BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Perancangan adalah kegiatan yang dilakukan untuk memecahakan masalah dengan menerapkan teknologi yang bertujuan untuk mendapatkan solusi terbaik. Perancangan suatu produk sangat dibutuhkan untuk membantu tugas-tugas manusia dalam melakukan proses pengerjaan agar didapat hasil yang optimal. Perancangan perlu memperhatikan efisiensi, kemudahan, biaya yang semurah mungkin, faktor keamanan, dan dapat memberikan kontribusi yang maksimal bagi kehidupan manusia.

Suarnadwipa (2008) melakukan penelitian berupa percobaan pengeringan dehumidifier pada jamur menggunakan sistem refrigerasi. Latar belakang dalam penelitian ini adalah pengawetan jamur masih menggunakan cara konvensional dan bermasalah pada kondisi cuaca. Pengeringan dehumidifier dapat dilakukan melalui pengamatan pada laju pengeringan material uji jamur, kemudian hasilnya akan dibandingkan dengan metode konvensional. Hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa sistem pengeringan dehumidifier lebih baik dari pada sistem konvensional dimana didapat kadar air cukup rendah dan kualitas tekstur tetap segar.

Susilo dkk (2012) melakukan penelitian yang difokuskan pada eksperimen melalui menggabungkan dua sumber energi menjadi satu pada mesin pengering produk pertanian. Latar belakang dari penelitian ini keinginan melakukan optimasi terhadap proses pengeringan produk pertanian dengan sumber daya yang ada di sekitar, karena selama ini proses peneringan menggunakan bahan bakar minyak dan listrik memerlukan biaya operasional yang mahal terutama bagi petani dan pengusaha dalam skala kecil. Penelitian bertujuan untuk menguji parameter teknis yang terkait dengan keragaan mesin pengering *hybrid* meliputi perubahan serta sebaran suhu dan *Relative Humidity* (RH) berdasarkan konveksi alami dan konveksi paksa menggunakan kipas mekanik. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sebaran suhu dan kelembaban terbaik pada mesin pengering *hybrid* menggunakan kipas dengan perlakuan panas matahari dan membutuhkan input energi listrik untuk membangkitkan konveksi

Sumardi (2008) mengatasi permasalahan pengeringan padi saat panen raya jatuh pada musim hujan di kabupaten Subang. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, hasil dari penelitian ini adalah sebuah ruangan penampung padi yang disembur oleh udara panas hasil dari kompor minyak dan kipas elektrik. Bentuk ruangan yang dipakai adalah persegi panjang dengan konstruksi dari kayu. Kipas yang digunakan digerakan oleh sebuah motor listrik melalui transmisi *v-belt*. Proses pengeringan dilakukan dengan cara menyemburkan udara panas dari bawah ruangan yang berisi gabah secara kontinyu dan operator mengaduk atau membalik gabah secara berkala.

Tahir (2009) melakukan Implementasi Mesin Pengering Berenergi Terbarukan *Hybrid* (Surya dan Biomassa) untuk menghasilkan produk jagung yang aman dan bermutu tinggi. Penelitian yang menggunakan metode rasional ini bertujuan untuk menurunkan biaya proses produksi dan memperkenalkan teknologi *hybrid* (gabungan antara energi surya dan biomassa) kepada masyarakat luas. Perancangan dilakukan dengan membuat sebuah mesin pengering jagung yang memanfaatkan energi panas matahari dan dipadukan dengan energi panas yang dihasilkan oleh pembakaran limbah tongkol jagung sebagai sumber energi untuk pengering pada mesin yang dirancang. Hasil dari penelitian menunjukan bahwa masyarakat tertarik dan antusias untuk memanfaatkan teknologi tersebut, namun mesin yang dirancang masih diperlukan perbaikan pada suplai bahan bakar untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

Widagdo (2009) merancang bangun mesin pengering untuk Pembudidayaan bunga rosela. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen. Hasil dari penelitian ini adalah prototipe yang dibuat. Proses pengeringan dilakukan dengan meletakan bunga rosela basah pada sebuah wadah yang lebar dan meniupkan udara hangat dari bawahnya secara vertikal keatas di satu area. Area yang terkena tiupan udara hangat terus berganti karena peniup yang bergerak secara kontinyu dan pada akhirnya semua area terkena tiupan secara bergiliran dengan berulangulang. Sementara itu dibagian atas bunga rosela ditiupkan udara kering kecara horisontal kesamping dengan tujuan membuang udara hangat yang lembab karena melewati bunga rosela basah.

Waskitho dkk (2011) merancang bangun mesin pengering padi. Metode yang digunakan adalah metode rasional. Permasalahan yang dihadapi adalah bagaimana merancang mesin pengering padi yang lebih ringkas, efektif dan efisien

dibandingkan pengeringan seara tradisional. Pengeringan padi dengan mesin yang sudah ada kurang maksimal karena panas yang dihasilkan tidak stabil dan memerlukan banyak pekerja. Energi panas dari mesin pengering padi lama menggunakan sumber panas yang berasal dari jerami dan kayu bakar sehingga dibutuhkan dalam jumlah yang besar. Hasil dari penelitian ini adalah rancangan mesin pengering padi berupa gambar 3D dan 2D dengan sistem padi ditempatkan pada sebuah tangki penampungan dan diaduk dengan *mixer*, sembari diaduk udara panas dari *blower* yang telah dilewatkan pada *air heater* dialirkan ke tangki penampungan, pemanasan akan selalu dijaga pada suhu 40° *celcius* dengan termocouple dan tekanan di dalam tangki dibatasi dibawah 1 bar dengan *single solenoid valve*.

Topik yang diangkat dalam penelitian sekarang adalah Perancangan Mesin Pengering Cengkeh di Kabupaten Kulon Progo. Mesin ini dirancang untuk membantu kelompok tani di kabupaten Kulon Progo provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dalam menyelesaikan permasalahan yang dihadapi yaitu terhambatnya proses pengeringan cengkeh pada musim hujan. Metode rasional dipilih untuk mewujudkan hasil rancangan yang diinginkan dimana mesin hasil rancangan harus dapat beroprasi tanpa mengandalkan bantuan sinar matahari, ringkas, dapat digunakan meskipun sedang terjadi hujan, dapat mengeringkan cengkeh lebih cepat tanpa mengurangi kualitas cengkeh yang dikeringkan dan murah dalam biaya pengadaannya. Langkah awal yang dilakukan adalah dengan melakukan studi lapangan di kabupaten Kulon Progo dengan metode observasi dan *interview*, selanjutnya data yang diperoleh akan diolah dan diwujudkan menjadi suatu perancangan mesin pengering cengkeh dengan metode rasional.

Perbedaan penelitian sekarang dan penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.1. berikut :

Tabel 2.1. Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

	(0000)	10000/ -: -1- F	(0000) - Francis 141	14(1-:4)	Penelitian sekarang
Deskripsi	Sumardı (2008)	i anir (2009)	Widagdo (2009)	Waskiino akk (2011)	(2013)
Masalah	Terhambatnya proses	Bagaimana	Belum adanya mesin	Belum efektifnya mesin	Belum adanya mesin
yang	pengeringan padi yang	menurunkan biaya	pengering bunga rosela	yang sudah ada untuk	yang sudah ada untuk pengering cengkeh yang
dihadapi	terjadi pada saat panen	proses produksi dan	dalam industri	proses pengeringan	pengeringan efektif di Kabupaten Kulon
•	raya padi jatuh pada	memperkenalkan	pembudidayaan bunga	cengkeh karena masih	Progo yang dapat
	musim penghujan di	hybrid terkait sumber	rosela	memerlukan banyak	mengeringkan cengkeh
	kabupaten Subang	energi alternatif		pekerja dan panas yang	tanpa terganggu faktor
				dihasilkan tidak stabil.	cuaca dan lahan
					pengeringan.
Obyek	Mesin pengering Padi	Mesin pengering	Mesin pengering bunga	Desain mesin pengering	Desain mesin pengering
penelitian		jagung	rosela	padi	cengkeh
Metode	- Eksperimen	- Rasional	- Eksperimen	- Rasional	-Rasional
Penelitian	- Interview			- Survey dan Interview	- Survey dan Interview
Tools	- Brainstorming	- Brainstorming	- Brainstorming	- Brainstorming	- Brainstorming
Penelitian	- Data eksperimen	- Data eksperimen	- Data eksperimen	- Autodesk Inventor	- Autodesk Inventor
	- AutoCad	- Autocad	- AutoCad	- AutoCad	- AutoCad
	- prototype	- Prototype	- Prototype		- QFD

Tabel 2.1. Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang (Lanjutan)

: 000	(900C) : Processing	Tobaco :: 45E	(000C) - FF-1M	Weekithe alsk (2044)	Penelitian sekarang
Deskripsi	Sumardı (2008)	i anir (2003)	Widagdo (2009)	Waskiillo akk (2011)	(2013)
Output	- Mesin pengering	- Mesin pengering	- Mesin pengering	- Gambar hasil	- Gambar hasil
penelitian	padi	jagung	bunga rosela	perancangan mesin	perancangan mesin
	- Gambar	- Gambar	- Gambar	pengering padi	pengering cengkeh
	- Hasil uji	- Hasil uji penelitian	- Hasil uji penelitian		yang terdiri dari disain
	penelitian				tiga dimensi, gambar
					kerja pembuatan mesin
					dan hasil analisis dari
					disain mesin pengering
					cengkeh
Outcome	Hasil penelitian	Hasil penelitian	Hasil penelitian	Hasil dari penelitian	Hasil penelitian dipakai
penelitian	dipakai untuk	membuat ketertarikan	dipakai untuk	digunakan untuk	untuk direalisasikan dalam
	membantu proses	dan antusiastisme	membantu proses	melanjutkan bentuk	bentuk nyata agar dapat
	pengeringan padi	masyarakat oleh	lanjutan	pembuatan desain dan	digunakan untuk
	petani	teknologi hybrid yang	pembudidayaan	perancangan mesin	membantu petani dalam
		diperkenalkan serta	bunga rosela	pengpengering padi	proses pengeringan
		mesin rancangan			cengkeh
		digunakan untuk			
		membantu proses			
		pengeringan jagung			

2.2. Dasar Teori

Pembuatan rancangan produk memerlukan data-data yang jelas, akurat dan diperoleh dari beberapa sumber yang dapat dipertanggungjawabkan. Data-data yang diperoleh sebagai dasar dalam pembuatan konsep rancangan, dan akan berpengaruh pada sistim kerja, konstruksi maupun sistim kontrol yang digunakan. Sumber dari data-data tersebut berasal dari buku-buku dan juga dari internet.

Konsep rancangan produk yang jelas dan akurat dibutuhkan untuk mendukung suatu rancangan produk. Dasar konsep perancangan mesin pengering cengkeh yang dipergunakan adalah sebagai berikut:

2.2.1. Metode Rasional

Metode rasional yang dikemukakan oleh Cross Nigel (1994) lebih sering dikenal dengan metode perancangan, karena metode rasional ini dapat mendorong pendekatan sistematis dalam teriadinya proses perancangan pengembangan. Pada dasarnya metode rasional dengan metode yang lain memiliki tujuan yang sama, misalkan memperluas ruang pencarian solusi atau memungkinkan pengadaan tim kerja dan grup pengambil keputusan. Metode rasional merupakan metode perancangan yang sistematis. tujuannya memperbaiki kualitas keputusan perancangan dan hasil akhir dari suatu produk. Metode rasional menggabungkan aspek procedural dari perancangan dan aspek structural dari masalah perancangan.

Proses perancangan dan metode-metode rasional yang relevan dan paling luas penggunaanya dapat diuraikan sebagai berikut :

a. Clarifying Objectives (Klarifikasi Tujuan)

Tahap pertama dari metode rasional merupakan tahapan yang penting dalam menjelaskan tujuan dari perancangan. Secara keseluruhan tahap ini sangat membantu untuk mendapatkan gagasan yang jelas dalam mencapai tujuan, meskipun tujuan-tujuan yang telah ditetapkan dapat berubah selama proses perancangan.

Metode yang digunakan dalam tahap perancangan ini adalah pohon tujuan (*Objectives Three*). Pohon tujuan menunjukan tujuan utama dan cara pencapaian

tujuan tersebut. Metode ini ditunjukan dalam suatu bentuk diagram dimana tujuantujuan yang berbeda dihubungkan satu sama lain, bersama dengan pola hirarki tujuan dan sub tujuan.

Langkah-langkah dalam pembuatan pohon tujuan adalah sebagai berikut :

- 1. Menyiapkan daftar tujuan perancangan
- 2. Tujuan perancangan dapat juga disebut kebutuhan konsumen dan fungsi produk itu sendiri. Daftar ini diambil dari ringkasan perancangan, dari pernyataan kepada konsumen dan dari diskusi tim perancang.
- 3. Menyusun daftar disusun berdasarkan tingkatan hirarki
- 4. Perluasan daftar tujuan dan sub tujuan akan membuat terlihat jelas adanya tingkat kepentingan yang lebih antara satu dengan yang lain. Semua ini akan dikumpilkan kedalam suatu tingkatan hirarki.
- 5. Menggambarkan diagram Objectives Three
- 6. Cabang-cabang pada pohon tujuan menunjukan hubungan yang mengusulkan bagaimana mencapai tujuan.

b. Establishing Functions (Penetapan Fungsi)

Analisis fungsi merupakan suatu analisis yang membantu untuk menemukan dan membatasi tingkatan permasalahan dimana penyelesaian dapat dipecahkan serta dihasilkan rancangan yang sesuai. Tujuan dari analisis ini adalah untuk menetapkan fungsi-fungsi yang diperlukan serta batasan sistem dari rancangan yang baru.

Poin utama dari metode ini adalah konsentrasi pada hal yang akan dicapai dari disain yang hendak dirancang, dan bukan bagaimana cara untuk mencapainya. Cara sederhana yang dilakukan untuk mengekspresikan hal ini adalah dengan menggunakan black box mengubah input menjadi output yang diinginkan.

Adapun langkah-langkah dalam menetapkan fungi adalah sebagai berikut :

- 1. Menentukan fungsi rancangan secara keseluruhandalam rangka konversi input menjadi output.
- 2. Membagi fungsi utama menjadi sub-sub fungsi.
- 3. Menggambarkan blok diagram yang menunjukan interaksi antar fungsi.
- 4. Menggambarkan batasan sistem (boundry system)
- 5. Menentukan komponen yang sesuai untuk setiap sub fungsi dan hubungan antar mereka.

c. Setting Requirements (Penetapan Spesifikasi)

Metode *performance specification* bertujuan untuk membuat spesifikasi akurat dari kebutuhan pelaksanaan suatu penyelesaian perancangan.

Langkah-langkah metode performance specification adalah sebagai berikut :

- Menimbang perbedaan tingkatan umum penyelesaian yang dapat diterima.
 Contoh ada beberapa pilihan antara alternatif produk, tipe produk, dan ciri produk.
- Menentukan tingkatan umum yang nanti akan dioperasikan. Keputusan ini bisa dibuat oleh klien. Tingkatan umum yang lebih tinggi memberikan kebebasan yang lebih untuk perancangan.
- 3. Mengidentifikasi atribut yang dibutuhkan. Atribut seharusnya diterangkan sebagai bentuk yang independen dari beberapa penyelesaian kasus.
- 4. Menyebutkan dengan tepat dan ringkas kebutuhan setiap atribut.

d. Determining Characteristics (Penentuan Karakteristik)

Penentuan spesifikasi produk seringkali mengalami konflik dan kesalahpahaman dalam suatu perancangan. Hal ini disebabkan karena terlalu berfokus dalam perbedaan penafsiran pada apa yang harus dispesifikasikan. Metode yang komperhensif untuk mencocokan permintaan konsumen dengan *engineering* characteristics adalah metode *Quality Function Deployment* (QFD) yang merupakan inti dalam proses disain.

Menurut Cohen (1937), *QFD* (pengembangan fungsi kualitas) adalah suatu metode untuk perencanaan dan pengembangan produk yang terstruktur yang memungkinkan team pengembangan untuk menentukan keinginan dan kebutuhan pelanggan dengan jelas, dan kemudian mengevaluasi produk atau melayani dengan kemampuan yang secara sistematik dalam pemenuhan keinginan pelanggan tersebut.

Pengembangan fungsi kualitas (*QFD*) merupakan suatu tindakan untuk mendisain proses terhadap tanggapan kebutuhan dan harapan pelanggan. Pengembagan Fungsi Kualitas (*QFD*) menterjemahkan apa yang menjadi keinginan konsumen. Hal ini memungkinkan organisasi/perusahaan untuk meperioritaskan kebutuhan pelanggan, menemukan tanggapan inovatif atas kebutuhan tersebut, dan meningkatkan proses sehingga tercapai efektivitas maksimum. Pengembangan

fungsi kualitas (*QFD*) adalah tindakan yang menuntun peningkatan proses yang memungkinkan dari suatu organisasi untuk memenuhi kepuasan pelanggan, Goetsch dan Stanley (1997).

Cross (1994) mengemukakan prosedur dalam pembentukan *Quality Function Deployment* (QFD) adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi keinginan konsumen terhadap atribut produk

Hal ini penting untuk dilakukan, dimana pada tahap ini suara konsumen dihargai dan kebutuhan konsumen yang tidak bersubyek ditafsirkan ulang pada tim desain. Proses pengidentifikasian ini dapat menggunkan diagram afinitas. Diagram ini digunakan untuk menunjukkan maslah utama. Diagram afinitas menempatkan dan menstrukstur masalah ketika situasi tidak jelas, tidak menentu dan tidak dapat diperkirakan (contoh; ketika maslah berhubungan dengan kejadian masa depan, keadaan yang tidak dikenal, atau pengalaman baru). Diagram afinitas dilakukan dengan mengumpulkan banyak kenyataan, pendapat, dan ide dalam lembar data verbal dan menyatukannnya menjadi satu diagram berdasarkan afinitasnya.

2. Menentukan beberapa atribut yang relatif penting

Teknik pemberian ranking/penempatan nilai dapat digunakan untuk membantu menentukan bobot relative yang harus disejajarkan dengan atribut lainnya. Biasanya digunakan persentase bobot.

3. Mengevaluasi produk pesaing

Nilai yang ditujukan oleh produk pesaing dan produk rancangan harus diarahkan untuk kebutuhan konsumen.

4. Menggambar matrik atribut produk beserta karakteristik teknisnya

Termasuk di dalamnya semua karakteristik teknis yang berpengaruh pada atribut produk dan memastikan bahwa hal tersebut adalah unit yang siap diukur.

5. Mengidentifikasi hubungan antara atribut produk dan karakteristiknya

Kekuatan hubungan dapat diidentifikasikan dengan simbol/angka. Penggunaan angka memiliki beberapa keuntungan, namun dapat menimbulkan sebuah keakuratan palsu.

- 6. Mengidentifikasi beberapa hubungan yang relevan diantara karkteristik teknis Bagian atap rumah dari *House of Quality* menyediakan daftar pengecekan, yang tergantung dari perubahan konsep desain.
- 7. Menentukan target yang digambarkan agar dapat mencapai karakteristik teknis yang diinginkan, hal ini dilakukan dengan menggunakan informasi dari produk pesaing atau percobaan konsumen.

e. Generating Alternatives (Pembangkitan Alternatif)

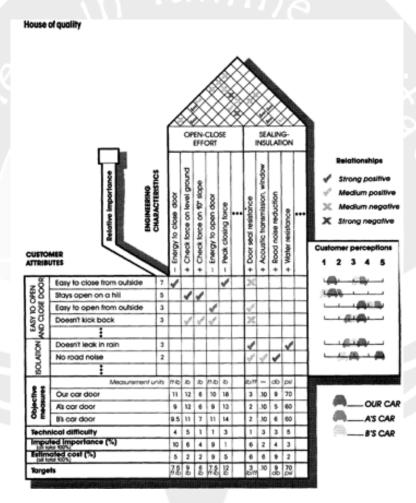
Tujuan utama metode ini adalah perluasan pencarian kemungkinan penyelesaian baru. Morfologi berarti studi tentang bentuk atau ukuran, jadi analisis morfologi adalah suatu usaha sistematis untuk menganalisa bentuk yang dapat diambil oleh suatu produk atau mesin, dan bagan morfologi adalah suatu rangkuman dari analisis ini.

Langkah-langkah yang dibutuhkan dalam pembuatan metode bagan morfologi adalah sebagai berikut :

- Menentukan daftar tampilan atau fungsi produk yang mendasar. Walaupun tidak terlalu panjang, daftar tersebut dapat secara luas mencakup fungsifungsi umum pada tingkat yang tepat.
- 2. Setiap daftar tampilan atau fungsi cara-cara yang mungkin dapat dicapai. Daftar ini belum dapat memasukan ide baru yang sama baiknya dengan pengealan komponen atau sub solusi yang ada.
- Menggambarkan suatu bagan yang mengandung semua sub solusi yang memungkinkan. Bagan morfologi mewakili ruang penyelesaian total produk, membuat kombinasi sub solusi.
- 4. Mengidentifikasi kombinasi sub solusi yang memungkinkan total nomer kombinasi yang mungkin dapat sangat besar maka pencarian strategis harus diarahkan dengan batasan atau kriteria.

Metode *Quality Function Deployment* (QFD) dalam prosesnya menggunakan *tool* yang disebut *House of Quality* (HOQ) untuk menghasilkan output yang sesuai dengan keinginan konsumen. HOQ memiliki cara atau proses untuk memenuhi keinginan konsumen dengan seluruh kekuatan dan kelemahan yang ada. Perancangan dimulai dengan melakukan riset untuk menentukan atribut produk spesifik yang diinginkan konsumen, derajat kepentingan relatif masing-masing

atribut dan menentukan persepsi pelanggan terhadap produk-produk pesaing dan produk perusahaan masing-masing untuk setiap atribut yang terkandung didalamnya. HOQ dapat diasumsikan menjadi sebuah bangunan rumah dengan sisi kiri merupakan keinginan konsumen. Dalam matrik rumah merupakan pertemuan antara bagaimana produk yang tersedia dengan keinginan konsumen, bagian atap merupakan pengembangan dari atribut atau hasil yang diperlukan. Variasi yang ada pada HOQ dapat digunakan untuk mengevaluasi bagaimana pesaing dalam memenuhi keinginan konsumen. Gambar dari HOQ dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.1. House of Quality untuk pintu mobil (Cross, 1995, pg 103)

f. Evaluating Alternative (Evaluasi Alternatif)

Alternatif-alternatif perancangan sudah dibuat dan permasalahan yang kemudian muncul adalah pemilihan alternatif yang baik. Metode yang digunakan adalah

weigted objectives (pembobotan objektif). Metode weigted objectives menyediakan peralatan untuk memperkirakan dan membandingkan alternatif perancangan yang menggunakan perbedaan pembobotan yang objektif. Tujuan metode ini untuk mengambil suatu keputusan alternatif dalam pengembangan alternatif-alternatif yang sudah ada. Pemilihan dilakukan berdasarkan jumlah dari skor dikalikan bobot yang menghasilkan angka terbesar.

Langkah-langkah yang dibutuhkan dalam pengerjaan metode weigted objectives:

- 1. Membuat daftar tujuan perancangan, dan *objective tree* dapat digunakan untuk membantunya.
- 2. Mengurutkan tingkat tujuan. Perbandingan menurut pasangan dapat membantu menyusun urutan tingkatan.
- 3. Menentukan pembobotan relatif tujuan. Nilai numeriknya harus dalam skala interval.
- 4. Menetapkan performasi parameter atau menyusun nilai kegunaan untuk setiap tujuan.
- 5. Menghitung dan membandingkan nilai kegunaan relatif perancangan alternatif. Alternatif terbaik akan memiliki skor terbesar.

g. Improving Detail (Penyempurnaan Perancangan)

Tahap ini mengevaluasi kembali hasil dari perancangan baik itu perancangan baru ataupun perancangan lama yang disempurnakan kembali.

Metode yang digunakan adalah *value engineering*. Metode ini berfokus pada nilai fungsional suatu produk dan bertujuan untuk meningkatkan perbedaan antara harga dan nilai suatu produk dengan cara mengurangi harga, menambah nilai ataupun keduanya.

Langkah-langkah dalam metode value engineering adalah sebagai berikut :

- 1. Membuat daftar komponen dari produk secara terpisah dan mengenali fungsi masing-masing komponen tersebut.
- 2. Menentukan nilai dari fungsi yang sudah diidentifikasi.
- 3. Menentukan harga dari komponen-komponen tersebut.
- 4. Mencari alternatif untuk mengurangi harga tanpa mengurangi nilai fungsi dari produk yang dihasilkan.
- 5. Mengevaluasi alternatif-alternatif tadi dan memilih perbaikan.

2.2.2. Tanaman Cengkeh

Tanaman cengkeh (*Syzigium aromaticum* atau *Eugenia aromaticum*), dalam bahasa ingris disebut *cloves*, adalah tangkai bunga kering beraroma dari suku *Myrtaceae*. Cengkeh adalah tanaman asli Indonesia, banyak digunakan sebagai bumbu masakan pedas di negara-negara Eropa dan sebagai bahan utama rokok kretek khas Indonesia. Cengkeh juga digunakan sebagai bahan dupa di Tiongkok dan Jepang. Minyak cengkeh digunakan di aroma terapi dan juga mengobati sakit gigi. Cengkeh ditanam terutama di Indonesia (Kepulauan Banda) dan Madagaskar, juga tumbuh subur di Zanzibar, India, dan Sri Langka (Anonima, 2013).

Pohon cengkeh merupakan tanaman tahunan yang dapat tumbuh dengan tinggi mencapai 10-20 m, mempunyai daun berbentuk lonjong yang berbunga pada pucuk-pucuknya. Tangkai buah pada awalnya berwarna hijau, dan berwarna merah jika sudah mekar. Cengkeh akan dipanen jika sudah mencapai panjang 1,5-2 cm. Tumbuhan ini adalah flora identitas provinsi Maluku Utara, pohonnya dapat tumbuh tinggi mencapai 20-30 m dan dapat berumur lebih dari 100 tahun. Tajuk tanaman cengkeh umumnya berbentuk kerucut, piramid atau piramid ganda, dengan batang utama menjulang keatas. Cabang-cabangnya amat banyak dan rapat, pertumbuhannya agak mendatar dengan ukuran relatif kecil jika dibandingkan batang utama. Daunnya kaku berwarna hijau atau hijau kemerahan dan berbentuk elips dengan kedua ujung runcing. Daun-daun ini biasa keluar setiap periode dalam satu periode ujung ranting akan mengeluarkan satu set daun yang terdiri dari dua daun yang terletak saling berhadapan ranting daun secara keseluruhan akan membentuk suatu tajuk yang indah (Soenardi, 1981).

Standar mutu cengkeh yang umum berlaku di Indonesia adalah (Anonima, 2013): Ukuran: Sama rata, Warna: Coklat kehitaman, Bau: Tidak apek, Bahan asing maksimum: 0,5-1,0%, Gagang maksimum: 1,0-5,0%, Cengkeh rusak maksimum: 0%, Kadar air maksimum: 14,0%.

Tanaman cengkeh mulai berbunga pada umur 4.5 sampai 8 tahun tergantung dari jenis dan lingkungannya. Bunga ini merupakan bunga tunggal, berukuran kecil panjang 1-2 cm dan tersusun dalam satu tandan yang keluar dari ujung-ujung ranting, setiap tandan terdiri dari 2-3 cabang. Bakal bunga biasanya keluar setelah pasangan daun kelima dari satu set daun termuda telah dewasa atau mencapai ukuran normal fase ini disebut fase mepet tua, bakal bunga ini kadang-kadang keluar setelah daun pertama, kedua, atau ketiga tidak lagi membentuk bakal daun,

tetapi langsung membentuk bakal bunga fase ini disebut fase mepet muda, bakal bunga ini bisa dibedakan dari bakal daun yaitu bakal bunga berwarna hijau, berujung tumpul, dan ruas dibawahnya sedikit membengkak sedangkan bakal daun berwarna merah dan berujung lancip (Agus, 2004).

Bakal bunga keluar pada musim hujan (Oktober-Desember) bila bakal bunga mulai keluar dan kekurangan sinar matahari mendung terus menerus atau terjadi penurunan suhu malam sampai di bawah 17 °C, maka bakal bunga akan berubah menjadi bakal daun sehingga ranting tersebut gagal menghasilkan bunga. Hal semacam ini bisa terjadi pada saat bakal bunga mulai berbentuk cabang. Apabila lingkungannya baik bakal bunga akan berkembang membentuk cabang-cabangnya dalam waktu 1-2 bulan, bila cabang-cabang telah terbentuk dari ujung cabang terakhir akan keluar kuncupkuncup bunga yang disebut ukuran kecil, fase ini disebut dengan sebutan mata yuyu, selanjutnya dalam waktu 5-6 bulan setelah itu (April-Juli), bunga telah matang dan siap untuk dipetik (Soenardi, 1981).

Bunga cengkeh yang tidak dipetik pada saat matang dalam waktu beberapa hari akan mekar biasanya pada pagi atau sore hari beberapa saat sebelum atau setelah mekar bunga akan segera mengadakan penyerbukan sendiri atau silang melalui bantuan angin atau serangga (Danarti dan Najiyati, 1991).

Kandungan komposisi kimia dan Nutrisi cengkeh ditunjukan pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Bunga Cengkeh (Salim, 1975)

Komponen	Bunga cengkeh basah	Bunga cengkeh kering
Komponen	Eks. Indonesia %	Eks. Zanzibar %
Kadar air	75.1	5.0 - 8.3
Kadar abu	1.6	5.3 - 7.6
Kadar minyak atsiri	5.2	14.0 - 21.0
Kadar fixed oil & resin	0.8	5.0 - 10.0
Kadar protein	0.2	5.0 - 7.0
Kadar serat kasar	7.6	6.0 - 9.0
Kadar tannin	-	10.0 - 18.0

<u>Tabel 2.3 Komponen Nutrisi dalam 100 gr Bunga Cengkeh (Tainter dan Grenis, 1993)</u>

Komponen	USDA (bubuk)	ASTA
Air (gr)	6,86	5
Food energy (Kcal)	323	430
Protein (gr)	5,98	6,0
Lemak (gr)	20,06	14,5
Karbohidrat (gr)	61,22	68,8
Abu (gr)	5,88	5,0
Ca (gr)	0,646	0,7
P (mg)	105	110
Na (mg)	243	250
K (mg)	1.102	1.200
Fe (mg)	8,68	9,5
Thiamin (mg)	0,115	0,11
Riboflamin (mg)	0,267	
Niacin (mg)	1,458	1,5
Asam askorlat	80,81	81
Vit. A (RE)	53	53

Indonesia banyak sekali ditemukan tipe-tipe cengkeh yang satu sama lain sulit sekali dibedakan, misalnya tipe ambon, raja, sakit, indari, dokiri, afo dan tauro. Perkawinan antara berbagai tipe ini membentuk tipe-tipe baru sehingga tipe-tipe cengkeh di Indonesia sangat sulit digolongkan. Cengkeh di Indonesia dapat digolongkan menjadi 4 yaitu: si putih, sikotak, Zanzibar dan ambon. Dengan pertimbangan bahwa tipe sikotak mirip dengan Zanzibar dan siputih mirip dengan tipe ambon, maka pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri saat ini hanya memusatkan perhatian pada tipe Zanzibar dan tipe ambon, sifat masingmasing tipe cengkeh itu adalah sebagai berikut:

a. Cengkeh si putih

Daun cengkeh si putih berwarna hijau muda (kekuningan) dengan helaian daun relatif lebih besar. Cabang-cabang utama yang pertama mati sehingga percabangan seolah baru dimulai pada ketinggian 1.5 -2 m dari permukaan tanah, cabang dan daun jarang sehingga kelihatan kurang rindang mahkota berbentuk bulat dan agak bulat, relatif lebih besar dari sikotak dengan jumlah pertandan kurang dari 15 kuntum (Soenardi, 1981).

Bila bunganya masak tetap berwarna hijau muda atau putih dan tidakberubah menjadi kemerahan, tangkai bunganya relatif panjang, mulaiberproduksi pada umur 6.5 sampai 8.5 tahun, produksi dan kualitas bunganya rendah (Soenardi, 1981).

b. Cengkeh si kotak

Daun cengkeh si kotak mulanya berwarna hijau muda kekuningan kemudian berubah menjadi hijau tua dengan permukaan atas licin dan mengkilap, helaian daunnya agak langsing dengan ujung agak membulat, cabang utama yang pertama hidup, sehingga percabangan kelihatan rendah sampai permukaan tanah. Ruas daun dan cabang rapat merimbun, mahkota bunga berbentuk piramid atau silindris, bunganya relatif kecil dibanding dengan si putih bertangkai panjang antara 20-50 kuntum pertandan, mulai berbunga pada umur 6.5 sampai 8.5 tahun bunganya berwarna hijau ketika masih muda dan menjadi kuning saat matang dengan pangkal berwarna merah, adaptasi dan produksinya lebih baik dari pada si putih tetapi lebih rendah dari zanzibar dengan kualitas sedang (Danarti dan Najiyati, 1991).

c. Cengkeh Zanzibar

Tipe ini merupakan tipe cengkeh terbaik sangat dianjurkan karena adanya adaptasi yang luas, produksi tinggi dan berkualitas baik, daun mulanya berwarna merah muda kemudian berubah menjadi hijau tua mengkilap pada permukaan atas dan hijau pucat memudar pada permukaan bawah, pangkal tangkai daun berwarna merah bentuk daunnya agak langsing dengan bagian terlebar tepat di tengah, ruas daun dan percabangan sangat rapat merimbun, cabang utama yang pertama hidup sehingga percabangannya rapat dengan permukaan tanah dengan sudut-sudut cabang lancip (kurang dari 45 °C) sehingga mahkotanya berbentuk kerucut, tipe ini mulai berbunga pada umur 4.5 sampai 6.5 tahun sejak disemaikan,

bunganya agak langsing bertangkai pendek ketika muda berwarna hijau dan menjadi kemerahan setelah matang petik percabangan bunganya banyak dengan jumlah bunga bisa lebih dari 50 kuntum pertandannya (Soenardi, 1981).

b. Cengkeh Ambon

Tipe cengkeh ini tidak dianjurkan untuk ditanam karena produksi dan daya adaptasinya rendah kualitas hasil yang kurang baik, daun yang muda berwarna ros muda atau hijau muda (lebih muda dari Zanzibar), daun yang tua permukaan atasnya berwarna hijau tua dan kasar sedang permukaan bawah berwarna hijau keabu-abuan, daunnya agak lebar kira-kira 2/3 kali panjangnya, cabang dan daunnya jarang sehingga tampak kurang rimbun, mahkotanya agak bulat atau bulat bagian atas agak tumpul sedang bagian bawah agak meruncing, cabang-cabang utamanya mati sehingga seolah percabangannya mulai dari ketinggian 1.5 sampai 2 m tipe ini mulai berbunga pada umur 6.5 sampai 8.5 tahun sejak di semai bunganya agak gemuk dan bertangkai panjang berwarna hijau saat muda dan kuning saat matang petik, percabangan bunganya sedikit dengan jumlah bunga kurang dari 15 kuntum pertandan (Agus, 2004).

2.2.3. Elemen Konstruksi Mesin Pengering Cengkeh

Perhitungan elemen konstruksi mesin diperlukan dalam merancang suatu produk. Khususnya dalam perancangan ini, yaitu untuk merancang mesin pengering cengkeh dibutuhkan perhitungan gaya dan beban, kekuatan bahan, dan elemenelemen mesin. Rumus yang digunakan untuk menghitung elemen konstruksi mesin diambil dari Gieck, K.,1989, TechnisheFormelsammlung, ed. 29, Gieck Verlag, Gernering adalah sebagai berikut:

a. Perhitungan Gaya dan Beban

Perhitungan gaya dan beban mencakup perhitungan beban dari seluruh part pendukung mesin dan material cengkeh basah yang ditumpu oleh rangka mesin pengering cengkeh.

Rumus umum yang digunakan yaitu :

Pembebanan gaya tegak lurus penampang, digunakan rumus :

$$\sigma = \frac{F}{A} \qquad (3.1)$$

Pembebanan gaya sejajar penampang, digunakan Rumus:

$$\mathbf{T} = \frac{F}{A} \qquad (3.2)$$

Dimana : F = gaya(N)

A = luas Penampang (m²)

Dari kedua rumus tersebut dapat diturunkan untuk menghitung gaya-gaya yang terjadi. Sedangkan untuk menghitung beban dari material cengkeh basah beserta tangki penampungnya, dapat dihitung dengan rumus:

$$G = 9.81 \text{ V } \rho \dots (3.3)$$

Dimana: G = gaya berat (N)

 $V = Volume (cm^3)$

 ρ = massa jenis (kg / cm³)

b. Perhitungan Poros

Perhitungan poros meliputi poros transmisi dan poros penyangga.

Untuk perhitungan poros penyangga, digunakan rumus :

$$d = \sqrt[3]{\frac{10Mb}{\sigma b_{\text{zul}}}} \qquad (3.4)$$

d = diameter poros penyangga (mm)

Mb = momen bengkok (Nmm)

 σb_{zul} = batas tegangan bengkok (N/mm²)

Untuk perhitungan poros transmisi, digunakan rumus :

$$d = \sqrt[3]{\frac{5Md}{\sigma t}}$$
 (3.5)

d = diameter poros transmisi (mm)

Md = momen puntir (Nmm)

 σt_{zul} = batas tegangan puntir (N/mm²)

Untuk perhitungan poros dengan beban gabungan, digunakan rumus :

$$d = \sqrt[3]{\frac{10Mv}{\sigma b_{\text{zul}}}} \qquad (3.6)$$

d = diameter poros (mm)

Mv = momen gabungan (Nmm)

 σb_{zul} = batas tegangan bengkok (N/mm²)

c. Perhitungan Bantalan

Bantalan diperlukan untuk menopang beban dan menjaga posisi dari elemen konstruksi lain yang berputar, terutama poros penyangga dan poros transmisi. Bantalan dibagi menjadi dua jenis menurut sifat gerakannya, yaitu bantalan luncur dan bantalan gelinding. Menurut arah beban yang ditopang, bantalan dibagi menjadi dua, yaitu bantalan radial dan aksial.

Bantalan luncur memiliki sifat tidak peka terhadap beban kejut dan goncangan, karena bantalan luncur memiliki beban penopang dan bidang pelumasan yang lebar. Bantalan luncur juga mampu digunakan sampai kecepatan putaran yang tidak terbatas.

Bantalan gelinding mudah dalam perawatan, karena ukuran yang telah distandarisasi sehingga mudah diganti. Bantalan gelinding sangat peka terhadap beban kejut, terutama pada posisi diam atau ketika berputar lambat (n<20 rpm). Bantalan gelinding memiliki umur pakai dan tinggi angka putaran yang terbatas.

Untuk menghitung umur pakai dari bantalan digunakan rumus :

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^{q} \tag{3.7}$$

L = umur pakai (10⁶ putaran)

C = angka beban (N)

P = faktor beban (N)

q = faktor bentuk bantalan

d. Perhitungan Sabuk

Sabuk merupakan salah satu bentuk sistem transmisi. Tenaga/daya/momen puntir ditransmisikan dari poros yang satu ke poros yang lain melalui sebuah sabuk yang melilit pada puli yang terpasang pada poros tersebut.

Untuk menghitung panjang sabuk, dapat digunakan rumus berikut ini :

$$L_{wr} = 2 \cdot L_a \cdot \cos\alpha + \frac{\pi}{2} \cdot (dw_1 + dw_2) + \frac{\pi \cdot \alpha}{180^{\circ}} \cdot (dw_2 - dw_1) \cdot \dots (3.8)$$

Dimana:

L_{wr} = panjang Sabuk (mm)

L_a = jarak poros (mm)

dw₁ = diameter puli kecil (mm)

dw₂ = diameter puli besar (mm)

2.2.4. Komponen Standart

a. Material Stainless Steel

Baja tahan karat atau *stainless steel* sendiri adalah paduan besi dengan minimal 12% kromium. Komposisi ini membentuk *protective layer* (lapisan pelindung anti korosi) yang merupakan hasil oksidasi oksigen terhadap krom yang terjadi secara spontan. Tentunya harus dibedakan mekanisme *protective* layer ini dibandingkan baja yang dilindungi dengan *coating* (misal seng dan *cadmium*) ataupun cat.

Kategori *Stainless Steel* didasarkan pada kandungan krom (Cr), namun unsur paduan lainnya ditambahkan untuk memperbaiki sifat-sifat *Stainless Steel* sesuai aplikasi-nya. Kategori *Stainless Steel* tidak halnya seperti baja lain yang didasarkan pada persentase karbon tetapi didasarkan pada struktur metalurginya. Lima golongan utama *Stainless Steel* adalah *Austenitic*, *Ferritic*, *Martensitic*, *Duplex* dan *Precipitation Hardening Stainless Steel*.

1. Austenitic Stainless Steel

Austenitic Stainless Steel mengandung sedikitnya 16% Chrom dan 6% Nickel (grade standar untuk 304), sampai ke grade Super Autenitic Stainless Steel seperti 904L (dengan kadar Chrom dan Nickel lebih tinggi serta unsur tambahan Mo sampai 6%). Molybdenum (Mo), Titanium (Ti) atau Copper (Co) berfungsi untuk meningkatkan ketahanan terhadap temperatur serta korosi. Austenitic cocok juga untuk aplikasi temperature rendah disebabkan unsur Nickel membuat Stainless Steel tidak menjadi rapuh pada temperatur rendah.

2. Ferritic Stainless Steel

Kadar *Chrom* bervariasi antara 10,5 – 18 % seperti *grade* 430 dan 409. Ketahanan korosi tidak begitu istimewa dan relatif lebih sulit di fabrikasi / *machining*. Tetapi kekurangan ini telah diperbaiki pada *grade* 434 dan 444 dan secara khusus pada *grade* 3Cr12.

3. Martensitic Stainless Steel

Stainless Steel jenis ini memiliki unsur utama Chrom (masih lebih sedikit jika dibanding Ferritic Stainless Steel) dan kadar karbon relatif tinggi misal grade 410 dan 416. Grade Stainless Steel lain misalnya 17-4PH/ 630 memiliki tensile strength tertinggi dibanding Stainless Steel lainnya. Kelebihan dari grade ini, jika dibutuhkan kekuatan yang lebih tinggi maka dapat di hardening.

4. Duplex Stainless Steel

Duplex Stainless Steel seperti 2304 dan 2205 (dua angka pertama menyatakan persentase Chrom dan dua angka terakhir menyatakan persentase Nickel) memiliki bentuk mikrostruktur campuran Austenitic dan Ferritic. Duplex ferritic-Austenitic memiliki kombinasi sifat tahan korosi dan temperatur relatif tinggi atau secara khusus tahan terhadap Stress Corrosion Cracking. Meskipun kemampuan Stress Corrosion Cracking-nya tidak sebaik ferritic Stainless Steel tetapi ketangguhannya jauh lebih baik (superior) dibanding ferritic Stainless Steel dan lebih buruk dibanding Austenitic Stainless Steel. Sementara kekuatannya lebih baik dibanding Austenitic Stainless Steel (yang di annealing) kira-kira 2 kali lipat. Sebagai tambahan, Duplex Stainless Steel ketahanan korosinya sedikit lebih baik dibanding 304 dan 316 tetapi ketahanan terhadap pitting coorrosion jauh lebih baik (superior) dubanding 316. Ketangguhannya

Duplex Stainless Steel akan menurun pada temperatur dibawah – 50 °C dan diatas 300 °C.

5. Precipitation Hardening Steel

Precipitation hardening Stainless Steel adalah Stainless Steel yang keras dan kuat akibat dari dibentuknya suatu presipitat (endapan) dalam struktur mikro logam. Sehingga gerakan deformasi menjadi terhambat dan memperkuat material Stainless Steel. Pembentukan ini disebabkan oleh penambahan unsur tembaga (Cu), Titanium (Ti), Niobium (Nb) dan alumunium. Proses penguatan umumnya terjadi pada saat dilakukan pengerjaan dingin (cold work) (Abdurrachman dkk, 2008).

b. Motor Listrik

Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya, memutar *impeller* pompa, *fan* atau blower, menggerakan kompresor, mengangkat bahan, dll. Motor listrik digunakan juga di rumah (*mixer*, bor listrik, *fan* angin) dan di industri. Motor listrik kadangkala disebut "kuda kerja" nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri.

Gear motor merupakan perpaduan dari motor AC dan reducer. Hal ini bertujuan untuk memperlambat putaran. Dalam pemakaiannya disesuaikan dengan perbandingan putaran yang diinginkan. Motor AC adalah motor listrik yang digerakkan oleh arus bolak-balik. Ini terdiri dari dua bagian utama, bagian diam yang disebut stator dan bagian bergerak yang disebut rotor (UNEP, 2006). Stator mempunyai kumparan yang disertakan dengan arus bolak-balik untuk menghasilkan medan magnet yang berputar. Pada rotor melekat batang output yang diberi torsi oleh medan berputar.

Motor AC ada dua jenis, tergantung pada jenis rotor yang digunakan. Pertama adalah motor sinkron, yang berputar tepat pada frekuensi *supply*. Medan magnet pada rotor baik dihasilkan oleh arus yang disampaikan melalui slip cincin atau oleh magnet permanen. Tipe kedua adalah motor induksi, yang mengubah sedikit lebih lambat daripada motor sinkron.

c. Blower

Kipas atau *fans* mampu menghasilkan aliran udara dengan volume tinggi dan tekanan rendah, sangat berlawanan dengan kompresor yang menghasilkan tekanan tinggi dengan volume yang relatif rendah. Kipas atau *fans* dibedakan menjadi 3 tipe yaitu *axial*, sentrifugal, dan *crossflow*.

Blower termasuk dalam tipe centrifugal fans. Sering disebut "kandang tupai" (karena kesamaan dalam penampilan untuk latihan roda untuk tikus peliharaan) atau "gulir kipas". Kipas sentrifugal memiliki komponen yang bergerak (disebut impeller) yang terdiri dari poros pusat, satu set bilah, diposisikan secara khusus. Centrifugal fans meniup udara pada sudut kanan asupan kipas angin, dan berputar mengeluarkan udara keluar ke output (dengan defleksi dan gaya sentrifugal). Impeller berputar, menyebabkan udara masuk ke kipas dekat poros dan bergerak tegak lurus dari poros ke lubang di casing kipas yang berbentuk gulir. Sebuah kipas sentrifugal menghasilkan lebih banyak tekanan untuk volume udara.

d. Heater

Pemanas atau *heater* adalah sebuah objek yang memancarkan panas atau menyebabkan material atau bahan mencapai suhu yang lebih tinggi. Dalam pengaturan rumah tangga atau domestik, pemanas biasanya peralatan yang tujuannya adalah untuk menghasilkan pemanasan (yaitu kehangatan). Pemanas ada untuk semua zat, antara lain zat padat, cair dan gas (asro, 2009).

Pemanas yang dipakai memiliki daya 350 watt dan memiliki fungsi untuk mengeringkan padi. Proses pengeringan yang dimaksud adalah menurunkan kadar air pada padi atau gabah kering giling. Panas yang dihasilkan oleh *heater* dialirkan melalui udara yang dihembuskan *blower*. Pemilihan *type* U pada *heater* supaya lebih efektif pada saat pemakaian. Hal ini disebabkan karena lintasan pemanas lebih panjang sehingga proses pemanasan lebih efisien.

2.2.5. Perhitungan Waktu Permesinan

a. Mesin Frais (Milling)

Proses *milling* menghasilkan permukaan yang dataratau bentuk profil pada ukuran yang ditentukan dan kehalusan atau kualitas permukaan yang ditentukan. Penggolongan mesin *milling* menurut jenis penamaannya disesuaikan dengan posisi *spindle* utamanya dan fungsi pembuatan produknya. Jenis-jenis mesin *milling* antara lain : mesin *milling* horisontal, mesin *milling* vertical, mesin *milling* universal, plano *milling*, *copy milling*.

Perhitungan waktu efektif pengerjaan di mesin *milling* dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$L = la + l + lu$$
(3.10)

Dimana: Th = waktu pengerjaan efektif mesin milling (menit)

L = panjang langkah (mm)

i = frekuensi pemakanan

s = kecepatan pemakanan (mm/putaran)

la = panjang langkah awal (mm)

I = panjang benda kerja (mm)

lu = panjang langkah akhir (mm)

b. Mesin Bubut (*Turning*)

Mesin bubut mencakup segala mesin perkakas yang mengerjakan benda-benda berbentuk silindris. Meskipun mesin ini terutama disesuaikan dengan pengerjaan silindris, tetapi dapat juga untuk mengerjakan bentuk-bentuk lain misalnya untuk membuat segi enam, bujur sangkar, dengan pengerjaan yang khusus. Contoh benda kerja hasil dari proses pembubutan antara lain : Baut, poros, *spindle, ring,* gardan, *bush,* dll.

Bermacam-macam benda yang dibubut dapat dibedakan menurut proses pengerjaanya. Pengerjaan pada bagian luar benda kerja disebut *outsite turning*, sedangkan pengerjaan pada bagian dalam disebut *inside turning*.

Perhitungan waktu efektif pengerjaan di mesin bubut dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$T h = \frac{L.i}{f.n}$$
 (3.11)

Dimana: T h= waktu pengerjaan efektif mesin bubut (menit)

L = jarak tempuh pahat (mm)

i = frekuensi pemakanan

f = kecepatan pemakanan (mm/putaran)

n = kecepatan putaran mesin (rpm)

c. Las Busur Listrik

Las busur listrik adalah cara menyambung logam dengan cara menggunakan panas nyala busur listrik yang diarahkan ke permukaan logam yang akan disambung.

Prinsip pengelasan busur listrik dapat dijelaskan sebagai berikut : dengan menyentuhkan singkat elektroda logam pada bagian benda kerja yang akan dilas, berlangsung hubungan singkat, maka arus listrik yang kekuatannya tinggi mengalir, setelah pengangkatan elektroda dari benda kerja, terbentuk busur cahaya diantara elektroda dengan benda kerja.

Suhu busur cahaya yang demikian tinggi akan melelehkan ujung elektroda dan bidang pengelasan. Didalam rentetan yang cepat partikel elektroda menetes, mengisi penuh celah sambungan las dan membentuk kepompong las. Proes pengelasan itu sendiri terdiri atas hubungan singkat yang terjadi sangat cepat akibat pelelehan elektroda yang terus-menerus menetes.

Gerakan-gerakan elektroda pada pengelasan antara lain:

Gerakan turun sepanjang sumbu elektroda

Gerakan ini dilakukan untuk mengatur jarak panjang busur agar tetap terjaga, hal tersebut disebabkan karena busur pada ujungnya mencair secara terusmenerus sehingga terjadi pemendekan.

Gerakan ayunan elektroda
 Gerakan ini diperlukan untuk mengatur lebar jalur las yang dikehendaki.

