

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

### 2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian tentang desain ulang produk pada industri manufaktur furnitur seperti yang akan dikerjakan dalam penelitian ini, membutuhkan beberapa telusuran penelitian yang berhubungan dengan topik yang dibahas, yaitu keselamatan kerja, mesin *circular table saw*, dan penggunaan metode rasional. Berikut beberapa hasil penelitian sebelumnya yang sudah ditelusuri oleh peneliti sampai ditemukannya sebuah celah baru yang dibahas oleh peneliti.

#### 2.1.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian untuk meningkatkan tingkat keselamatan kerja operator mesin *circular saw* dilakukan oleh Baranski dkk (2018) yang melakukan penelitian untuk merancang sebuah sistem pembuangan tatal kayu untuk menghindari potensi gangguan pernafasan operator. Penelitian ini membandingkan dua desain awal sistem hisap tatal pada aspek suhu, tekanan udara, dan kecepatan aliran udara. Hasil dari penelitian ini adalah sebuah rancangan sistem hisap baru yang merupakan kombinasi dari dua desain awal tersebut.

Rybakowski dan Bachman (2014) melakukan penelitian untuk mengurangi potensi kecelakaan kerja pada pengoperasian mesin *circular saw* di aspek kebakaran. Hasil dari penelitian ini adalah penggunaan sensor arus yang akan memberi sinyal pemakaian daya berlebih sehingga *buzzer* akan berbunyi. Hal ini bertujuan untuk menghindari daya dan panas berlebih di area mesin yang berpotensi menimbulkan kebakaran apabila terjadi kontak dengan api hasil pemotongan kayu. Penelitian yang dilakukan oleh Sonkar dkk (2016) menggunakan *modified disc brake* untuk mengerem putaran puli motor. Hal ini bertujuan agar bilah dapat langsung berhenti saat motor dimatikan. Namun ide ini memiliki potensi kerusakan mesin karena putaran motor induksi tidak dapat dihentikan dengan paksa. Hasil lainnya adalah penggunaan sensor inframerah untuk mendeteksi posisi tangan operator. Apabila tangan operator terlalu dekat dengan bilah, maka motor akan mati dan *saw* berhenti berputar. Sangole dkk (2018) menggunakan kamera dalam mendeteksi kulit tangan operator. Penelitian ini menangkap gambar dan gerakan dari operator dengan menggunakan kamera. Gambar lalu diolah oleh mikrokontroler yang menggunakan sistem kendali MATLAB. Jika kamera menangkap gambar kulit,

maka mikrokontroler akan mengirim sinyal untuk mematikan motor. Kelemahan dari penelitian ini adalah belum adanya algoritma yang sesuai untuk memperoleh hasil yang diinginkan.

Perancangan dengan metode rasional dilakukan oleh Kurnianingtyas dan Heryawan (2018) untuk merancang alat potong kulit bahan baku tas. Hasil perancangan ini adalah penurunan waktu proses pemotongan kulit sebesar 26,264%. Penelitian yang dilakukan oleh Putriningtyas (2018) mampu mempercepat waktu proses pembelahan bambu sebesar 26,66%. Prasetyo (2014) melakukan perancangan mesin pengering cengkeh dengan metode rasional dan menghasilkan rancangan mesin yang sesuai dengan permintaan konsumen dan memiliki spesifikasi khusus sesuai dengan tujuan penggunaannya.

### 2.1.2. Penelitian Sekarang

Penelitian yang dilakukan sekarang bertujuan untuk merancang sebuah mesin *table circular saw* yang dapat meminimalisir potensi kecelakaan kerja dan dapat diaplikasikan pada CV Semar Gallery. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan pemilik dan operator, potensi kecelakaan kerja yang kritis adalah posisi operator saat pemotongan material, di mana tangan operator berada sangat dekat dengan bilah. Hal ini juga telah mengakibatkan terjadinya kecelakaan kerja yang mengganggu kelancaran proses produksi di CV Semar Gallery. Proses pemotongan kayu dengan menggunakan mesin *table circular saw* di CV Semar Gallery ditampilkan pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1. Posisi Kerja Operator Pemotongan**

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebuah rancangan mesin *table circular saw* yang aman dan nyaman bagi operator pemotongan di CV Semar Gallery, dan dapat menghilangkan potensi kecelakaan kerja bagi operator. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode rasional. Metode ini memungkinkan rancangan yang dihasilkan akan sesuai dengan kebutuhan para penggunanya. Dengan metode ini, maka sistem rancangan yang baru akan dapat diketahui setelah melalui proses pengumpulan dan analisis data.

## **2.2. Dasar Teori**

### **2.2.1. Perancangan**

Kristanto dan Saputra (2011) mendefinisikan perancangan sebagai proses yang berawal dari adanya kebutuhan manusia akan suatu alat yang kemudian dibuat dengan berdasarkan pada sebuah gambar hasil rancangan. Hasil rancangan akan menjadi produk yang dapat memenuhi kebutuhan manusia. Perancangan akan menentukan tiga hal penting, yaitu biaya pembuatan produk, kualitas produk, dan waktu penyelesaian produk.

Nur dan Suyuti (2018) menjelaskan prosedur umum dalam perancangan mesin sebagai berikut.

- a. Merangkum masalah perancangan, tujuan perancangan, dan usulan dari mesin yang akan dirancang.
- b. Memilih mekanisme yang dapat digunakan dalam mesin tersebut.
- c. Menganalisis gaya pada bagian mesin dan komponen.
- d. Memilih material yang sesuai.
- e. Menentukan dimensi mesin dengan berpatokan pada hasil analisis gaya dan kekuatan material.
- f. Memodifikasi ukuran dengan menggunakan data masa lalu.
- g. Menggambar setiap komponen dengan detail.
- h. Memproduksi komponen sesuai dengan gambar yang dibuat.

### **2.2.2. Metode Perancangan**

Cross (2005) secara garis besar mengklasifikasikan metode perancangan menjadi 2 jenis, yaitu metode kreatif dan metode rasional.

#### **a. Metode Kreatif**

Metode ini digunakan untuk merangsang munculnya gagasan kreatif dengan membuka pintu sebesar-besarnya untuk masuknya ide-ide baru dan

menghilangkan batas-batas kreativitas. Metode ini memiliki dua jenis, yaitu *brainstorming* dan sinektik.

i. *Brainstorming*

Metode ini digunakan untuk mengumpulkan ide sebanyak-banyaknya meskipun beberapa ide tersebut nantinya akan dibuang. Harapannya akan muncul beberapa ide yang akan digunakan dalam perancangan. Biasanya metode ini melibatkan 4-8 orang dari latar belakang yang berbeda dan tingkat pemahaman terhadap topik yang akan dirancang juga berbeda.

ii. Sinektik

Metode ini hampir sama dengan *brainstorming*, namun para anggota tim yang terlibat bekerjasama untuk mendapatkan satu solusi tertentu. Dalam penerapannya, metode ini menghasilkan beberapa analogi, yaitu analogi langsung, analogi personal, analogi simbolis, dan analogi fantasi.

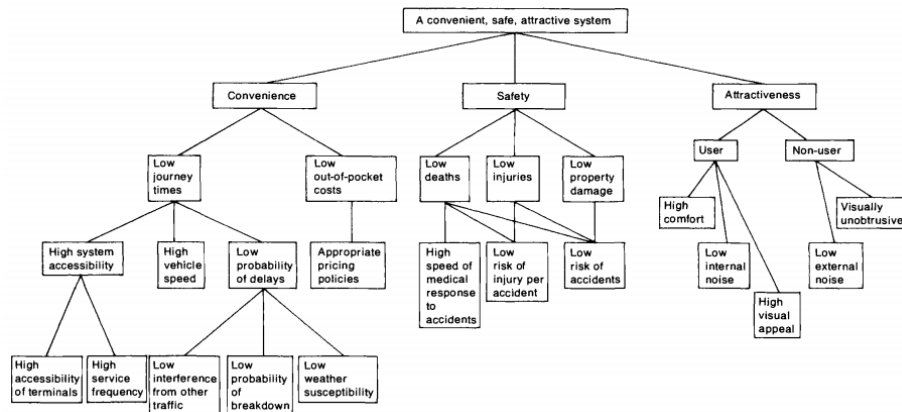
b. Metode Rasional

Metode ini lebih mengutamakan pada pendekatan sistematis dibandingkan dengan metode kreatif. Salah satu contoh penerapan metode rasional adalah *checklist*. Terdapat tujuh tahapan yang dilalui dalam metode rasional, yaitu:

i. *Clarifying objectives* (Mengklarifikasi tujuan)

Tujuan dari tahap ini adalah untuk mengklarifikasi tujuan dari perancangan yang akan dilakukan. Dengan memiliki tujuan yang jelas, perancangan yang dilakukan akan lebih fokus dan tidak terlalu lebar. Untuk memudahkan klarifikasi tujuan, tahap ini menggunakan pohon tujuan. Langkah-langkah pembuatan pohon tujuan adalah sebagai berikut.

1. Membuat daftar dari tujuan perancangan. Tujuan ini dapat diperoleh langsung dari pelanggan atau melalui pembahasan dalam tim desain.
2. Mengurutkan daftar dari level tinggi ke rendah. Tujuan yang telah dirangkum dikelompokkan ke dalam kelompok hierarkis.
3. Menggambar diagram pohon tujuan seperti Gambar 2.2. Diagram ini digunakan untuk menunjukkan hubungan hierarkis dari tujuan-tujuan yang telah dirangkum.

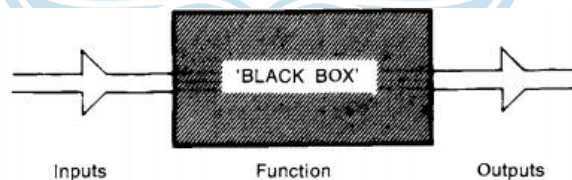


**Gambar 2.2. Pohon Tujuan (Cross, 2005)**

ii. *Establishing functions* (Menentukan fungsi)

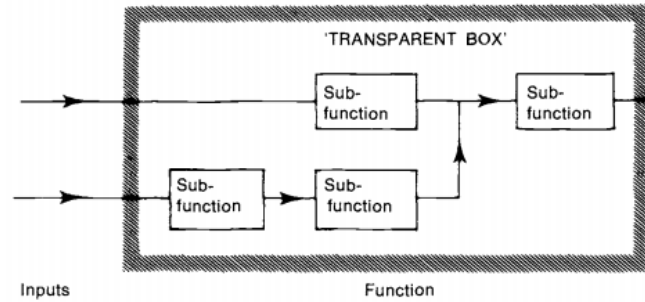
Tujuan dari tahap ini adalah untuk menentukan fungsi pokok dan batasan dari rancangan yang akan dibuat. Terdapat lima langkah dalam penerapan tahap ini, yaitu sebagai berikut.

1. Menentukan fungsi secara umum dari perancangan yang akan dibuat. Secara rinci, tahap ini menjelaskan perubahan dari masukan (*input*) menjadi keluaran (*output*) dalam bentuk sebuah *black box*, seperti pada Gambar 2.3. *Black box* ini dibuat selebar mungkin untuk memungkinkan munculnya sebuah rancangan yang memiliki manfaat besar dan radikal.



**Gambar 2.3. Model Sistem *Black Box* (Cross, 2005)**

2. Menguraikan fungsi umum menjadi kelompok-kelompok sub-fungsi. Setelah *black box* selesai dibuat, seluruh fungsi-fungsi yang ada di dalamnya dikelompokkan. Pengelompokan ini dilakukan secara subyektif sesuai dengan dasar pengelompokan yang digunakan.
3. Membuat diagram blok untuk menggambarkan relasi antara sub-fungsi. Dengan menggambarkan relasi, fungsi keseluruhan dari rancangan yang akan dibuat menjadi lebih jelas. Model ini disebut juga dengan *transparent box* dan ditampilkan pada Gambar 2.4.



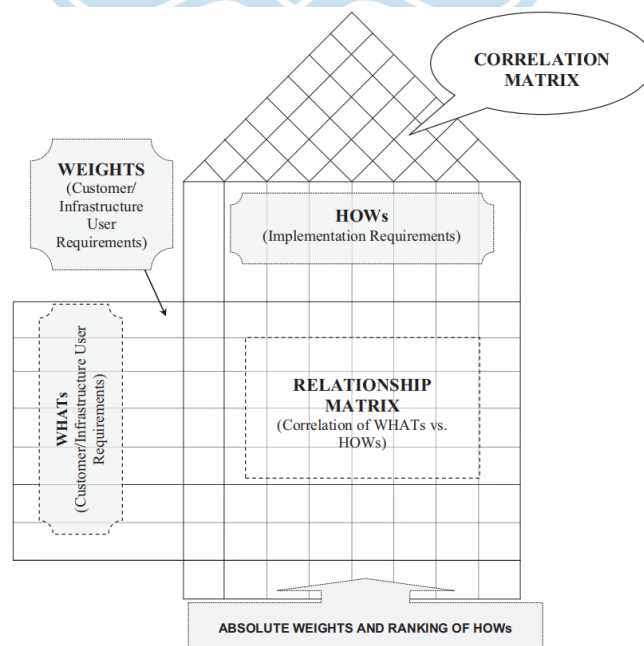
**Gambar 2.4. Model Sistem *Transparent Box* (Cross, 2005)**

4. Membuat batasan sistem. Setelah diagram blok selesai, dibutuhkan batasan dari sistem yang akan dirancang. Batasan ini dibuat dari sub-fungsi yang telah dirancang sebelumnya. Batasan ini dapat berasal dari kebutuhan pelanggan maupun kemampuan perancang itu sendiri.
  5. Menemukan komponen yang sesuai untuk memenuhi kebutuhan dari sub-fungsi yang ada. Komponen dari sistem ini dapat berupa benda, perangkat maupun manusia.
- iii. *Setting requirements* (Menentukan spesifikasi)
- Tujuan dari tahap ini adalah untuk menentukan spesifikasi yang detail dari rancangan yang akan dibuat. Dengan spesifikasi ini, alternatif solusi yang dibuat akan terbatas dengan sendirinya. Dalam menentukan spesifikasi, terdapat empat langkah yang harus dilakukan. Langkah-langkah tersebut adalah sebagai berikut.
1. Memperhitungkan tingkat generalisasi perancangan. Tingkatan yang dapat digunakan dari yang tertinggi adalah alternatif produk, alternatif tipe, dan alternatif fitur. Semakin rendah, batasan yang ada akan semakin sempit.
  2. Menentukan tingkat generalisasi yang digunakan. Tahap ini menentukan kebebasan dan ruang gerak bagi perancang. Semakin rendah tingkatannya, maka perancang akan memiliki kebebasan yang semakin sempit.
  3. Mengidentifikasi atribut performa yang dibutuhkan. Atribut performa ini akan mengikuti pohon tujuan dan analisis fungsi yang telah dibuat pada tahap-tahap sebelumnya.
  4. Menentukan spesifikasi kerja dari setiap atribut performa. Spesifikasi ini harus terukur dan dapat dinyatakan dalam angka.

iv. *Determining characteristics* (Menentukan karakteristik)

Tujuan dari tahap ini adalah untuk menentukan karakteristik dari rancangan yang akan dibuat agar sesuai dengan kebutuhan dari pelanggan. Untuk mencapai hal ini, digunakan sebuah metode untuk dapat menyesuaikan rancangan dengan kebutuhan pelanggan yang disebut *Quality Function Deployment* (QFD). Langkah-langkah pembuatan QFD menurut Bolar dkk (2017) adalah sebagai berikut.

1. Pembuatan *House of Quality* (HOQ). HOQ adalah matriks yang berisi keinginan pelanggan, karakteristik teknis, dan *benchmarking*. Matriks HOQ ditampilkan pada Gambar 2.5.
2. WHATs, yaitu apa yang diinginkan pelanggan dari rancangan yang akan dibuat.
3. HOWs, yaitu bagaimana karakteristik rancangan dapat menjawab kebutuhan pelanggan.
4. Matriks relasi. Matriks ini menjelaskan bagaimana setiap HOWs menjawab setiap WHATs.
5. Pembobotan HOWs. Bobot ini akan menentukan karakteristik mana yang akan menjadi prioritas dalam proses perancangan.
6. Matriks korelasi. Atap dari HOQ yang menjelaskan ketergantungan dari setiap karakteristik.



**Gambar 2.5. House of Quality (Bolar dkk, 2017)**

v. *Generating alternatives* (Membangkitkan alternatif)

Tujuan dari tahap ini adalah untuk membangkitkan rangkaian alternatif-alternatif perancangan untuk mencari kemungkinan munculnya solusi baru. Langkah-langkah dalam tahap ini adalah sebagai berikut.

1. Mendata fungsi dasar dan penting dari produk yang dirancang. Fungsi ini disesuaikan dengan tingkat generalisasi yang telah ditentukan.
2. Membuat daftar berisi cara-cara bagaimana mencapai fungsi dasar tersebut. Daftar ini bisa saja berisi ide-ide baru.
3. Membuat bagan berisi seluruh kemungkinan alternatif solusi. Bagan ini menjelaskan luas solusi perancangan yang terdiri atas kombinasi dari seluruh alternatif solusi yang ada.
4. Mengidentifikasi kombinasi alternatif solusi yang layak. Jumlah kombinasi ini bisa sangat banyak sehingga membutuhkan batasan-batasan. Pemilihan kombinasi alternatif solusi ditampilkan pada Gambar 2.6.

Feature	Means				
Support	Wheels	Track	Air cushion	Slides	Pedipulators
Propulsion	Driven wheels	Air thrust	Moving cable	Linear induction	
Power	Electric	Petrol	Diesel	Bottled gas	Steam
Transmission	Gears and shafts	Belts	Chains	Hydraulic	Flexible cable
Steering	Turning wheels	Air thrust	Rails		
Stopping	Brakes	Reverse thrust	Ratchet		
Lifting	Hydraulic ram	Rack and pinion	Screw	Chain or rope hoist	
Operator	Seated at front	Seated at rear	Standing	Walking	Remote control

**Gambar 2.6. Pemilihan Kombinasi Alternatif Solusi (Cross, 2005)**

vi. *Evaluating alternatives* (Mengevaluasi alternatif)

Tujuan dari tahap ini adalah untuk melakukan evaluasi untuk alternatif-alternatif yang ada dan memilih alternatif terbaik yang akan digunakan. Dengan berbagai aspek yang dinilai, maka dibutuhkan sebuah metode pembobotan untuk menentukan alternatif terbaik. Langkah-langkah pembobotan adalah sebagai berikut.

1. Mendata alternatif tujuan perancangan. Data ini bisa berbeda dari tujuan awal. Untuk memudahkan, pohon tujuan dapat digunakan.



2. Mengurutkan alternatif tujuan dari yang terpenting. Dapat dilakukan dengan membandingkan setiap tujuan.
3. Memberikan bobot relatif kepada setiap alternatif tujuan. Pembobotan bersifat interval dan nilai total pembobotan harus bernilai 1, 10 atau 100 sesuai dengan pembobotan yang dipilih.
4. Menetapkan parameter performa untuk setiap alternatif tujuan. Pembobotan dilakukan dengan mengalikan bobot dan nilai dari setiap alternatif tujuan.
5. Membandingkan nilai utilitas dari setiap tujuan. Tujuan dengan nilai terbesar adalah alternatif yang akan digunakan.

vii. *Improving details* (Perbaikan detail)

Tujuan dari tahap ini adalah untuk meningkatkan nilai produk yang dirancang dan menurunkan biaya produksinya. Tahap ini menggunakan metode rekayasa nilai. Langkah-langkah rekayasa nilai adalah sebagai berikut.

1. Mendata setiap komponen produk dan menemukan fungsi dari setiap komponen.
2. Menentukan skor dari fungsi yang telah ditemukan. Fungsi ini harus berpatokan kepada keinginan dari pelanggan.
3. Menentukan biaya komponen. Penghitungan dilakukan saat produk selesai dirakit.
4. Menemukan solusi untuk menurunkan biaya dengan tidak melakukan pengurangan nilai produk, atau meningkatkan nilai produk dengan tidak mengakibatkan penambahan biaya.
5. Mengevaluasi alternatif dan membuat perbaikan.

### **2.2.3. Table Circular Saw**

*Table circular saw* adalah mesin yang digunakan untuk melakukan pemotongan kayu pada industri permesinan kayu yang dipasang pada sebuah meja (Ryan, 2019). Mesin ini menggunakan bilah berbentuk lingkaran yang digerakkan oleh sebuah motor elektrik. Bilah-bilah ini memiliki gerigi pada sekelilingnya untuk memotong kayu. Cara pengoperasian mesin *table circular saw* ditampilkan pada Gambar 2.7.



**Gambar 2.7. Pengoperasian Mesin *Table Circular Saw* (Anonim, 2019)**

Mesin ini digunakan dengan mendorong material kayu yang akan dipotong di atas meja mesin secara manual. Bilah yang berputar akan memotong kayu. Lebar material yang dipotong ditentukan dari jarak antara *stopper* dengan bilah pemotong. Kayu yang sudah terpotong diambil secara manual oleh operator dengan tangan.

Meskipun memiliki kelebihan dalam segi kemudahan penggunaan dan hasil pemotongan yang baik, mesin ini memiliki kelemahan dari segi keamanan penggunaannya. Contoh kecelakaan kerja yang terjadi pada mesin ini adalah jari tangan yang terluka karena terkena bilah pemotong dan *kickback*. *Kickback* adalah kondisi di mana kayu yang sedang dipotong terlempar ke arah operator dengan kecepatan tinggi. Hal ini dapat disebabkan karena bilah yang tumpul atau posisi kayu yang terganjal di antara *stopper* dan bilah.

#### **2.2.4. Kecelakaan Kerja**

Menurut Undang-undang Nomor 3 Tahun 1992 tentang Jaminan Sosial Tenaga Kerja, kecelakaan kerja adalah kecelakaan yang terjadi berhubungan dengan hubungan kerja, termasuk penyakit yang timbul karena hubungan kerja, demikian pula kecelakaan yang terjadi dalam perjalanan berangkat dari rumah menuju tempat kerja, dan pulang ke rumah melalui jalan yang biasa atau wajar dilalui.

Menurut Suma'mur (1996), kecelakaan kerja adalah kecelakaan yang terjadi antara hubungan kerja dengan perusahaan. Hal ini berarti kecelakaan tersebut terjadi akibat dari tugas yang diberikan kepada pekerja bersangkutan.

Kecelakaan kerja dapat terjadi karena dua penyebab utama (Sucipto, 2014), yaitu sebagai berikut.

- a. Penyebab langsung, yaitu keadaan yang menyebabkan terjadinya suatu kecelakaan dan dapat dilihat secara langsung. Penyebab ini terjadi karena dua hal, yaitu tindakan yang tidak aman (*unsafe act*) dan kondisi yang tidak aman (*unsafe condition*).
- b. Penyebab tidak langsung, yaitu keadaan yang tidak secara langsung mengakibatkan kecelakaan. Contohnya adalah sistem keamanan yang kurang baik dan kondisi fisik serta mental pekerja yang tidak mendukung saat bekerja.

#### **2.2.5. Manajemen Risiko**

Manajemen risiko adalah sekumpulan langkah-langkah dan prosedur yang dilakukan untuk mengidentifikasi, menilai, dan mengendalikan risiko kejadian agar tidak menimbulkan bahaya yang tidak diinginkan. Salah satu metode manajemen risiko yang banyak digunakan adalah *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC).

*Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) adalah sebuah metode yang digunakan dalam manajemen risiko. Tujuan HIRARC (*Department of Occupational Safety and Health, 2008*) adalah sebagai berikut.

- a. Mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat mengakibatkan bahaya terhadap para pekerja.
- b. Mempertimbangkan peluang terjadinya bahaya dan akibat yang dapat ditimbulkan dari bahaya tersebut.
- c. Memungkinkan pekerja untuk membuat rencana pencegahan dan pengawasan untuk memastikan risiko yang ada dapat dikendalikan.

Langkah-langkah implementasi HIRARC menurut *Department of Occupational Safety and Health* (2008) adalah sebagai berikut.

- a. Mengklasifikasikan aktivitas kerja.
- b. Mengidentifikasi bahaya yang ada.
- c. Melakukan penilaian risiko dengan memperhitungkan faktor kemungkinan (*likelihood*) dan keparahan (*severity*).
- d. Menentukan langkah pengendalian risiko yang harus dilakukan.

#### **2.2.6. Penilaian Risiko**

Risiko menurut Christina dkk (2012) adalah besarnya kemungkinan terjadinya suatu kejadian yang dapat mengakibatkan akibat pada suatu obyek. Pengukuran besarnya risiko yang dapat terjadi dilakukan dengan sebuah penilaian risiko.

Spurlock (2018) mendefinisikan penilaian risiko sebagai pengukuran kemungkinan sebuah risiko terjadi sebagai akibat dari besarnya dampak yang ditimbulkan.

Penilaian risiko dilakukan dengan metode kuantitatif dengan berpedoman pada skala *Australian Standard / New Zealand Standard for Risk Management (AS/NZS 4360)*. Metode ini memperhitungkan dua variabel, yaitu kemungkinan (*likelihood*) dan keparahan (*severity*).

*Likelihood* menunjukkan tingkat kemungkinan atau frekuensi terjadinya sebuah kejadian. Semakin besar kemungkinan terjadinya maka semakin tinggi skala yang diperoleh. Penjelasan skala *likelihood* ditampilkan pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1. Skala Likelihood (Department of Occupational Safety and Health, 2008)**

<b>Likelihood</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Nilai Skala</b>
<i>Most likely</i>	Dapat terjadi setiap saat	5
<i>Possible</i>	Sering terjadi	4
<i>Conceivable</i>	Dapat terjadi sekali-kali	3
<i>Remote</i>	Jarang terjadi	2
<i>Inconceivable</i>	Hampir tidak pernah terjadi	1

*Severity* menunjukkan tingkat keparahan yang ditimbulkan sebagai akibat terjadinya sebuah kejadian. Semakin besar keparahan yang terjadi maka semakin tinggi skala yang diperoleh. Penjelasan skala *severity* ditampilkan pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2. Skala Severity (Department of Occupational Safety and Health, 2008)**

<b>Likelihood</b>	<b>Keterangan</b>	<b>Nilai Skala</b>
<i>Negligible</i>	Tidak terjadi cedera	1
<i>Minor</i>	Cedera ringan, tidak permanen	2
<i>Serious</i>	Cedera berat, permanen	3
<i>Fatal</i>	Korban jiwa, kerusakan properti	4
<i>Catastrophic</i>	Korban jiwa lebih dari satu orang	5

Nilai skala *likelihood* dan *severity* digunakan untuk menghasilkan nilai *Risk Rating Number (RRN)*. Menurut *Department of Occupational Safety and Health (2008)*, rumus perhitungan RRN adalah sebagai berikut.

$$\text{Risk Rating Number} = \text{Likelihood} \times \text{Severity}$$

Hasil perhitungan RRN menghasilkan matriks yang disebut sebagai matriks risiko. Matriks ini menggambarkan hasil penilaian risiko dari sebuah kejadian. Matriks risiko ditampilkan pada Tabel 2.3.

**Tabel 2.3. Matriks Risiko (Department of Occupational Safety and Health, 2008)**

Likelihood	Severity				
	1	2	3	4	5
5	5	10	15	20	25
4	4	8	12	16	20
3	3	6	9	12	15
2	2	4	6	8	10
1	1	2	3	4	5

Matriks risiko digunakan untuk menentukan prioritas dalam pengendalian kecelakaan kerja. Semakin tinggi angka RRN yang diperoleh, maka semakin tinggi prioritas pengendalian. Klasifikasi angka RRN dikelompokkan menjadi tiga jenis berdasarkan jangkauan besaran nilainya dan ditampilkan dalam tiga warna berbeda, yaitu merah, kuning, dan hijau. Klasifikasi angka RRN ditampilkan pada Tabel 2.4.

**Tabel 2.4. Klasifikasi Matriks Risiko (Department of Occupational Safety and Health, 2008)**

Nilai RRN	Klasifikasi Risiko	Warna	Tindakan
15-25	Tinggi	Merah	Membutuhkan tindakan perbaikan segera untuk mengendalikan risiko dalam hierarki pengendalian.
5-12	Sedang	Kuning	Membutuhkan pendekatan terencana untuk mengendalikan risiko.
1-4	Rendah	Hijau	Risiko dapat diterima.

### 2.2.7. Pengendalian Risiko

Pengendalian risiko memiliki tujuan untuk memutuskan langkah perbaikan untuk risiko yang telah diidentifikasi dan ditentukan nilainya. Analisis yang dilakukan

pada tahap pengendalian risiko dapat dilakukan dengan menggunakan metode hierarki pengendalian risiko (Uzun dkk, 2018).

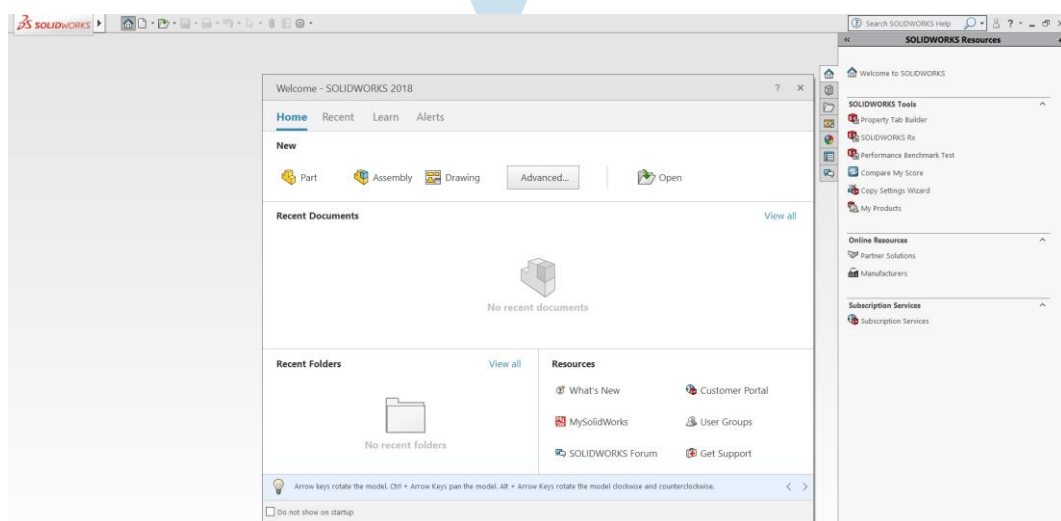
Analisis dengan hierarki pengendalian risiko memiliki lima tingkatan pendekatan untuk memastikan langkah pengendalian yang diambil sesuai dengan kebutuhan. Menurut Spurlock (2018), kelima tingkatan tersebut adalah sebagai berikut.

- a. Eliminasi, yaitu menghilangkan suatu bahan atau tahapan berbahaya.
- b. Substitusi, yaitu mengganti suatu bahan atau tahapan berbahaya dengan bahan atau tahapan lainnya yang lebih tidak berbahaya.
- c. Rekayasa teknik, yaitu upaya menghilangkan unsur manusia dari bahaya yang ada dengan menggunakan alat bantu atau alat pelindung.
- d. Pengendalian administratif, yaitu usaha nonteknis yang dilakukan terhadap para pekerja, seperti pelatihan pekerja dan pembentukan sistem kerja.
- e. Alat pelindung diri, yaitu penggunaan alat atau perlengkapan pribadi yang dapat mengurangi risiko terjadinya kecelakaan.

### 2.2.8. Solidworks

Perancangan mesin baik sketsa 2D maupun 3D membutuhkan dukungan perangkat lunak desain yang baik. Salah satu jenis perangkat lunak yang banyak digunakan adalah *Solidworks* yang diproduksi oleh Dassault Systemes.

Solidworks memiliki tiga menu utama yang dapat digunakan untuk melakukan proses perancangan dan memiliki fungsi masing-masing. Ketiga menu itu adalah *Part*, *Assembly*, dan *Drawing*.



Gambar 2.8. Tampilan Awal Solidworks 2018

Menu *Part* digunakan untuk merancang komponen tunggal dari format gambar dua dimensi menjadi tiga dimensi. Menu *Assembly* digunakan untuk melakukan perakitan mesin atau sistem dengan menggunakan komponen-komponen yang telah dirancang sebelumnya menggunakan menu *part*, dan menu *Drawing* digunakan untuk membuat gambar kerja dua dimensi dari sebuah komponen atau mesin.

### 2.2.9. Baja

Baja adalah logam yang diperoleh dari hasil perpaduan antara besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduannya. Kadar karbon dalam baja berkisar antara 0,2% hingga 2,1% sesuai tingkatan baja. Penambahan kandungan karbon dalam baja bertujuan untuk meningkatkan kekerasan dan kekuatan tariknya (Aziz, 2016). Beberapa jenis baja yang sering ditemukan adalah pipa kotak (*hollow*), profil siku (*angle bar*) dan kanal U (UNP).

#### a. Pipa kotak (*hollow*)

Pipa kotak adalah sebuah material baja konstruksi yang berbentuk persegi maupun persegi panjang. Material ini sering digunakan untuk konstruksi mesin dan partisi rumah. Sifat-sifat mekanis dari pipa kotak ditampilkan pada Tabel 2.5.

**Tabel 2.5. Sifat Mekanis Pipa Kotak ASTM A500 (Purnomo dkk, 2014)**

Massa jenis	7.850 kg/m <sup>3</sup>
Kekuatan tarik	310 N/mm <sup>2</sup>
Kekuatan luluh	269 N/mm <sup>2</sup>

#### b. Profil siku (*angle bar*)

Profil siku merupakan baja konstruksi yang berbentuk huruf L dengan sudut sebesar 90°. Material ini sering digunakan untuk konstruksi mesin, tangga, dan rak. Siku memiliki dua tipe dimensi, yaitu *equal angle* dan *unequal angle*. *Equal angle* adalah profil siku dengan kedua sisi memiliki panjang yang sama, sementara *unequal angle* adalah profil siku dengan salah satu sisi memiliki panjang yang lebih besar dibandingkan sisi lainnya. Sifat-sifat mekanis dari profil siku ditampilkan pada Tabel 2.6.

**Tabel 2.6. Sifat Mekanis Profil Siku ASTM A36 (Preedawiphat dkk, 2020)**

Massa jenis	7.850 kg/m <sup>3</sup>
Kekuatan tarik	400-550 N/mm <sup>2</sup>
Kekuatan luluh	250 N/mm <sup>2</sup>

c. Kanal U (UNP)

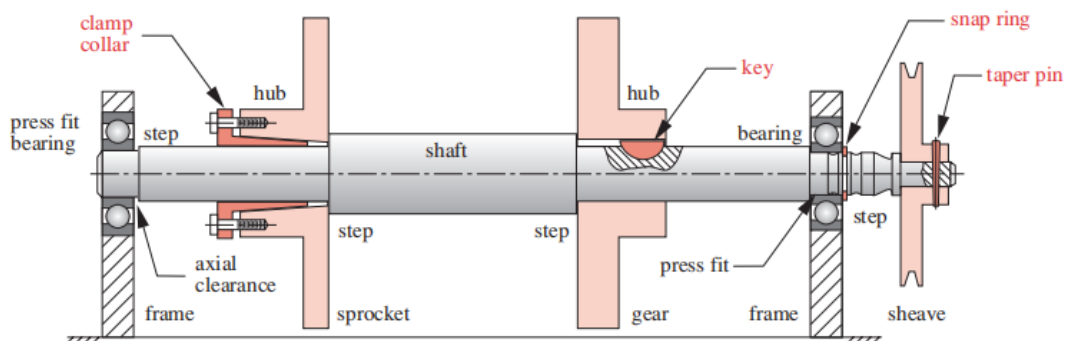
Kanal U adalah jenis profil baja konstruksi yang memiliki bentuk seperti huruf U. Material ini sering digunakan dalam konstruksi bangunan dan mesin. Jenis baja ini memiliki dua tipe *flange*, yaitu *parallel flange* dan *tapered flange*. *Parallel flange* memiliki sisi dalam yang sejajar dengan sisi luar, sementara *tapered flange* memiliki sisi dalam yang miring ke dalam terhadap sisi luar. Sifat-sifat mekanis dari kanal U ditampilkan pada Tabel 2.7.

**Tabel 2.7. Sifat Mekanis Kanal U ASTM A572**

Massa jenis	7.850 kg/m <sup>3</sup>
Kekuatan tarik	415-485 N/mm <sup>2</sup>
Kekuatan luluh	290-380 N/mm <sup>2</sup>

**2.2.10. Poros**

Poros (*shaft*) adalah komponen mekanikal yang digunakan untuk meneruskan daya (Mott dkk, 2018). Daya yang diteruskan dari poros berasal dari penggerak utama seperti mesin atau motor penggerak. Daya diteruskan ke komponen-komponen yang berputar, seperti roda gigi, sproket, atau puli. Poros yang bekerja dengan mekanisme ini disebut poros pemutar (*shaft*). Beban yang diterima oleh poros pemutar dapat berupa torsi atau beban tekuk (Norton, 2010). Contoh penggunaan poros pada sebuah sistem ditampilkan pada Gambar 2.9.



**Gambar 2.9. Gambar Kerja Poros (Norton, 2010)**



Poros yang tidak meneruskan daya disebut poros penyangga (*axle*). Poros jenis ini berfungsi untuk menyangga elemen konstruksi lain yang berputar. Dalam penggunaannya, poros ini dapat diam atau ikut berputar. Pembebanan yang terjadi pada poros ini adalah beban tekuk ulang untuk poros diam dan beban tekuk ganti untuk poros yang ikut berputar (Norton, 2010).

### 2.2.11. Sistem Transmisi

Sistem transmisi adalah sebuah sistem mekanikal yang bertujuan untuk meneruskan daya antar komponen yang ada dalam sebuah mesin. Daya yang diteruskan dapat diubah menjadi lebih besar atau lebih kecil sesuai dengan tujuan perancangannya. Perubahan daya ini diperoleh dari adanya rasio antara komponen transmisi yang satu dengan yang lainnya. Contoh sistem transmisi adalah transmisi sabuk, roda gigi, dan rantai.

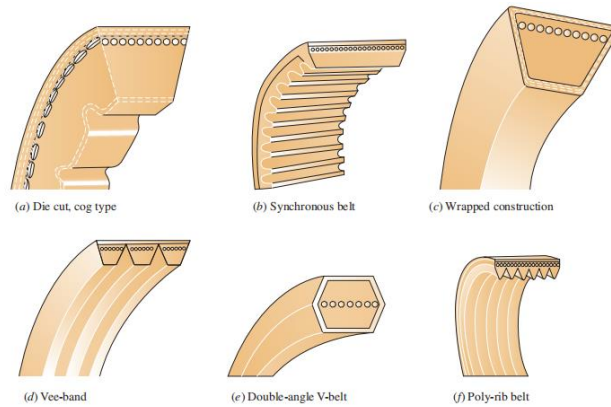
#### a. Transmisi sabuk

Transmisi sabuk adalah sistem transmisi daya dari sebuah poros ke poros lain dengan menggunakan sabuk (Mott dkk, 2018). Sabuk tersebut berputar dengan menggunakan pemutar yang disebut puli. Diameter antara puli yang satu dengan puli lainnya berbeda sehingga menghasilkan perbedaan kecepatan putaran atau disebut dengan rasio. Contoh transmisi sabuk ditampilkan pada Gambar 2.10.



**Gambar 2.10. Transmisi Sabuk (Mott dkk, 2018)**

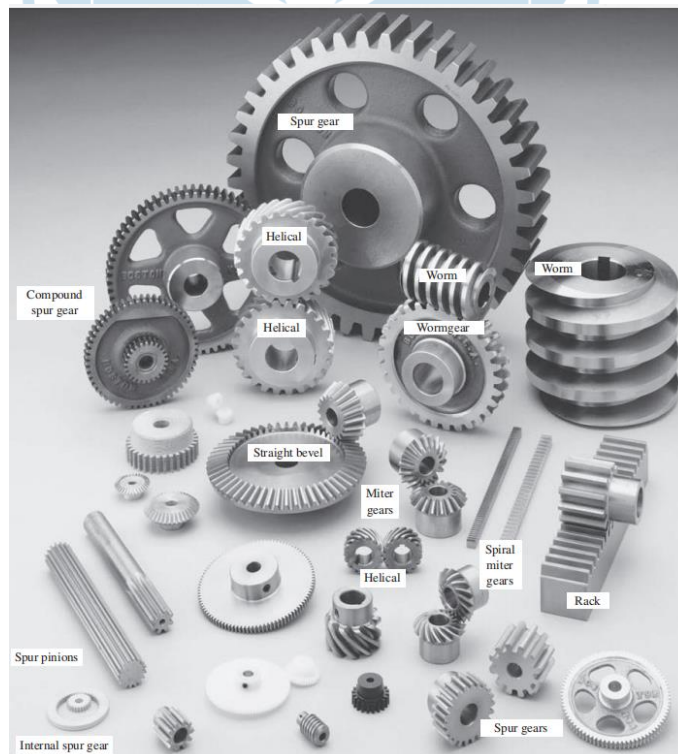
Sabuk yang digunakan dalam transmisi sabuk memiliki beragam bentuk. Setiap jenis sabuk memiliki fungsi tersendiri dengan kelebihan dan kekurangan masing-masing. Jenis-jenis sabuk ditampilkan pada Gambar 2.11.



**Gambar 2.11. Jenis-jenis Sabuk (Mott dkk, 2018)**

**b. Transmisi roda gigi**

Roda gigi adalah komponen mekanikal berbentuk silindris dan bergigi yang digunakan untuk meneruskan daya dari dari sebuah poros pemutar ke poros pemutar lainnya (Mott dkk, 2018). Roda gigi memiliki keunggulan dibandingkan dengan sistem transmisi lainnya karena lebih ringkas, putaran lebih tinggi dan tepat dan daya lebih besar. Namun penggunaan roda gigi memerlukan ketelitian dalam pembuatan, pemasangan maupun perawatannya.

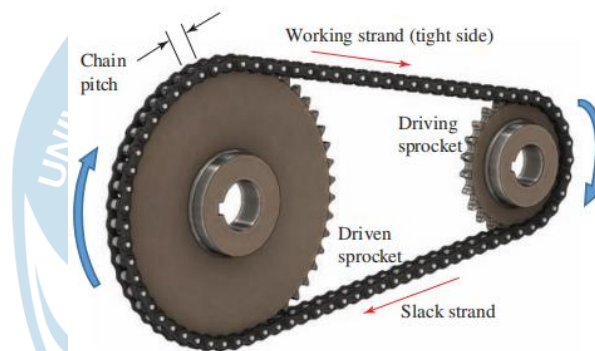


**Gambar 2.12. Jenis-jenis Roda Gigi (Mott dkk, 2018)**

Roda gigi memiliki bentuk geometris yang berbeda-beda dan memiliki fungsinya masing-masing. Jenis-jenis roda gigi yang digunakan adalah roda gigi lurus (*spur gears*), roda gigi miring (*helical gears*), roda gigi berpotongan (*bevel gears*), roda gigi cacing (*worm gears*) dan roda gigi sejajar (*rack gears*). Jenis-jenis roda gigi ini ditampilkan pada Gambar 2.12.

### c. Transmisi rantai

Menurut Mott dkk (2018), rantai adalah elemen transmisi yang terbuat dari rangkaian pelat yang disambung dengan menggunakan pin pengunci. Rantai tersebut berfungsi untuk meneruskan daya antar poros dengan menggunakan sproket. Sproket adalah sebuah komponen yang memiliki gigi-gigi dan berfungsi sebagai elemen pemutar rantai (Mott dkk, 2018). Sistem transisi rantai dicontohkan pada Gambar 2.13.



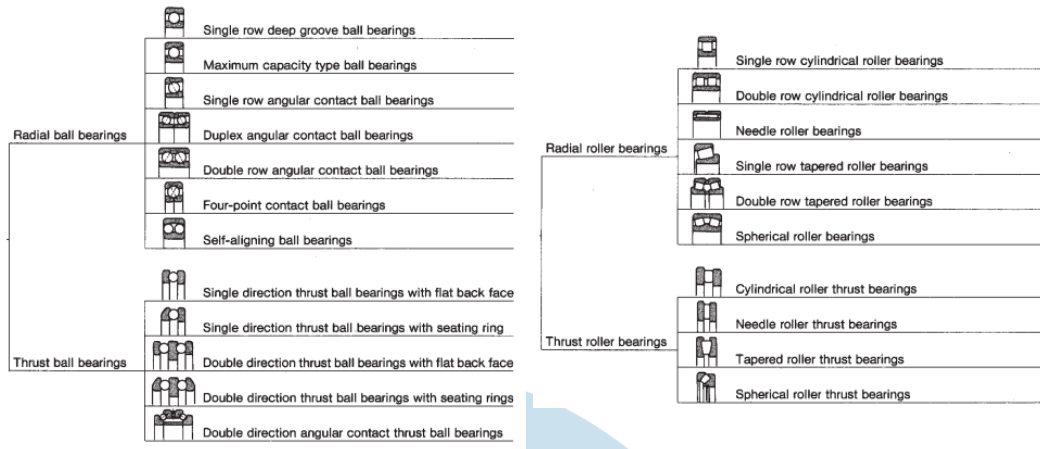
**Gambar 2.13. Sistem Transmisi Rantai (Mott dkk, 2018)**

Transmisi rantai memiliki setidaknya dua buah sproket dalam mekanismenya. Sproket pertama disebut dengan nama *driving sprocket* dan berfungsi sebagai sumber daya. Sproket kedua disebut dengan nama *driven sprocket* dan berfungsi sebagai penerima daya. Jumlah gigi dalam setiap sproket bervariasi sesuai dengan rasio putaran yang diinginkan dalam mekanismenya. Rasio putaran ini akan menghasilkan perbedaan jumlah putaran per satuan waktu dari setiap sproket yang ada dalam sebuah sistem.

### 2.2.12. Bantalan Gelinding

Bantalan gelinding (*bearing*) adalah elemen mesin yang digunakan untuk menumpu poros (Mott dkk, 2018). *Bearing* menjaga poros agar tetap berputar dengan stabil dan halus. *Bearing* juga berfungsi untuk menahan atau menyangga komponen-komponen yang bergerak. *Bearing* memiliki beberapa tipe yang

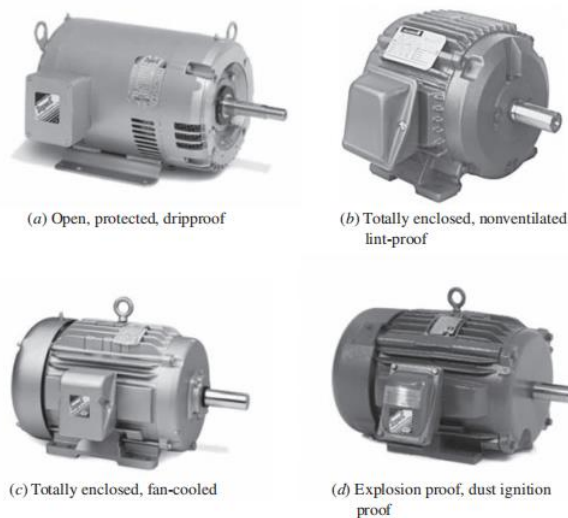
memiliki karakteristik dan fungsinya masing-masing. Klasifikasi *bearing* ditampilkan pada Gambar 2.14.



**Gambar 2.14. Klasifikasi Tipe Bearing (Norton, 2010)**

### 2.2.13. Motor Listrik

Motor listrik adalah alat yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi gerak. Dengan kemampuan ini, motor digunakan sebagai tenaga penggerak. Energi ini lalu dimanfaatkan untuk berbagai penggunaan, seperti memutar baling-baling, menghidupkan generator, atau memutar peralatan rumah seperti blender dan kipas angin. Motor listrik memiliki beberapa tipe sesuai dengan fungsinya, seperti motor AC (*alternate current*), motor DC (*direct current*), motor *stepper* dan motor universal. Contoh motor listrik ditampilkan pada Gambar 2.15.



**Gambar 2.15. Contoh Motor Listrik (Mott dkk, 2016)**