

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Mesin pemanggang kopi berkapasitas 1 kilogram, dengan pengaturan waktu dan suhu lebih murah daripada model sejenis yang ada di pasaran karena dibuat untuk memaksimalkan efisiensi perangkat pemanas. Tujuan dari desain mesin pemanggang kopi ini adalah untuk membuat prototipe yang berfungsi, memproduksinya secara komersial, dan mengevaluasi keefektifannya. Penulis membuat alat ini dengan menggunakan metode pendekatan desain James H. Earle, program CAD Solidworks, dan prosedur gambar mekanik berstandar ISO. Evaluasi konsep menghasilkan pemilihan komponen seperti motor DC 12 V dan pemanas bersirip berdaya 1500 W, dengan total biaya produksi sebesar Rp 4.296.912,32.

Pembuatan mesin ini secara efisien menghemat waktu dan biaya, seperti yang dikemukakan oleh Bahroin, (2018) Rancang Bangun Sistem Kontrol Suhu dan Putaran pada Mesin Penyangrai Kopi Semi Otomatis. Motor DC mesin sangrai kopi ini dikontrol menggunakan pulse width modulation (pwm), yang diimplementasikan melalui potensio pengatur putaran, tegangan catu daya, dan tegangan catu motor. Termokontrol, termokopel, katup selenoid, dan keran manual membentuk sistem pengaturan suhu. Mekanisme kontrol ini berfungsi optimal antara 30 dan 60 putaran per menit.

Pada putaran 60 RPM dan suhu 150 OC selama 25 menit, kadar air biji kopi berkurang 22% dan warna biji kopi Light Roast tercapai, dengan kinerja sistem kontrol ini mendapatkan variasi hasil sangrai yang mendekati standar kopi.

Jadi kata para peneliti di Daim dkk. (2021) Dengan menggunakan angka-angka berikut, kita dapat menentukan parameter optimal untuk mesin pemanggang kopi semi-otomatis dengan output 5 kilogram per jam: kapasitas mesin adalah 5 kg / jam, dan kecepatan putaran yang dihitung adalah 60 rpm. Perkiraan output motor adalah 58,9 watt. Mesin pemanggang kopi menggunakan motor penghapus 70 watt yang dipasangkan ke gerbox 180 rpm sebagai motor utamanya. Diameter roda gigi penggerak ( $d_1$ ) dan roda gigi yang digerakkan ( $d_2$ ) dari transmisi roda gigi lurus tertentu masing-masing adalah 30 mm dan 90 mm. Selain itu, jumlah gigi yang dipasang adalah sebagai berikut:  $Z_1 = 32$  gigi penggerak,  $Z_2 = 88$  gigi penggerak, dengan total 72 rpm pada rotasi output mixer. Pendekatan OPC (operation process chart) digunakan dalam pembuatan dan perakitan peralatan pemanggang kopi semi-otomatis, yang memungkinkan identifikasi jenis proses dan urutan produksi. Temuan berikut ini muncul dari uji kinerja mesin: Motor penghapus hanya membutuhkan 70 watt untuk memutar beban seberat 5 kilogram pada 72 putaran per menit. Gearbox roda gigi dapat mengurangi kecepatan dari 180 menjadi 72 putaran per menit. Unit kontrol untuk suhu dan kecepatan

putaran memungkinkan penyesuaian dalam kisaran 50 ° C hingga 250 ° C dan 10 rpm hingga 72 rpm, masing-masing.

Mesin Sangrai Kopi dengan Rotor Pengaduk Selain bahan-bahannya sendiri, metode yang digunakan untuk menyangrai biji kopi juga berperan dalam menentukan kualitas produk akhir sebagai bubuk kopi. Metode pemanggangan kopi dapat dibagi menjadi empat kategori: keterampilan operator, pencampuran biji kopi, suhu udara di dalam silinder pemanggang, sumber panas, dan prosedur pasca-pemanggangan (Imam Sof'i, 2020). Sebuah mesin sangrai dengan silinder stainless dan pengaduk berputar dibuat dengan menggunakan teknik ini. Tutup dan cerobong asap dipasang di bagian atas silinder. Kompor LPG sebagai sumber panas utama. Alat sangrai biji kopi yang sudah jadi berukuran 92 kali 62 kali 160 cm, dengan kapasitas silinder sekitar 40 kilogram. Balok, silinder, mixer, silinder penutup samping, input, outlet, silinder penutup atas, landasan pembakar, dan gearbox adalah bagian dari mesin sangrai. Hasil dari tiga pengujian terpisah menunjukkan kapasitas masing-masing 17,14 kg/jam, 24 kg/jam, dan 28,97 kg/jam. Konsumsi bahan bakar standar per jam adalah sekitar 1,5 kg, dan mixer memiliki kecepatan 40 rpm.

## **2.2 Pengertian Kopi**

Ada biji dalam tanaman kopi. Minuman yang terbuat dari biji kopi banyak dikonsumsi di Indonesia. Tanaman kopi berbentuk pohon, atau *Coffea spp*, adalah anggota keluarga Rubiaceae dan genus *Coffea*. Sebagai komoditas ketiga yang paling banyak diperdagangkan di dunia setelah minyak dan gas alam, kopi merupakan minuman berkafein yang menempati urutan ketiga setelah air putih dalam hal

konsumsi. Indonesia melihat kopi sebagai komoditas ekspor yang memungkinkan. Mayoritas kopi Indonesia ditanam di perkebunan yang dikelola oleh petani lokal. Biji kopi robusta dan arabika mendominasi produksi komersial. Menurut International Coffee Organization (ICO), Indonesia mengekspor 10.620.000 kantong kopi di tahun 2012, setara dengan 748.400 ton (atau 6,6% dari produksi global) dan menempatkan Indonesia pada posisi ketiga dalam hal produksi kopi, setelah Brasil dan Vietnam. Lebih dari 601 kiloton kopi Robusta dan lebih dari 147 kiloton kopi Arabika diproduksi dari total produksi tersebut. Sejak tahun 2018 (Situmeang).

Meskipun terdapat molekul pembentuk rasa (kandidat), biji kopi beras belum memiliki rasa kopi tradisional. Hanya ketika biji kopi dipanggang, rasa uniknya baru muncul. Pemanggangan memicu serangkaian reaksi kimia yang menghasilkan pengembangan rasa dan aroma khas kopi (Fithriyyah et al., 2020). Kualitas kopi yang dapat dilihat dan diukur disebut karakteristik (Fithriyyah et al., 2020). Pengolahan pascapanen memiliki peran penting dalam kualitas kopi. Kualitasnya akan berubah tergantung pada metode pengolahan yang digunakan, seperti yang dinyatakan oleh Soedibyo dkk. (2019). Buah kopi yang terkumpul dijemur di bawah sinar matahari dalam prosedur pengolahan kering. Mesin pengupas kopi popcorn digunakan untuk menghilangkan kulit dari buah kopi yang telah dikeringkan (Lestari Baso & Anindita, 2018).

### **2.3 Pengertian Mesin *Roasting* Kopi**

Mesin pemanggang kopi adalah alat untuk menyiapkan biji kopi matang untuk diproses lebih lanjut dengan memanaskan dan mencokelatkannya di dalam oven. Alat ini menghasilkan pemanasan yang seragam dengan memasukkan

produk ke dalam jumlah panas yang telah ditentukan dalam ruang pemanggangan yang berputar. Warna kopi berubah selama pemanggangan, berubah dari hijau atau cokelat muda menjadi cokelat kayu manis hingga hitam dengan permukaan berminyak. Segera setelah kopi berubah menjadi cokelat tua dan mudah retak, proses pemanggangan dihentikan dan kopi ditarik dan didinginkan (Imam Sofi'i, 2020).

Silinder pemanggang, pemanas, dan peralatan pemutar silinder adalah komponen yang paling vital. Tergantung pada tujuan alat tersebut, silinder dipanaskan hingga suhu tertentu dan diputar dengan kecepatan tertentu. Ketika silinder telah mencapai suhu dan kecepatan putar yang sesuai, kopi ditambahkan. Sementara itu, silinder masih dipanaskan dan diputar. Segera setelah kopi mencapai tingkat kematangan yang diinginkan, panas dimatikan dan kopi ditarik dan didinginkan. Dibutuhkan jumlah kopi yang berbeda dan alat pemanggang yang berbeda untuk mendapatkan tingkat kematangan yang sama selama proses pemanggangan (Sutuadi & Razali, 2022).

Pemanggangan kopi berdasarkan inspeksi visual terhadap warna dan permukaan. Kecerahan permukaan biji kopi telah dipelajari dalam kaitannya dengan pemanggangan online (Idkham, 2022). Warna dan luas permukaan biji kopi, misalnya, dapat diukur secara digital menggunakan analisis gambar. Namun, implementasinya dalam pemanggangan kopi terlalu menantang (Hernández et al., 2008). Para ahli pemanggang biji kopi masih melakukan eksperimen di laboratorium untuk mengukur warna (kecerahan), sebuah kriteria industri penting

yang digunakan untuk menentukan kualitas produk akhir (Winjaya, 2017). Menciptakan metode untuk mengukur kualitas produk secara real time sangat penting untuk menjaga semuanya tetap terkendali. Penelitian ini menyarankan sebuah strategi untuk penentuan kecerahan dan luas permukaan berbasis pemrosesan gambar secara online saat biji kopi dipanggang. Dengan menggunakan kamera video CCD dan sistem pencahayaan yang terdiri dari dua lampu sorot serat optik kecil, kecerahan dan perubahan luas permukaan yang dialami oleh biji kopi selama proses pemanggangan dievaluasi secara eksperimental (Winjaya, 2017).

Hernández dkk. (2008) melakukan penelitian pemanggangan dengan menggunakan pemanggang statis. Jaringan jaring digunakan untuk menahan biji kopi pada tekanan konstan, sehingga memungkinkan perpindahan panas yang efisien. Massa biji kopi yang dipanggang, suhu rata-rata udara, dan suhu rata-rata biji kopi itu sendiri dicatat. Gambar biji kopi dalam warna penuh juga dapat ditemukan secara online.

Durasi pemanggangan biji kopi dimodifikasi sehingga mencapai tingkat kecerahan yang diinginkan. Peneliti juga membangun basis data yang lebih komprehensif untuk data eksperimen, yang mencakup suhu, berat, warna, dan permukaan biji kopi. Semua ini tidak dapat diperoleh secara andal dalam kondisi industri dari parameter utama, meskipun tersedia basis data yang luas. Hasilnya, dari mesin industri hingga sensor pemanggangan yang diterapkan dengan algoritme, memungkinkan untuk menjelaskan hubungan antara berbagai faktor

kualitas dalam menentukan kualitas produk dan mengendalikan proses pemanggangan.

Biji kopi dapat dipanggang dengan menggunakan gelombang suara. Penggunaan gelombang suara untuk memanggang biji kopi telah menjadi subjek penelitian (Wilson, 2014). Untuk tujuan pengembangan sistem pemantauan pemanggangan otomatis, suara retak yang dihasilkan oleh biji kopi selama pemanggangan dikumpulkan dan dievaluasi (Winjaya, 2017). Biji kopi hijau seberat 0,23 kg dipanggang dalam mesin pemanggang biji kopi berkapasitas 0,45 kg menggunakan elemen pemanas listrik (1,6 kW) hingga terdengar bunyi retakan kedua. Kami menggunakan tripod untuk memasang alat perekam 35 cm dari alat pemanggang. Sistem perekaman dikalibrasi di ruang anechoic di University of Texas di Austin dengan menggunakan metode substitusi sehingga tekanan absolut akustik dapat dihitung. Respons frekuensi sistem perekaman diukur, dan ditemukan informasi dengan 2 dB dari 20 Hz hingga 40 kHz. Frekuensi kejadian retak pertama lebih rendah daripada frekuensi kejadian retak kedua pada pengukuran hitungan kualitatif kedua. Sepuluh sampel retakan secara acak diambil dari dua retakan pertama. Suara retakan dan suara panggang termasuk di antara kejadian-kejadian tersebut (Jokanovic et al., 2012).

#### **2.4 Pembuatan (*Manufacture*)**

Kata Latin manus (tangan) dan factus (membuat) membentuk akar kata bahasa Inggris "manufaktur". Manufaktur, dalam bahasa Inggris, berarti "dibuat dengan tangan" atau "dibuat secara manual" pada abad sebelumnya. Namun saat

ini, ketika orang berpikir tentang produksi, mereka melihat mesin dan komputer yang sedang bekerja (Czerny & Grosch, 2000).

Mereka yang membuat sesuatu. Manufaktur adalah bagian dari industri yang menggunakan mesin, peralatan, dan tenaga kerja manusia dalam hubungannya dengan media proses untuk menciptakan barang jadi. Frasa ini dapat diterapkan pada semua jenis usaha manusia, mulai dari tenaga kerja manual yang sederhana hingga produksi teknologi yang rumit, tetapi paling sering dikaitkan dengan sektor industri, di mana bahan mentah diproses menjadi produk jadi dalam skala besar. Untuk membuat produk yang lebih rumit, produsen harus memulai dengan komponen yang relatif sederhana. Baut, mur, pelat besi, dan masih banyak lagi merupakan contoh komponen sederhana yang dapat dibuat menjadi komponen yang lebih kompleks. Sekitar tahun 1980, Amerika Serikat menjadi pelopor dalam pengembangan teknik manufaktur modern. Fred W. Taylor melakukan pengujian dan analisis manufaktur paling awal ketika dia merilis makalah tentang pemotongan logam, yang berfungsi sebagai fondasi untuk pengembangan lebih lanjut dalam proses manufaktur oleh Myron L. Baggenstoss dkk. (2008) mengklasifikasikan proses-proses yang terlibat dalam pembuatan suatu produk ke dalam tiga kelompok besar.

1. Pertama, ada "operasi bentuk", yang melibatkan penggunaan berbagai teknik untuk mengubah bentuk awal bahan kerja. Pengecoran, penempaan, dan berbagai proses pemesinan seperti mesin bubut, giling, dan bor adalah contohnya.

2. Kedua, perlakuan yang meningkatkan kualitas fisik material tanpa mengubah bentuknya memberikan nilai tambah pada material tersebut.
3. Membersihkan, merawat, melindungi, dan melapisi bagian luar material adalah contoh-contoh pemrosesan permukaan.



## **2.5 Cara Kerja Mesin Sangrai Kopi**

Mesin pemanggang ini didasarkan pada gagasan bahwa pemanasan produk yang seragam dicapai dengan memutar ruang pemanggangan pada suhu yang telah ditentukan. Elemen pemanas gas adalah salah satu bentuk pemanas yang digunakan pada mesin sangrai, pada mesin ini, sistem kerjanya masih diatur oleh mesin penggerak yang dilengkapi dengan saklar dan pengatur waktu. Mesin pemanggang kopi dapat dipanaskan dengan suhu mulai dari nol hingga dua ratus derajat Celcius (Czerny & Grosch, 2000).

## **2.6 Komponen Utama Mesin Sangrai Kopi**

Silinder pemanggang dan rumah, tenaga penggerak, rangka, sumber panas, dan unit tempering adalah lima komponen utama dari mesin pemanggang tipe silinder horisontal (Frisullo et al., 2012).

### **2.6.1 Silinder**

Memanggang dapat dilakukan dalam wadah berbentuk silinder. Benda silinder menyerupai penggorengan tetapi berbentuk silinder. Baja dengan ketebalan 3 mm digunakan. Penggunaan bahan yang agak tebal dilatarbelakangi oleh keinginan untuk mencapai kestabilan termal. Silinder pada mesin pemanggang ini tidak hanya berputar seperti penggorengan seperti pada mesin pemanggang lain yang ada di pasaran. Silinder yang digunakan memiliki bentuk seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. 1 *Silinder* penyangrai

Untuk memastikan bahwa biji kopi yang dipanggang memiliki tingkat kematangan yang seragam di seluruh silinder, sangat penting untuk mencampurnya saat keluar dari mesin pemanggang. Pengaduk horizontal ini dibuat dari strip baja dengan ketebalan 1 mm.

### 2.6.2 Rangka

Setiap komponen mesin memiliki tujuan, seperti peran rangka sebagai sistem pendukung untuk seluruh rakitan, termasuk silinder. Biji kopi dipanggang di dalam silinder pemanggang. Ini adalah gambar rangka Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Rangka

### 2.6.3 Mesin Pengerak

Mesin yang disebut mesin pengerak sangat penting untuk proses pemesinan karena mesin ini menerapkan gaya mekanis pada komponen yang tidak bergerak untuk menciptakan gerakan dan memastikan pengoperasian komponen yang benar. Selain itu, terdapat klasifikasi mesin pengerak yang luas, yang

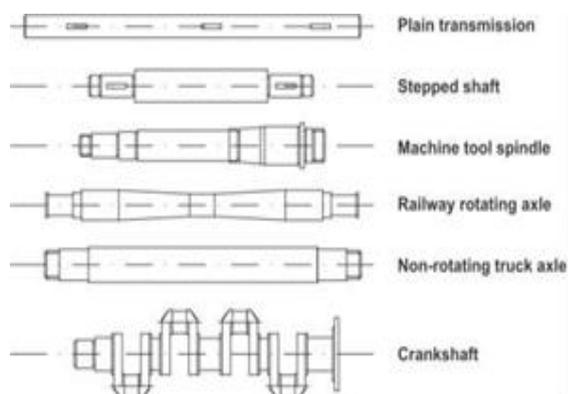
ditunjukkan pada Gambar 2.3 dan terdiri dari dua jenis mesin penggerak elektrik dan motor bakar.



Gambar 2. 3 Mesin Penggerak

#### 2.6.4 Poros

Roda gigi, katrol, poros engkol, soket, dan komponen pemindah rotasi lainnya dipasang pada poros, yang merupakan komponen stasioner yang berputar dengan penampang bundar. Poros tunduk pada beban yang dapat diterapkan secara tunggal atau kombinasi, seperti beban lentur, tarik, tekan, atau puntir. Salah satu komponen paling penting dari setiap mesin adalah poros. Hampir semua mesin berputar sambil mentransmisikan daya. Dalam gearbox seperti ini, poros memainkan peran utama, seperti yang terlihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Jenis jenis poros

Pembagian Poros:

a. Poros transmisi (*line shaft*)

Poros ini mengalami beban lentur dan puntir. Poros ini menerima transmisi daya dari kopling, roda gigi, katrol sabuk, rantai, dll.

b. Spindel (*spindle*)

poros pendek di mana beban utamanya adalah puntiran, sebagai poros utama mesin mesin. Poros ini harus memenuhi dua persyaratan: poros ini harus memiliki deformasi minimal dan dimensi yang tepat dalam bentuk dan ukuran.

c. Gandar (*axle*)

Gandar ini dipasang di antara roda kereta, jauh dari beban puntir dan tanpa putaran. Satu-satunya beban yang diterapkan pada gandar ini adalah beban lentur. kecuali jika penggerak utama menggerakkannya, dalam hal ini gandar tersebut juga akan mengalami beban puntir.

d. Poros (*shaft*)

Poros berputar yang mentransmisikan daya dari mesin ke mekanisme penggerak terpapar pada beban lentur dan beban punter murni.

e. Poros luwes

poros yang berfungsi sebagai transfer daya antara dua perangkat, dengan rotasi satu poros menciptakan sudut poros lainnya. Hampir tidak banyak daya yang dipertukarkan (Gloess et al., 2014).

### 2.6.5 Gearbox

*Gearbox* adalah alat khusus yang diperlukan untuk memodifikasi torsi (momen/daya) atau daya motor yang berputar. Gearbox juga dapat digunakan untuk mengubah output motor yang berputar menjadi lebih banyak daya.



Gambar 2.5 *Gearbox*

### 2.6.6 Sproket

Menurut Kreuml dkk. (2013), sproket adalah roda bergerigi yang dipasangkan dengan rantai, trek, atau benda panjang bergerigi lainnya. Tidak seperti roda gigi, sprocket tidak pernah cocok dan tidak pernah bersentuhan satu sama lain.



Gambar 2. 6 Sproket

### 2.6.7 Rantai

Daya dari poros lain dapat ditransfer melalui rantai melalui sproket yang berputar dengan kecepatan yang berbeda-beda. Daya dan rotasi ditransfer antara poros yang jauh melalui rantai. Rantai adalah rakitan bagian-bagian yang terhubung yang sering kali terdiri dari logam. Seperti tali, rantai bisa lurus, kokoh, dan menahan beban, selain fleksibel dan bengkok (Moon & Shibamoto, 2009).



Gambar 2. 7 Rantai

### 2.6.8 Bearing

*Bearing* adalah bagian dari mesin yang menahan poros pada posisinya sehingga gerakan bolak-balik dapat terjadi dengan mantap, aman, dan lancar. Posisi bearing yang kuat diperlukan agar elemen mesin dan poros dapat berfungsi sebagaimana mestinya karena adanya gerakan bearing terhadap poros (Oliveros et al., 2017). Dan ini adalah gambar Gambar 2.8 dari Bearing.



Gambar 2. 8 *Bearing*

1. Bantalan luncur, di mana poros dan bantalan meluncur karena permukaan bantalan dengan lapisan pelumasnya mendukung permukaan poros.

## **2.7 Proses Permesinan**

### **2.7.1 Pengeboran**

Mesin bor adalah mesin yang memiliki gerakan utama berputar yang tujuan utamanya adalah menggunakan mata bor sebagai alat untuk membuat lubang silinder pada benda kerja.

### **2.7.2 Pengerindaan**

Gerinda adalah proses penggunaan mesin gerinda untuk mengasah benda kerja agar permukaannya menjadi rata, menghaluskan hasil pemotongan, menghaluskan hasil pengelasan, dan menghasilkan lengkungan pada benda kerja yang bersudut. Motor listrik, roda gerinda, poros, dan komponen pendukung tambahan biasanya ditemukan dalam mesin gerinda.

### 2.7.3 Pembubutan

Alat mesin yang disebut mesin bubut digunakan untuk memotong benda yang berputar. Dengan menggunakan mesin bubut, teknik pemesinan pembubutan digunakan untuk membuat bagian-bagian mesin yang berbentuk silinder. Pengoperasiannya dapat disimpulkan sebagai berikut: pemesinan bagian luar mesin bubut datar atau benda silindris

- a. Menggunakan benda kerja yang berputar.
- b. Menggunakan alat potong dengan satu titik.
- c. Dengan menggerakkan pahat pada jarak tertentu yang sejajar dengan sumbu kerja untuk menghilangkan permukaan benda kerja.

Proses penyetelan permukaan adalah teknik bubut rata di mana sumbu benda kerja tegak lurus terhadap arah gerakan permukaan. Satu-satunya perbedaan antara proses bubut rata atas dan bubut tirus adalah gerakan pahat menciptakan sudut dengan benda kerja. Dengan cara yang sama, metode bubut quantar menghasilkan bentuk yang diperlukan dengan menyesuaikan kedalaman pemotongan. Meskipun proses bubut bermata potong jamak juga menggunakan pahat bermata potong tunggal, namun tetap disebut sebagai proses bubut karena setiap pahat pada dasarnya berfungsi sendiri-sendiri, sementara setiap pahat masih diatur secara individual. Berbagai macam ulir dengan berbagai ukuran dapat dibuat dengan memvariasikan rasio kecepatan putar benda kerja dan kecepatan translasi pahat. Gerakan putar benda kerja disebut sebagai gerakan pemotongan relatif, dan kecepatan translasi pahat disebut gerakan umpan ...

Mesin bubut mampu melakukan berbagai jenis operasi. Ini termasuk:

1. Pembubutan.
2. Pengeboran.
3. Pengerjaan tepi.
4. Penguliran.
5. Pembubutan tirus.
6. Penggurdian.
7. Meluaskan lubang.

#### **2.7.4 Pengerollan**

Menurut Strezov & Evans (2005), bending, yang juga dikenal sebagai pekerjaan mesin roll, adalah proses pembengkokan atau penekukan dengan menggunakan alat pembengkok manual atau mesin pembengkok. Proses ini melibatkan pemberian tekanan pada bagian tertentu dengan menggunakan dua buah roll, sehingga menyebabkan deformasi plastis pada bagian yang diberi tekanan. Untuk membuat produk dari bahan pelat, pembengkokan biasanya dilakukan pada pelat baja karbon rendah. Salah satu instrumen yang dibutuhkan untuk membuat tangki dan pipa adalah mesin roll bending atau roll plate. Dimana mesin roll ini mampu membuat gulungan berbentuk bulat dari plat. Roll bending adalah proses pembengkokan pelat logam yang dimasukkan ke dalam gulungan yang berputar untuk membuat bentuk melengkung yang biasanya berbentuk silinder atau lingkaran. Sampai poros dikembangkan, gulungan menekan dan membentuk pelat yang berputar secara konstan. Menurut Wei dan Tanokura (2015), mesin roll adalah alat yang mereduksi bentuk dan penampang benda kerja.

### 2.7.5 Pengertian Las Listrik

Listrik digunakan sebagai sumber panas dalam teknik penyambungan logam yang dikenal sebagai las busur listrik, atau las listrik. Dalam bisnis konstruksi, pengelasan digunakan secara luas untuk proyek-proyek sederhana dan kompleks, termasuk industri perkapalan, karoseri, dan jembatan. Menurut Oliveros dkk. (2017), pengelasan tidak hanya untuk membangun, tetapi juga dapat digunakan untuk menebalkan bagian logam yang sudah usang dan mengelas kekurangan logam dari coran.

Secara umum, pengelasan dapat didefinisikan sebagai tindakan menyatukan dua logam hingga mencapai titik rekristalisasi, dengan atau tanpa menggunakan bahan lain, dan menggunakan energi panas untuk melelehkan bahan yang dilas (Strezov & Evans, 2005).

#### a. Prinsip-Prinsip Las Listrik

Pada dasarnya, listrik digunakan sebagai sumber panas dalam pengelasan listrik yang melibatkan elektroda logam atau karbon. Tegangan listrik ( $E$ ) dikalikan dengan kuat arus ( $I$ ) dan waktu ( $t$ ) menghasilkan busur listrik yang terbentuk di antara ujung elektroda dan benda kerja yang dapat mencapai suhu yang cukup tinggi untuk melelehkan sebagian material.

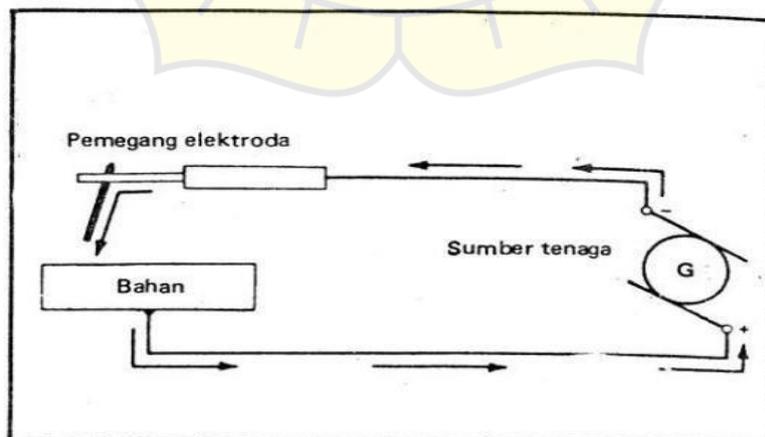
##### 1) Las listrik dengan elektroda karbon

Logam yang akan dilas akan dipanaskan dan dilelehkan oleh busur listrik yang terbentuk di antara ujung elektroda karbon dan logam atau di antara ujung-ujung elektroda karbon. Elektroda dengan fluks atau elektroda dengan fluks dapat digunakan sebagai bahan tambahan. Saat ini, salah satu teknik yang paling banyak digunakan untuk mengelas logam adalah pengelasan busur listrik dengan menggunakan metode elektroda terbungkus, yang melibatkan pembungkusan

elektroda logam dengan fluks. Logam induk dan ujung elektroda meleleh dan kemudian mengeras bersama sebagai akibat dari panas dari busur, menciptakan lasan busur listrik di antara keduanya.

## 2) Las listrik dengan elektroda berselaput

Bahan tambahan yang digunakan dalam pengelasan listrik ini adalah elektroda berselaput. Ujung elektroda dan sebagian dari bahan dasar dilelehkan oleh busur listrik yang terbentuk di antara keduanya. Selaput elektroda meleleh dan melepaskan gas yang melindungi busur, area las yang mengelilingi busur, ujung elektroda, dan kawah las dari kekuatan luar. Permukaan las akan ditutupi oleh membran elektroda cair yang telah membeku, memberikan perlindungan dari kekuatan luar. Tungsten adalah elektroda yang digunakan dalam pengelasan listrik TIG; ini bukan zat aditif. Sumber panas untuk pengelasan adalah busur listrik yang terbentuk di antara bahan dasar dan ujung elektroda tungsten. Elektroda wolfram tidak meleleh selama busur listrik karena titik lelehnya yang sangat tinggi, yaitu mencapai 34100 C. Menurut Wei dan Tanokura (2015), batang las memiliki nosel keramik yang menyemprotkan gas pelindung untuk melindungi daerah lasan dari pengaruh luar saat pengelasan.

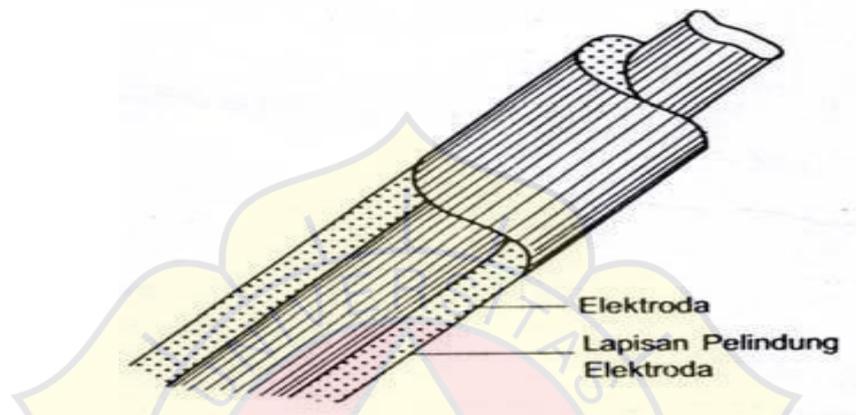


Gambar 2. 9 Sirkuit las listrik dengan elektroda berselaput.

(Fenoria Putri 2010)

b. Macam dan Jenis Elektroda

Pengelasan busur listrik membutuhkan penggunaan kawat las, atau elektroda, yang merupakan bahan tambahan selain berfungsi sebagai generator. Elektroda terdiri dari inti logam yang dilapisi lapisan bahan kimia.



Gambar 2. 10 Elektroda las. (Fenoria Putri 2010)

Elektroda terdiri dari dua jenis bagian yang berbeda: bagian yang tidak dilapisi yang berfungsi sebagai fondasi tang las dan bagian yang dilapisi (fluks). Dalam pengelasan, fluks, yang juga dikenal sebagai pelapis elektroda, berfungsi sebagai sumber elemen paduan, menstabilkan busur, dan melindungi logam cair dari udara untuk membentuk gas pelindung. Kawat elektroda pada dasarnya dipisahkan menjadi elektroda untuk baja lunak, baja karbon tinggi, baja paduan, besi tuang, dan logam non-besi jika dilihat dari logam yang dilas. Karakteristik bahan elektroda dan logam harus sebanding. Ketika mengelas baja karbon sedang dan tinggi, pilihan elektroda perlu dipelajari dengan cermat jika kekuatan las yang diinginkan sesuai dengan kekuatan material. Sistem standar American Society Testing Material (ASTM) dan American Welding Society (AWS) adalah

dasar untuk klasifikasi elektroda. Dengan arus pengelasan AC dan DC, elektroda tipe E6013 dapat digunakan di semua posisi pengelasan. Gigi akhir akan sangat halus, sehingga mudah untuk mengatur busur dan membersihkan terak yang mungkin terbentuk. Arti elektroda dengan kode E6013 untuk setiap huruf dan angka adalah sebagai berikut:

- E : Elektroda untuk las busur listrik
- 60 : Menyatakan nilai tegangan tarik minimum hasil pengelasan dikalikan dengan 1000 Psi
- 1 : Menyatakan posisi pengelasan, 1 berarti dapat digunakan untuk pengelasan semua posisi
- 3 : Elektroda dengan penembusan dangkal bahan dari selaput serbuk Rutil kalium dengan arus AC atau DC

Komposisi kawat selaput dan kawat inti elektroda berselaput yang digunakan dalam pengelasan busur listrik bervariasi. Kawat inti dapat dilapisi melalui destrukturisasi, penyemprotan, atau pencelupan. Kawat inti memiliki diameter standar 1,5 mm hingga 7 mm dan panjang 350 mm hingga 450 mm. Ada berbagai jenis membran fluksi pada elektroda, dengan persentase yang berbeda-beda untuk setiap jenis elektroda, termasuk selulosa, kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), titanium dioksida (rutil), kaolin, kalium oksida, mangan, oksida besi, serbuk besi, besi silikon, besi mangan, dan sebagainya. Tergantung pada jenis membran, ketebalan membran elektroda dapat bervariasi dari 10% hingga 50% dari diameter elektroda. Membran elektroda akan jatuh, meleleh, dan melepaskan gas  $\text{CO}_2$  selama proses pengelasan, melindungi busur listrik, cairan las, dan sebagian benda kerja dari udara sekitar. Udara luar yang mengandung N dan  $\text{O}_2$  dapat berdampak pada karakteristik fisik logam las. Terak, membran cair, akan

mengapung, mengeras, dan menutupi permukaan las yang dipanaskan. Pilihan elektroda ini didasarkan pada:

1. sifat dari bahan yang akan dilas
2. posisi pengelasan
3. tipe sambungan
4. jumlah pengelasan
5. kerapatan sambungan pengelasan
6. jenis arus yang tersedia

c. Arus pengelasan

Jumlah arus listrik yang mengalir keluar dari mesin las dikenal sebagai arus pengelasan. Alat-alat mesin las memungkinkan Anda untuk mengubah ukuran arus pengelasan. Diameter elektroda las dan jenis bahan harus dipertimbangkan saat menyesuaikan arus pengelasan. Arus yang terlalu besar dapat menyebabkan pengelasan melentur dan menghasilkan manik las yang terlalu lebar. Arus yang terlalu kecil akan menghasilkan penetrasi atau daya tembus las yang rendah..