Anggara, 2023)

Tabel 2. 1 Kandungan Kimia Biji Kopi Robusta

No	Komponen Kimia	Kandungan (%) Berat Kering	Fungsi / Peran
1	Karbohidrat	48 – 55 %	Sumber energi dan berperan dalam pembentukan warna serta aroma saat proses <i>roasting</i>
2	Protein	10 – 11 %	Menghasilkan senyawa aroma melalui reaksi Maillard saat penyangraian
3	Lemak (Minyak Kopi)	7 – 10 %	Memberikan aroma, rasa, dan body pada minuman kopi
4	Kafein	1,5 – 2,5 %	Memberikan rasa pahit dan efek stimulan
5	Asam Klorogenat	6 – 11 %	Antioksidan alami dan mempengaruhi rasa asam serta pahit
6	Trigonelline	0,6 – 1 %	Prekursor pembentuk aroma saat <i>roasting</i>
7	Mineral (Abu)	3 – 4,5 %	Mengandung unsur K, Mg, Ca, dan P yang

			berperan dalam nilai nutrisi
--	--	--	------------------------------

2.2 Pengolahan Biji Kopi Pasca Panen

Pengolahan kopi merupakan serangkaian tahapan yang dilakukan setelah proses panen dengan tujuan menghasilkan biji kopi yang berkualitas tinggi. Kegiatan ini mencakup beberapa tahap penting, mulai dari pemanenan buah kopi, pengupasan kulit, proses fermentasi, pencucian, pengeringan, hingga tahap penyimpanan. Setiap tahapan memiliki peran yang saling berkaitan dalam menjaga dan meningkatkan kualitas akhir biji kopi. Penanganan yang tepat pada setiap proses akan memengaruhi kondisi fisik biji, seperti warna, ukuran, dan kadar air. Selain itu, proses pengolahan juga berperan besar dalam membentuk karakter cita rasa dan aroma kopi. (Rahardjo, 2018).

Metode pengolahan kopi yang umum diterapkan di Indonesia pada dasarnya terdiri atas metode kering (*dry process*) dan metode basah (*wet process*), yang masing-masing memiliki karakteristik serta tahapan yang berbeda. Kedua metode ini memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kualitas akhir biji kopi, khususnya dalam hal kadar air dan tingkat rendemen yang dihasilkan. (Anggia, M., & Wijayanti, R. 2023).

Proses pemanasan selama *roasting* memiliki pengaruh besar terhadap kadar air pada biji kopi *roast bean*. Menurut Coffee and Cocoa Training Center, kadar air biji kopi hasil *roasting* berkisar antara 1–4%, yang dipengaruhi oleh jenis bahan baku, tingkat kematangan *roasting*, lama proses pemanggangan, serta metode pendinginan yang digunakan (Mulato, 2018).

Pengolahan kopi primer mencakup proses penyortiran buah kopi yang berkualitas baik, pengupasan kulit buah, serta tahap pengemasan dan penyimpanan. Sementara itu, pengolahan kopi sekunder meliputi proses pengeringan (*drying*), penyangraian (*roasting*) biji kopi hijau (*green bean*) menjadi *roast bean*, dan penggilingan (*grinding*) hingga menghasilkan bubuk kopi (Budiyanto dkk., 2021).

2.2.1 Metode Kering (*Dry process*)

Metode ini dilakukan dengan cara mengeringkan buah kopi secara langsung melalui penjemuran hingga mencapai kondisi kering, sebelum kemudian dilakukan proses pengupasan kulit. Prosedur ini tergolong sederhana karena tidak memerlukan tahapan tambahan seperti fermentasi atau pencucian yang kompleks.

2.2.2 Metode Basah (*Wet Process*)

Metode ini mencakup serangkaian tahapan yang lebih kompleks, yaitu proses *pulping*, fermentasi, pencucian, serta pengeringan sebelum dilakukan pengupasan kulit tanduk. Setiap tahap dalam metode ini memiliki peran penting dalam menghilangkan lapisan lendir serta kotoran yang menempel pada biji kopi.

2.3 Prinsip Kerja Mesin *Roasting*

Secara umum, prinsip kerja mesin *roasting* kopi berlangsung melalui beberapa tahapan yang saling berkaitan dan membentuk satu kesatuan proses sebagai berikut:

1. Pemanasan Awal (*Pre-heating*)

Sebelum proses penyangraian dimulai, mesin *roasting* terlebih dahulu dipanaskan hingga mencapai suhu yang telah ditentukan. Tahap pemanasan awal ini bertujuan untuk menciptakan kondisi termal yang stabil di dalam ruang *roasting*.

2. Proses *Roasting*

Biji kopi dimasukkan ke dalam tabung atau drum yang berputar selama proses penyangraian berlangsung. Drum tersebut menerima panas dari sumber pemanas, sehingga energi panas dapat didistribusikan dan merambat ke seluruh permukaan biji kopi secara bertahap. Proses pemanasan ini memicu terjadinya perubahan fisik dan kimia yang menentukan karakteristik akhir kopi. Perputaran drum memiliki peran penting dalam menjaga pergerakan biji kopi agar tetap dinamis selama proses berlangsung. Dengan adanya perputaran tersebut, biji kopi dapat tercampur secara merata sehingga setiap bagian memperoleh paparan panas yang seimbang.

3. Perubahan Fisik dan Kimia

Selama proses *roasting* berlangsung, terjadi perubahan pada biji kopi, antara lain:

- perubahan warna dari hijau menjadi coklat
- penurunan kadar air
- terbentuknya aroma khas dari kopi
- terjadinya sebuah reaksi kimia seperti reaksi Maillard

4. Pendinginan (*Cooling*)

Setelah biji kopi mencapai tingkat kematangan *roasting* yang diinginkan, proses selanjutnya adalah tahap pendinginan untuk menghentikan pemanggangan. Pendinginan ini sangat penting dilakukan segera agar proses pemanasan tidak terus berlanjut yang dapat menyebabkan kondisi *over roasting*. Jika proses *roasting* tidak dihentikan dengan cepat, panas yang masih tersimpan dalam biji dapat terus memicu reaksi kimia yang berlebihan. Akibatnya, kualitas rasa dan aroma kopi dapat menurun serta cenderung menjadi terlalu pahit atau gosong.

2.4 Perpindahan Panas Pada Proses *Roasting*

Proses *roasting* kopi merupakan tahapan pemanasan biji kopi yang melibatkan berbagai mekanisme perpindahan panas, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Ketiga mekanisme tersebut bekerja secara simultan dalam mentransfer energi panas dari sumber pemanas menuju biji kopi selama proses penyangraian berlangsung. (Hendrawan & Hadi, 2021). Temperatur pada proses *roasting* turut memengaruhi kandungan *chlorogenic acid* yang berperan sebagai senyawa antioksidan, sehingga kondisi tersebut dapat berdampak pada kualitas biji kopi (Misto dkk., 2022).

2.4.1 Perpindahan Panas Secara Konduksi

Dalam konteks mesin *roasting* kopi tipe drum, panas ditransfer dari dinding drum yang telah dipanaskan menuju biji kopi yang bersentuhan secara langsung dengan permukaan tersebut. Proses ini memungkinkan energi panas berpindah secara bertahap ke dalam biji kopi. Akibatnya, suhu biji kopi akan meningkat secara perlahan seiring

dengan berlangsungnya proses penyangraian. Perpindahan panas secara konduksi ini sangat dipengaruhi oleh intensitas kontak antara biji kopi dan permukaan drum. Semakin sering biji bersentuhan dengan dinding drum, maka proses pemanasan akan semakin efektif. Oleh karena itu, perputaran drum juga berperan dalam mendukung distribusi panas melalui mekanisme ini.

2.4.2 Perpindahan Panas Secara Konveksi

Konveksi adalah mekanisme perpindahan panas yang berlangsung melalui pergerakan fluida, dalam hal ini berupa aliran udara panas di dalam ruang *roasting*. Udara panas yang dihasilkan oleh sumber pemanas akan bergerak dan bersirkulasi di dalam drum, sehingga mampu mentransfer panas ke biji kopi tanpa kontak langsung. Proses ini memungkinkan pemanasan terjadi secara lebih merata karena udara panas dapat menjangkau seluruh bagian biji kopi. Selain itu, sirkulasi udara yang baik juga membantu menjaga kestabilan suhu selama proses penyangraian berlangsung.

2.4.3 Perpindahan Panas Secara Radiasi

Radiasi merupakan mekanisme perpindahan panas yang terjadi melalui pancaran gelombang elektromagnetik tanpa memerlukan media penghantar. Dalam mesin *roasting* kopi, panas radiasi dihasilkan oleh sumber api atau elemen pemanas yang memancarkan energi panas ke arah permukaan drum serta biji kopi di dalamnya. Energi tersebut kemudian diserap oleh permukaan biji kopi dan berkontribusi terhadap peningkatan suhu selama proses penyangraian.

2.5 Fase Roasting

Terdapat 6 fase pada proses *roasting* yaitu, fase *dehidrasi*, fase pertengahan, fase *first crack*, fase *development*, fase *second crack*, fase *colling*.

2.5.1 Fase Dehidrasi (Pengeringan)

Fase dehidrasi merupakan tahap awal dalam proses penyangraian yang dimulai sejak biji kopi dimasukkan ke dalam mesin *roasting*. Sebelum proses tersebut berlangsung, drum terlebih dahulu dipanaskan (*preheat*) untuk memastikan bahwa energi panas yang tersimpan berada pada kondisi optimal. Pemanasan awal ini penting dilakukan agar proses penyangraian dapat berlangsung lebih efektif dan efisien. Pada tahap dehidrasi, dibutuhkan suplai panas yang cukup besar karena tujuan utamanya adalah mengurangi kadar air yang terdapat di dalam biji kopi. Panas yang berasal dari dinding drum kemudian diserap oleh biji kopi, sehingga air di dalamnya mengalami penguapan secara bertahap. Proses ini menjadi fondasi penting sebelum memasuki tahapan reaksi kimia berikutnya dalam *roasting*. Jika ditinjau berdasarkan indikator suhu, fase dehidrasi berlangsung sejak awal penyangraian hingga mencapai kisaran 140–150°C. Sementara itu, apabila dilihat dari perubahan fisik, fase ini ditandai dengan perubahan warna biji kopi menjadi putih kekuningan. (E. Susandi, 2019)

2.5.2 Fase Pertengahan

Fase pertengahan atau *nameless phase* merupakan tahap lanjutan dalam proses penyangraian ketika biji kopi mulai mengalami perubahan warna menjadi kecokelatan. Pada fase

ini, berlangsung reaksi Maillard yang berperan penting dalam pembentukan aroma dan cita rasa khas kopi. Reaksi tersebut melibatkan interaksi antara gula dan asam amino yang menghasilkan senyawa kompleks penyusun aroma. Selain itu, pada fase ini juga terjadi proses karamelisasi, yaitu pemecahan senyawa gula seperti fruktosa pada suhu sekitar 103°C, glukosa pada kisaran 146–150°C, dan sukrosa pada suhu sekitar 186°C. Secara umum, fase ini berlangsung pada rentang suhu mulai dari sekitar 150°C hingga mendekati terjadinya *first crack*, yang menjadi penanda transisi ke tahap berikutnya dalam proses *roasting*. (E. Susandi, 2019).

2.5.3 Fase *First Crack*

Fase *first crack* atau retakan pertama merupakan tahap penting dalam proses penyangraian, di mana biji kopi mengalami pengembangan volume secara signifikan akibat tekanan panas yang tidak lagi dapat ditahan di dalam struktur biji. Kondisi ini menyebabkan terjadinya retakan pada bagian tengah biji kopi yang ditandai dengan suara menyerupai letupan kecil, seperti kacang yang pecah. Fenomena ini umumnya terjadi pada kisaran suhu sekitar 165–190°C (E. Susandi, 2019). Pada saat fase ini berlangsung, biji kopi mulai melepaskan aroma manis yang menyerupai gula akibat reaksi kimia yang semakin intensif. Selain itu, warna biji juga berubah menjadi coklat yang lebih jelas dibandingkan tahap sebelumnya. Perubahan ini menandakan bahwa struktur internal biji kopi telah mengalami transformasi yang signifikan. Setelah

melewati akhir fase *first crack*, biji kopi umumnya telah mencapai tingkat kematangan *medium roast*.

2.5.4 Fase *Development*

Tahap ini merupakan bagian krusial dalam proses penyangraian karena sangat menentukan kualitas akhir kopi, baik dari segi rasa, warna, maupun tingkat kematangan biji. Fase ini umumnya berlangsung sekitar 2–4 menit setelah terjadinya *first crack*, atau ketika suara retakan tersebut sudah tidak lagi terdengar. Pada tahap ini, biji kopi mulai menampilkan profil aroma dan cita rasa yang lebih utuh sebagai hasil dari reaksi kimia yang telah berkembang selama proses *roasting*. Meskipun demikian, tujuan utama dari fase ini adalah untuk mengoptimalkan karakteristik khas dari masing-masing biji kopi. Karakteristik tersebut meliputi tingkat keasaman, kepahitan (*body*), serta rasa manis yang terbentuk secara alami. Pengaturan parameter seperti suhu dan durasi penyangraian menjadi kunci dalam mengontrol hasil akhir yang diinginkan. Pada fase ini pula, operator *roasting* menentukan warna akhir biji kopi serta tingkat kematangan yang akan dicapai, seperti *light roast*, *medium roast*, atau *dark roast*. Dengan demikian, tahap ini menjadi penentu utama dalam pembentukan profil sensori kopi secara keseluruhan.

2.5.5 Fase *Second Crack*

Fase *second crack* merupakan tahap lanjutan dalam proses penyangraian, di mana biji kopi kembali mengalami pengembangan akibat peningkatan tekanan internal. Pada fase ini, suara letupan yang dihasilkan cenderung lebih halus dibandingkan

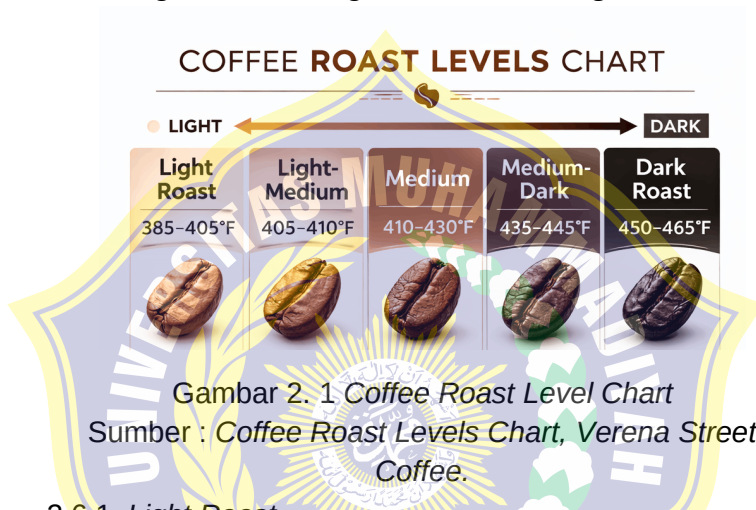
dengan fase *first crack*. Seiring dengan berlangsungnya proses ini, minyak alami yang terkandung di dalam biji kopi mulai keluar dan tampak pada permukaan biji. Kondisi tersebut menandakan bahwa tingkat penyangraian telah memasuki kategori yang lebih gelap. Meskipun demikian, pencapaian fase ini umumnya menyebabkan berkurangnya karakteristik unik dari biji kopi. Hal ini disebabkan oleh dominasi rasa hasil pemanggangan yang lebih kuat dibandingkan dengan profil asli biji kopi. Akibatnya, ketika diseduh, kopi cenderung menghasilkan cita rasa yang bersifat *smokey* atau bahkan menyerupai rasa gosong. Oleh karena itu, pengendalian proses *roasting* menjadi penting agar hasil akhir tetap sesuai dengan profil rasa yang diinginkan. (L. Brault, 2020).

2.5.6 Fase Pendinginan (*Cooldown*).

Proses pendinginan (*cooldown*) merupakan tahap akhir dalam penyangraian kopi yang dilakukan setelah biji kopi selesai diproses di dalam drum. Pada tahap ini, biji kopi dipindahkan ke *cooling tray* yang terdapat pada mesin roaster untuk segera diturunkan suhunya. Pendinginan ini bertujuan untuk menghentikan proses pemanggangan agar tidak berlanjut akibat panas yang masih tersimpan di dalam biji. Umumnya, biji kopi akan mencapai suhu mendekati suhu ruang dalam waktu sekitar tiga menit setelah dikeluarkan dari drum. Proses ini biasanya dibantu oleh aliran udara agar pendinginan berlangsung lebih cepat dan merata. Pendinginan yang efektif sangat penting untuk menjaga stabilitas rasa dan aroma yang telah terbentuk selama

roasting. Jika proses ini tidak dilakukan dengan baik, kualitas kopi dapat menurun akibat terjadinya pemanggangan berlebih. Oleh karena itu, tahap *cooldown* menjadi bagian penting dalam memastikan mutu akhir kopi tetap optimal.

2.6 Tingkat Kematangan Hasil *Roasting*



2.6.1 Light Roast

Pada tingkat *light roast*, biji kopi mengalami tingkat kematangan paling rendah dibandingkan dengan tingkat penyangraian lainnya. Proses pemanggangan pada tahap ini berlangsung relatif singkat sehingga belum menghasilkan aroma yang terlalu kuat. Secara visual, biji kopi akan berwarna coklat muda dan permukaannya tidak menunjukkan adanya lapisan minyak. Karakteristik utama dari *light roast* adalah tingkat keasaman yang lebih dominan, sehingga memberikan sensasi rasa yang lebih segar. Selain itu, profil rasa yang dihasilkan cenderung mempertahankan karakter asli biji kopi, seperti nuansa buah (*fruity*) atau bahkan sedikit rasa nabati (*vegetable*).

Tingkat kekentalan rasa atau *aftertaste* pada *light roast* biasanya lebih ringan dan tidak bertahan lama. Oleh karena itu, jenis *roasting* ini sering direkomendasikan bagi penikmat kopi yang ingin merasakan cita rasa asli dari biji kopi. Dalam kategori ini, terdapat beberapa istilah yang umum digunakan, seperti *Light City*, *Half City*, *Cinnamon Roast*, dan *New England Roast*. (Bahrumi, P.2022)

2.6.2 Light-Medium Roast

Light-medium roast coffee merupakan tingkat penyangraian yang berada di antara *light roast* dan *medium roast*, sehingga menghasilkan karakteristik yang berada di tengah keduanya. Pada tingkat ini, biji kopi umumnya berwarna cokelat muda dan belum menunjukkan adanya lapisan minyak di permukaannya. Proses penyangraian yang dilakukan memungkinkan karakter asli kopi tetap menonjol, terutama pada aspek rasa buah atau bunga yang dikenal sebagai *origin taste*. Selain itu, tingkat keasaman yang dihasilkan cenderung lebih seimbang dibandingkan *light roast*, sehingga tidak terlalu tajam namun tetap memberikan sensasi segar. Profil rasa pada tingkat ini sering dianggap lebih kompleks karena memadukan karakter asli biji dengan hasil pengembangan dari proses *roasting*. Hal ini menjadikan *light-medium roast* sebagai pilihan yang cukup populer di kalangan penikmat kopi. Dengan keseimbangan tersebut, tingkat sangrai ini mampu menghadirkan pengalaman rasa yang lebih harmonis dan mudah diterima. (Bahrumi, P.2022)

2.6.3 Medium Roast

Pada tingkat *medium roast*, aroma dari biji kopi yang telah disangrai mulai terasa lebih jelas dan

berkembang dibandingkan dengan tingkat penyangraian sebelumnya. Secara visual, warna biji kopi menjadi lebih gelap, menandakan adanya peningkatan intensitas pemanggangan. Pada tahap ini, kandungan gula alami di dalam biji kopi mulai mengalami proses karamelisasi, sehingga memberikan sentuhan rasa manis yang lebih terasa. Perubahan ini juga berkontribusi terhadap pembentukan profil rasa yang lebih kompleks. Tingkat *medium roast* dikenal memiliki keseimbangan yang baik antara rasa, aroma, dan keasaman, sehingga menghasilkan karakter kopi yang lebih harmonis. Selain itu, kekayaan rasa yang dihasilkan membuat jenis ini banyak diminati oleh berbagai kalangan penikmat kopi. Dalam praktiknya, tingkat penyangraian ini juga dikenal dengan beberapa istilah lain, seperti *Regular Roast*, *American Roast*, *City Roast*, dan *Breakfast Roast*. Dengan karakteristik yang seimbang, *medium roast* sering dianggap sebagai standar dalam menikmati cita rasa kopi secara optimal. (Bahrumi, P.2022)

2.6.4 Medium Dark Roast

Pada tingkat *medium dark roast*, biji kopi menghasilkan karakter rasa yang lebih kuat, kaya, dan terasa lebih intens dibandingkan tingkat *medium roast*. Profil rasanya cenderung lebih dalam dengan sedikit nuansa pedas yang mulai muncul akibat proses penyangraian yang lebih lanjut. Secara visual, warna biji kopi menjadi lebih gelap, dan lapisan minyak mulai tampak pada permukaannya sebagai hasil dari keluarnya minyak alami selama pemanggangan. (Bahrumi, P.2022)

2.6.5 Dark Roast

Pada tingkat *dark roast*, biji kopi menunjukkan warna yang jauh lebih gelap dibandingkan tingkat sebelumnya, yaitu cokelat tua yang mendekati kehitaman. Apabila proses penyangraian dilanjutkan melebihi titik ini, biji kopi dapat menjadi terlalu matang sehingga berpotensi menurunkan kualitas dan tidak baik untuk dikonsumsi. Pada tahap ini, minyak alami dari dalam biji kopi keluar dan membentuk lapisan yang cukup tebal di permukaannya. Secara sensorial, rasa kopi yang dihasilkan menjadi lebih dominan dengan karakter pahit yang kuat serta sedikit nuansa *smokey*. Intensitas rasa hasil pemanggangan pada tingkat ini cenderung menutupi karakter asli atau keunikan dari biji kopi itu sendiri. Selain itu, *dark roast* umumnya ditandai dengan terjadinya *second crack*, yang menjadi indikator bahwa proses *roasting* sudah mencapai tahap lanjut dan sebaiknya segera dihentikan. Tingkat ini juga menghasilkan body yang lebih kental, sehingga banyak diminati oleh penikmat kopi dengan preferensi rasa yang kuat. Dalam praktiknya, *dark roast* dikenal dengan berbagai sebutan, seperti *French Roast*, *Italian Roast*, *Coffee Roast*, *Continental Roast*, *New Orleans Roast*, dan *Spanish Roast*. Dengan karakteristik tersebut, *dark roast* menawarkan pengalaman rasa yang intens dan berani. (Bahrumi, P.2022)

2.7 Konsep putaran pada mesin *roasting* kopi

2.7.1 *Dynamo AC*



Gambar 2. 2 *Dynamo AC*

Sumber : <https://wiproshop.com>

Motor dinamo AC merupakan salah satu komponen utama pada mesin *roasting* kopi yang berperan sebagai penggerak untuk memutar tabung atau drum selama proses penyangraian berlangsung. Perangkat ini bekerja dengan mengonversi energi listrik arus bolak-balik (*alternating current/AC*) menjadi energi mekanik dalam bentuk gerakan putar. Putaran tersebut kemudian diteruskan melalui sistem transmisi, seperti *pulley*, sabuk (*belt*), atau *gearbox*, yang terhubung langsung dengan drum *roasting*. Melalui mekanisme ini, drum dapat berputar secara kontinu sehingga mendukung jalannya proses penyangraian.

Pada mesin *roasting* tipe drum, penggunaan motor AC dipilih karena memiliki sejumlah keunggulan teknis yang mendukung operasional mesin. Motor ini dikenal memiliki konstruksi yang relatif sederhana, sehingga lebih mudah dalam perawatan dan pengoperasiannya. Selain itu, motor AC mampu menghasilkan putaran yang stabil dan konsisten selama digunakan.

Rumus yang digunakan untuk menentukan daya motor menurut (Sularso & Suga, 1997:7) yaitu:

$$P = \frac{T \times n}{9.548} \quad (1)$$

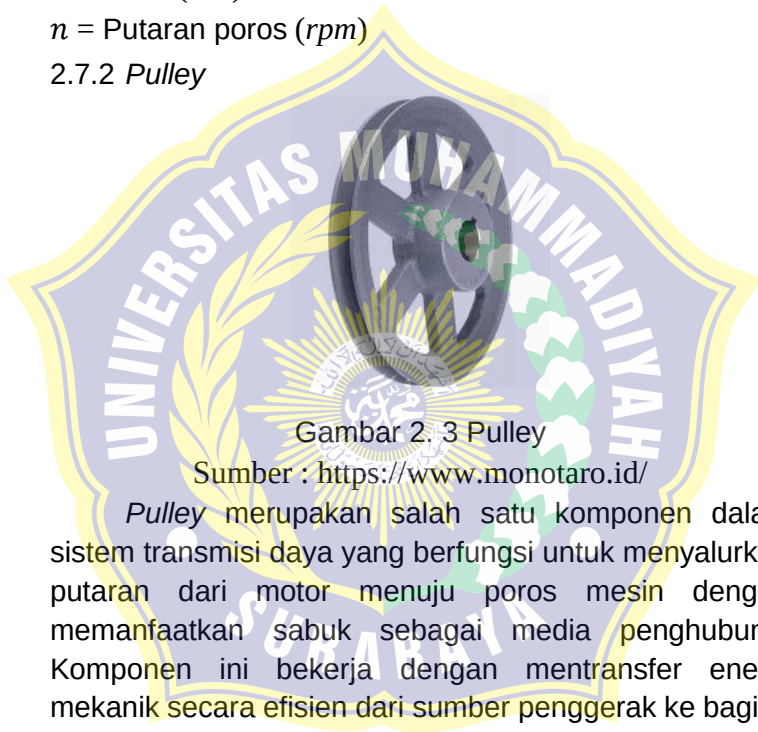
Dimana:

P = Daya (kW)

T = Torsi (Nm)

n = Putaran poros (rpm)

2.7.2 Pulley



Gambar 2. 3 Pulley

Sumber : <https://www.monotaro.id/>

Pulley merupakan salah satu komponen dalam sistem transmisi daya yang berfungsi untuk menyalurkan putaran dari motor menuju poros mesin dengan memanfaatkan sabuk sebagai media penghubung. Komponen ini bekerja dengan mentransfer energi mekanik secara efisien dari sumber penggerak ke bagian yang digerakkan. Salah satu aspek penting dalam sistem *pulley* adalah perbandingan diameter antara *pulley* penggerak dan *pulley* yang digerakkan. Perbandingan ini menentukan rasio kecepatan putaran yang dihasilkan pada masing-masing poros. (Sularso & Suga, 2018).

Hubungan antara kecepatan putaran (*RPM*) dan diameter *pulley*. (Khurmi, 1980:657)

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad (2)$$

Keterangan:

n_1 = Putaran puli 1 (*rpm*)

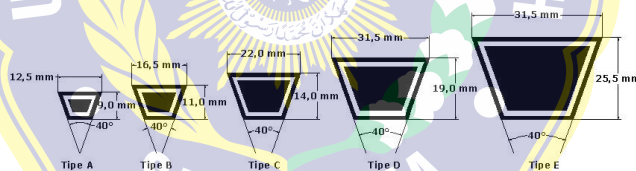
n_2 = Putaran puli 2 (*rpm*)

D_1 = Diameter puli 1
(*mm*)

D_2 = Diameter puli 2 (*mm*)

2.7.3 V- Belt

V-belt atau sabuk merupakan salah satu elemen transmisi yang berfungsi untuk menyalurkan daya dari satu poros ke poros lainnya dengan memanfaatkan pasangan *pulley*. Menurut Sularso (2018:164), variasi ukuran dan bentuk penampang sabuk-V berdasarkan tipenya dapat dilihat pada klasifikasi yang tersedia.



Gambar 2.4 Ukuran Sabuk-V

Sumber: <https://www.tneutron.net/industri/transmisi-sabuk-v-v-belt/>

Perhitungan-perhitungan yang digunakan untuk merencanakan sabuk-V menurut Sularso dan Suga (2018:166) adalah sebagai berikut:

➤ Kecepatan linier sabuk-V (*m/s*) adalah:

$$v = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot N}{60 \cdot 1000} \quad (3)$$

Keterangan:

v = Kecepatan linier sabuk V (m/s)

$D1$ = Diameter puli penggerak (mm)

N = Putaran puli penggerak (rpm)

➤ Panjang sabuk yang dibutuhkan:

$$L = 2X + 1,57 (D1 + D2) + \frac{(D2-D1)^2}{4x} \quad (4)$$

Keterangan:

L = Panjang keliling sabuk (mm)

$\pi = 3.14$

X = Jarak sumbu poros (mm)

$D1$ = Diameter puli kecil (mm)

$D2$ = Diameter puli besar (mm)

2.7.4 Poros

Poros merupakan salah satu elemen penting dalam sistem mesin yang berfungsi untuk mentransmisikan daya dan gerakan putar dari satu komponen ke komponen lainnya, sekaligus menahan beban puntir dan lentur yang timbul selama mesin beroperasi (Sularso & Suga, 2018).

Komponen ini memiliki peran krusial dalam menjaga kestabilan dan kontinuitas kerja mesin. Dalam aplikasinya pada mesin *roasting* kopi, poros berfungsi sebagai media penyalur putaran dari sistem transmisi, seperti motor, *pulley*, dan *belt*, menuju tabung *roasting*. Melalui mekanisme ini, tabung dapat berputar secara konsisten selama proses penyangraian berlangsung. Putaran yang stabil sangat penting untuk memastikan biji kopi mengalami pencampuran yang merata di dalam drum. Selain itu, poros juga harus mampu menahan

beban kerja yang dihasilkan selama proses *roasting* tanpa mengalami deformasi. Oleh karena itu, desain dan material poros perlu disesuaikan dengan kebutuhan operasional mesin.

Untuk merencanakan poros, hal-hal penting yang perlu diperhatikan menurut (Sularso & Suga, 2018:7) adalah momen puntir pada poros dan tegangan pada poros

Adapun rumus perhitungan poros sebagai berikut:

a) Momen puntir pada poros (T)

$$T = 9,74.10^5 \cdot \frac{P_d}{n_1} \quad (5)$$

Dimana:

T = Torsi (Nm)

P = Daya (kW)

n = Putaran poros (rpm)

b) Tegangan pada poros

▪ Tegangan geser

$$\tau = \frac{5,1.T}{d_s^3} \quad (6)$$

dimana:

(τ) = Tegangan geser (N/mm^2)

T = Momen puntir ($kg.mm$)

d_s = Diameter poros (mm)

▪ Tegangan geser yang diijinkan

$$\tau_a = \frac{\sigma_t}{Sf_1 \cdot Sf_2} \quad (7)$$

dimana:

τ_a = Tegangan geser yang diijinkan (N/mm^2)

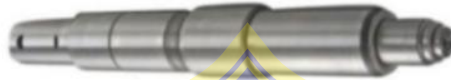
σ_t = Tegangan tarik

Sf_1 = faktor keamanan

Sf_2 = faktor keamanan

2.7.4.1 Macam-macam poros

a) Poros transmisi



Gambar 2. 5 Poros Transmisi

<https://kdmfab.com/id/jenis-poros-transmisi>

Poros transmisi atau yang lebih umum dikenal sebagai *shaft* merupakan salah satu komponen mekanis yang memiliki fungsi utama sebagai media penyalur daya dan putaran pada sistem mesin. Dalam pengoperasiannya, *shaft* bekerja dengan menerima serta meneruskan energi mekanik dari satu komponen ke komponen lainnya. Dalam sistem transmisi mekanik, daya yang disalurkan melalui *shaft* dapat diteruskan menggunakan berbagai elemen transmisi, seperti *gear*, *belt pulley*, maupun sprocket rantai.

b) Poros spindel



Gambar 2. 6 Poros Spindel

<https://kdmfab.com/id/jenis-poros-transmisi>

Poros spindle merupakan salah satu jenis poros transmisi yang memiliki ukuran relatif lebih pendek dibandingkan poros transmisi pada umumnya. Komponen ini banyak digunakan pada poros utama mesin perkakas,

seperti mesin bubut, mesin frais, maupun mesin gerinda, yang berfungsi untuk meneruskan putaran sekaligus mendukung proses pemesian secara presisi. Dalam pengoperasiannya, poros spindle umumnya menerima beban utama berupa beban puntiran akibat proses transmisi daya dan putaran dari motor penggerak menuju alat potong atau benda kerja.

c) Poros Gandar



Gambar 2. 7 Poros Gandar
<https://id.made-in-china.com>

Poros gandar merupakan jenis poros yang umumnya digunakan pada roda-roda kereta api barang sebagai penopang utama beban kendaraan dan distribusi gaya selama proses pergerakan berlangsung. Berbeda dengan poros transmisi lainnya, poros gandar pada dasarnya tidak dirancang untuk meneruskan daya sehingga dalam kondisi normal tidak menerima beban puntir. Pada beberapa aplikasi tertentu, poros gandar bahkan dibuat dalam keadaan tetap atau tidak ikut berputar, sedangkan roda yang terpasang pada poros tersebut dapat berputar secara bebas. Oleh karena itu, fungsi utama poros gandar lebih difokuskan sebagai elemen penyangga yang mampu menahan beban statis maupun dinamis selama kendaraan beroperasi.

2.7.5 Worm Gear



Gambar 2. 8 Worm Gear

<https://blog.wcbranham.com/worm-gears-regulate-speed>

Worm gear merupakan salah satu jenis sistem transmisi roda gigi yang digunakan untuk menyalurkan daya antara dua poros yang posisinya saling tegak lurus. Mekanisme ini bekerja melalui interaksi antara ulir (*worm*) dan roda gigi (*worm wheel*) sehingga memungkinkan perpindahan gerak putar dengan efisiensi tertentu. Salah satu keunggulan utama dari *worm gear* adalah kemampuannya menghasilkan rasio reduksi yang besar hanya dalam satu tahap transmisi. Hal ini menjadikannya sangat efektif untuk menurunkan kecepatan putar sekaligus meningkatkan torsi yang dihasilkan. Oleh karena itu, sistem ini banyak dimanfaatkan sebagai *speed reducer* pada berbagai jenis mesin industri. Selain itu, *worm gear* juga memiliki karakteristik operasi yang relatif halus dan mampu meredam getaran. Dalam beberapa aplikasi, sistem ini juga dapat bersifat *self-locking*, sehingga mencegah putaran balik pada kondisi tertentu. Dengan keunggulan tersebut, *worm gear* menjadi salah satu pilihan penting dalam perancangan sistem transmisi mekanik. (Budynas & Nisbett, 2020).

Perhitungan untuk mengetahui putaran *output* pada motor (Khurmi, 1980:657)

Putaran *Output* :

$$N_2 = \frac{N_1}{i} \quad (8)$$

Keterangan:

N_1 = Putaran input (*rpm*)

N_2 = Putaran *output* (*rpm*)

i = Rasio gear

2.7.6 Inverter



Gambar 2. 9 Inverter

<https://mitra-one.id>

Inverter merupakan perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengatur kecepatan putaran motor listrik AC dengan cara mengubah frekuensi serta tegangan listrik yang dialirkan ke motor. Melalui pengaturan ini, kinerja motor dapat disesuaikan dengan kebutuhan operasional secara lebih fleksibel. Dalam aplikasi pada mesin *roasting* kopi, *inverter* digunakan untuk mengendalikan kecepatan putar motor yang menggerakkan tabung atau drum *roasting*. Pengendalian tersebut memungkinkan proses penyangraian berlangsung dengan lebih stabil dan terkendali. Selain itu,

penggunaan *inverter* juga membantu meningkatkan efisiensi kerja mesin serta mengurangi potensi ketidakteraturan dalam proses pemanasan. Dengan adanya pengaturan kecepatan yang presisi, distribusi panas di dalam drum dapat berlangsung lebih merata.

2.8 Alat Ukur Parameter

Dalam sistem mesin *roasting* kopi, diperlukan beberapa alat ukur untuk memantau kondisi kerja mesin agar proses penyangraian berlangsung secara optimal. alat ukur yang digunakan adalah *tachometer* dan *pressure gauge*.

2.8.1 *Pressure gauge*



Gambar 2. 10 *Pressure Gauge*

Sumber : kobura mashinari <https://indoteknik.com>

Pressure gauge merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengetahui besarnya tekanan fluida dalam suatu sistem. Alat ini berperan penting dalam memastikan bahwa tekanan yang dihasilkan tetap berada pada kondisi yang aman dan sesuai dengan kebutuhan operasional. Dalam sistem bahan bakar gas, khususnya pada penggunaan *LPG*, *Pressure gauge* berfungsi untuk memantau tekanan gas yang keluar dari tabung. Informasi tekanan tersebut sangat diperlukan untuk menjaga kestabilan aliran gas menuju sistem pembakaran. Dengan tekanan yang terkontrol, proses

pembakaran dapat berlangsung secara lebih stabil dan efisien. Selain itu, pemantauan tekanan juga membantu mencegah terjadinya risiko seperti kebocoran atau tekanan berlebih yang dapat membahayakan. Oleh karena itu, penggunaan *Pressure gauge* menjadi komponen penting dalam menjaga keamanan dan kinerja sistem bahan bakar gas. (Pratama & Nugroho, 2020).

2.8.2 Tachometer



Gambar 2. 11 Tachometer

Sumber <https://www.monotaro.id/>

Tachometer merupakan alat ukur yang digunakan untuk menentukan kecepatan putaran suatu poros atau komponen yang berputar, yang umumnya dinyatakan dalam satuan *revolutions per minute (RPM)*. Perangkat ini banyak dimanfaatkan dalam pengujian maupun pengoperasian mesin untuk memantau performa komponen yang bergerak (Sularso & Suga, 2018). Dengan adanya alat ini, operator dapat mengetahui apakah kecepatan putaran berada dalam rentang yang diinginkan.

Pada mesin *roasting* kopi tipe drum, *tachometer* digunakan untuk mengukur kecepatan putaran tabung *roasting* selama proses penyangraian berlangsung. Pengukuran ini bertujuan untuk memastikan bahwa putaran drum sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.

