

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Bab ini berisi tentang penjelasan – penjelasan mengenai studi literatur yang berkaitan dengan topik penelitian yang akan dilakukan dan juga pada bab ini dijelaskan tentang dasar teori awal berikut ini adalah isi serta pembahasannya :

2.1. Tinjauan Pustaka

Perancangan suatu alat bantu yang bertujuan untuk meningkatkan output dari produksi, lebih memudahkan para operator untuk melakukan pekerjaannya serta perancangan alat yang menghemat tempat pada lantai produksi sudah sering menjadi objek studi kasus. Sumber dari tinjauan pustaka yang di dapatkan akan sangat membantu proses penelitian yang akan dilakukan agar mengetahui metode serta output yang di hasilkan dari penelitian sebelumnya. Berikut ini adalah pembahasan tentang penelitian yang telah di lakukan berdasarkan studi tinjauan pustaka :

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Pengaplikasian cetakan permanen untuk meningkatkan produksi dan kualitas produk IKM pengecoran Logam. Penelitian ini adalah suatu bentuk penelitian pengaplikasian cetakan besi untuk logam yang di mana cetakan yang sebelumnya digunakan adalah cetakan pasir. Masalah utama yang dihadapi IKM tersebut adalah cetakan yang digunakan untuk mencetak logam masih berupa cetakan pasir tradisional yang dimana sifat dari cetakan pasir adalah sekali pakai sehingga terdapat order yang banyak dari customer proses ini menjadi tidak efisien walaupun dapat dilakukan. Pengaplikasian cetakan besi dilakukan berdasarkan permasalahan yang terdapat pada IKM tersebut karena cetakan besi mempunyai kelebihan yang lebih unggul dibandingkan cetakan pasir dalam hal kepresisian ukuran dan dari segi tingkat efisien. Metode untuk melakukan perancangan adalah metode rasional dengan menentukan parameter yang dibutuhkan sehingga mencapai hasil perancangan akhir yang berupa desain prototype alat, pembuatan alat, uji coba evaluasi dan sosialisasi tentang cara kerja alat tersebut. (Suyitno, Urip Agus Salim & Muslim Mahardika, 2016).

Penelitian yang dilakukan pada lini produksi dari batik pada CV.XYZ dengan menggunakan metode skoring WERA untuk mengetahui bagian postur kerja yang paling beresiko dalam aktivitas pekerjaan pembuatan batik. Terdapat 5 aktivitas pada lini produksi batik yaitu pra potong, pemolaan, pemotongan, penjahitan dan

pemasangan aksesoris. Dari hasil penilaian menggunakan metode WERA kelima aktivitas tersebut memiliki tingkat resiko yang medium tingkat resiko dari postur tiap – tiap divisi berbeda sehingga proses evaluasi yang dilakukan dapat dimulai berdasarkan skor postur kerja dengan nilai tertinggi dari tiap divisi kerja yang bertujuan untuk dapat mereduksi nilai tersebut sehingga nilai total dapat berkurang. Evaluasi yang dilakukan dapat berupa perancangan ulang alat, perubahan posisi kerja dan penggunaan material handling yang dapat lebih mempermudah proses pekerjaan. (Nashtiti Aliafari, Oktavira Revi Pertiwi, dan Amarria, 2018).

Penelitian yang dilakukan pada CV. Segitiga peneliti juga melakukan perancangan alat penyaring dalam proses pembuatan tahu. Perancangan alat ini dilakukan dikarenakan pada CV. Segitiga ditemukan masalah pada proses penyaringan ampas tahu yaitu posisi pekerja yang kurang baik dan dilakukan secara berulang – ulang sehingga tidak menutup kemungkinan posisi pekerja yang tidak segera diubah akan menimbulkan cedera kedepannya. Perancangan yang dilakukan menggunakan metode rasional dengan mengidentifikasi kebutuhan pekerja dalam melakukan perancangan alat setelah mengidentifikasi kebutuhan pekerja peneliti membuat spesifikasi produk dengan matriks kebutuhan yang berfungsi untuk mengetahui kebutuhan utama dari pekerja tersebut. Setelah itu melakukan penyusunan konsep dan penyeleksian konsep sehingga didapatkan alternatif desain yang di butuhkan setelah alternatif desain di buat dilakukan penilaian konsep yang di mana dari alternatif – alternatif desain tersebut diambil nilai yang paling tinggi untuk selanjutnya dilakukan pembuatan alat sesuai desain tersebut. Output dari perancangan alat ini adalah perubahan alat yang sebelumnya manual menjadi menggunakan tenaga penggerak motor sehingga tidak membuat para pekerja lelah dan selain itu menghemat biaya operasional perusahaan dan mempercepat proses waktu penyaringan dari alat yang sebelumnya. (lg. Jaka Mulyana, L.M Hadi Santosa & Wahyu Prasetya, 2013)

Penelitian perancangan desain pengering kerupuk menggunakan metode ergonomi partisipatori. penelitian sebelumnya ini berfokus pada perancangan desain yang melibatkan partisipasi dari berbagai pihak baik dari pihak peneliti, pemakai alat dan juga melibatkan tim ahli teknis untuk melakukan desain perancangan alat tersebut. Perancangan desain alat pengering kerupuk ini di lakukan karena pada UMKM yang bersangkutan ditemukan kendala – kendala seperti panas pada pengering kerupuk yang tidak merata, alat pengering yang

membutuhkan slot atau tempat yang luas sehingga output dari alat pengering tersebut kurang optimal oleh karena itu perlu dilakukan desain ulang alat pengering kerupuk pada UMKM tersebut. Outputnya adalah desain alat pengering kerupuk yang dapat menghemat tempat dengan kapasitas pengeringan yang lebih banyak dari alat sebelumnya serta dimensi alat yang dirancang ulang yang telah mempertimbangkan antropometri pekerja yang menggunakan alat tersebut sehingga mampu meningkatkan kenyamanan pekerja pada saat bekerja (Agus Hasan Hidayat & Hari Purnomo, 2014).

Penelitian tentang rancang bangun meja multifungsi dengan menggunakan metode rasional. Penelitian ini lebih berfokus pada desain produk yaitu meja multifungsi yang di mana desain yang diunggulkan adalah meja yang minimalis dan berfungsi untuk banyak hal. Penelitian ini diawali dengan masalah di mana pada jaman modern ini orang – orang menyukai hal – hal yang berbentuk minimalis yang tidak banyak meyita banyak tempat terutama tempat – tempat yang ada di dalam rumah. Karena keterbatasan tempat tersebut menjadi kendala utama karena seseorang harus mengurangi atau mengeliminasi beberapa perabotan yang ada di dalam rumah dan menyebabkan kurangnya kelengkapan barang di suatu ruangan. Metode penelitian ini menggunakan perancangan rasional yang di mana peneliti melakukan studi literatur, riset lapangan dan melakukan perancangan. Output dari penelitian ini adalah terpilihnya 1 alternatif dari 16 alternatif perancangan desain. Alternati yang terpilih tersebut mempunyai skor tertinggi pada opsi ukuran perabot yang tidak teralalu besar, material yang digunakan terjangkau, desain yang minimalis. Sehingga perancangan desai disesuaikan dengan skor atau opsi pada alternatif yang terpilih yang tentunya memenuhi kebutuhan konsumen akan desain lemari yang minimalis (Nugroho Indrawan, 2015).

2.1.2. Penelitian Sekarang

Pada penelitian kali ini dilakukan di UMKM Putra Sejati salah satu UMKM yang bergerak dalam bidang pembuatan cor beton yang berada di Yogyakarta. Perbedaan penelitian yang dilakukan sebelumnya dengan penelitian yang dilakukan sekarang adalah melakukan perancangan ulang alat yaitu berupa cetakan beton *customize* supaya UMKM bisa lebih meningkatkan produksinya, mengurangi cacat produk dan lebih mempermudah operasi pada alat yang dibuat. Perancangan perlu dilakukan karena melihat permasalahan yang dialami oleh UMKM tersebut dikarenakan alat pencetak yang masih menggunakan bahan

dasar kayu yang mudah lapuk jika terkena air, operasi bongkar pasang yang akan menyulitkan para pekerja serta alat yang hanya dapat memproduksi maksimal 18 beton dengan menggunakan area yang luas yaitu 308 x 66 cm. Perancangan alat yang dilakukan menggunakan metode rasional yang dimana memiliki runtutan alur yang sistematis dan dilakukan sesuai dengan keinginan pengguna. Serta dengan melakukan analisis WERA (*Workplace Ergonomic Risk Assessment*) untuk menilai dan membandingkan resiko kerja dari alat yang sebelumnya dengan alat hasil perancangan ulang yang dikerjakan.

2.2. Dasar Teori

Pada bab dasar teori akan dijelaskan isi dari teori – teori yang berhubungan dan membantu penelitian yang akan dilakukan. Berikut ini adalah pembahasan dasar teori :

2.2.1. Konsep Ergonomi

Menurut (Nurmianto, 2004) adalah suatu studi yang mempelajari aspek – aspek manusia di dalam lingkungan kerjanya yang dilihat secara fisiologi, psikologi, anatomi, *engineering*, desain perancangan dan manajemen. Penerapan ergonomi antara lain adalah sebagai berikut :

a. *Redesign*

Dalam redesign meliputi perangkat keras seperti perkakas yang digunakan untuk bekerja, fasilitas kerja kursi dan meja, pegangan untuk alat kerja dan lain – lain.

b. Desain pekerjaan pada suatu organisasi

Dalam hal ini meliputi penentuan waktu kerja yang sesuai, penentuan jam istirahat yang sesuai, menambah atau mengurangi variasi pekerjaan dan lain – lain.

c. Memperbaiki serta meningkatkan keselamatan dan kesehatan kerja

Dalam hal ini meliputi desain sistem kerja yang dapat mengurangi cedera, nyeri pada sistem tubuh seperti otot dan tulang, ketidaknyamanan postur kerja dalam melakukan suatu pekerjaan, mengurangi kelelahan kerja dalam bekerja dan lain – lain.

Tujuan diperlukannya ergonomi dalam suatu proses perancangan dibagi menjadi empat yaitu sebagai berikut:

- a. Meningkatkan dan memaksimalkan efisiensi dari karyawan
- b. Memaksimalkan bentuk kerja
- c. Memperbaiki kesehatan serta keselamatan kerja
- d. Mengajukan agar bekerja dengan aman, nyaman dan bersemangat

2.2.2. Antropometri

Menurut (Wignjosoebroto, 2008) Pengertian dari Antropometri sendiri adalah suatu studi yang berkaitan dengan pengukuran dimensi tubuh manusia. Bidang Antropometri meliputi berbagai ukuran tubuh manusia seperti berat badan, posisi ketika berdiri, ketika merentangkan tangan, lingkar tubuh, panjang tungkai, dan sebagainya. Kebutuhan akan data antropometri sangatlah penting karena sangat berfungsi untuk keperluan seperti perancangan alat, perancangan fasilitas kerja, dan perancangan stasiun kerja agar nantinya diperoleh ukuran – ukuran yang sesuai dan layak dengan dimensi anggota tubuh manusia yang akan menggunakannya. (Nurmianto, 2003) membagi antropometri menjadi dua bagian yaitu sebagai berikut:

a. Antropometri statis

Yaitu pengukuran tubuh manusia pada posisi diam dan linier pada permukaan tubuh. Pengukuran pada antropometri jenis statis harus mempertimbangkan beberapa aspek yaitu :

i. Umur

Dimensi dari tumbuh manusia akan bertambah seiring berjalannya waktu sehingga faktor umur harus selalu diperhatikan.

ii. Jenis Kelamin

Secara umum jenis kelamin laki – laki ukuran tubuhnya akan lebih besar dibandingkan dengan jenis kelamin perempuan sehingga faktor untuk jenis kelamin harus diperhatikan.

iii. Suku dan Bangsa

Suku dan Bangsa juga harus diperhatikan karena secara umum ukuran tubuh suku bangsa pada bagian barat rata – rata lebih besar jika dibandingkan dengan Suku dan Bangsa dari bagian timur.

iv. Posisi Tubuh

Posisi tubuh sangat berkaitan dengan ukuran tubuh. Posisi tubuh harus sesuai dengan standar jika ingin mengukur suatu bagian tubuh tertentu.

b. Antropometri dinamis

Sedangkan antropometri dinamis adalah suatu pengukuran keadaan dan ciri – ciri fisik manusia dalam keadaan yang sedang bergerak atau memperhatikan gerakan – gerakan yang mungkin terjadi saat pekerja tersebut melaksanakan kegiatannya.

- i. Mengukur tingkat ketrampilan yang digunakan untuk memahami keadaan mekanis dari suatu aktivitas yang dilakukan.
- ii. Pengukuran jangkauan ruang yang dibutuhkan pekerja pada saat melakukan proses pekerjaan.
- iii. Pengukuran dengan tujuan mengetahui variabilitas kerja. Contoh untuk mengetahui performansi kecepatan dari seorang operator bagian input data pengetikan komputer.

2.2.3. Pengaplikasian Antropometri Dalam Proses Perancangan

Berkaitan dengan aplikasi Antropometri yang akan diterapkan kedalam proses perancangan terdapat langkah – langkah dasar yang perlu diperhatikan agar penerapan Antropometri dapat sesuai dalam proses perancangan yang akan dilakukan. Menurut (Nurmianto,2003) langkah – langkah yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan secara teliti populasi yang nantinya akan menggunakan produk atau alat tersebut.
- b. Setelah penentuan populasi dilakukan maka tentukanlah proporsi dari populasi dengan katalain adalah penentuan (*percentile*).
- c. Tentukanlah bagian tubuh yang akan berpengaruh dengan rancangan yang akan dibuat nantinya dan juga ukurlah dimensinya
- d. Tentukanlah prinsip ukuran yang harus diikuti berdasarkan tujuan perancangan alat apakah rancangan alat ditujukan untuk ukuran ekstrim, fleksibel atau ukuran rata – rata.
- e. Pengaplikasian dan tetapkan nilai ukurannya berdasarkan tabel atau data Antropometri yang tersedia.

2.2.4. Skoring WERA (Workplace Ergonomic Risk Assessment)

WERA adalah suatu metode penilaian aspek ergonomi yang pertama kali dikembangkan oleh Dr. Mohd Nasrull Abd Rahman, Prof Dr. Mat Rebi Abdul Rani dan Dr. Jafri Mohd Rohani. Lembar penilaian WERA dapat dilihat pada gambar 2.1.

Appendix 1. Workplace Ergonomic Risk Assessment (WERA) Part A (No 1-5).
 Appendix 2. Workplace Ergonomic Risk Assessment (WERA) Part B (No 6-9).

WORKPLACE ERGONOMIC RISK ASSESSMENT (WERA)				RISK LEVEL																			
PHYSICAL RISK FACTOR		LOW	MEDIUM	HIGH	SCORING SYSTEM																		
1. Shoulder	1a Posture				<table border="1"> <tr><th>Low</th><th>Med</th><th>High</th></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> </table>			Low	Med	High	1	2	3	2	3	4	3	4	5	4	5	6	
	Low	Med	High																				
1	2	3																					
2	3	4																					
3	4	5																					
4	5	6																					
1b Repetition				<table border="1"> <tr><th>Low</th><th>Med</th><th>High</th></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> </table>			Low	Med	High	1	2	3	2	3	4	3	4	5	4	5	6		
Low	Med	High																					
1	2	3																					
2	3	4																					
3	4	5																					
4	5	6																					
2. Wrist	2a Posture				<table border="1"> <tr><th>Low</th><th>Med</th><th>High</th></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> </table>			Low	Med	High	1	2	3	2	3	4	3	4	5	4	5	6	
	Low	Med	High																				
1	2	3																					
2	3	4																					
3	4	5																					
4	5	6																					
2b Repetition				<table border="1"> <tr><th>Low</th><th>Med</th><th>High</th></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> </table>			Low	Med	High	1	2	3	2	3	4	3	4	5	4	5	6		
Low	Med	High																					
1	2	3																					
2	3	4																					
3	4	5																					
4	5	6																					
3. Hand	3a Posture				<table border="1"> <tr><th>Low</th><th>Med</th><th>High</th></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> </table>			Low	Med	High	1	2	3	2	3	4	3	4	5	4	5	6	
	Low	Med	High																				
1	2	3																					
2	3	4																					
3	4	5																					
4	5	6																					
3b Repetition				<table border="1"> <tr><th>Low</th><th>Med</th><th>High</th></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> </table>			Low	Med	High	1	2	3	2	3	4	3	4	5	4	5	6		
Low	Med	High																					
1	2	3																					
2	3	4																					
3	4	5																					
4	5	6																					
4. Neck	4a Posture				<table border="1"> <tr><th>Low</th><th>Med</th><th>High</th></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> </table>			Low	Med	High	1	2	3	2	3	4	3	4	5	4	5	6	
	Low	Med	High																				
1	2	3																					
2	3	4																					
3	4	5																					
4	5	6																					
4b Repetition				<table border="1"> <tr><th>Low</th><th>Med</th><th>High</th></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> </table>			Low	Med	High	1	2	3	2	3	4	3	4	5	4	5	6		
Low	Med	High																					
1	2	3																					
2	3	4																					
3	4	5																					
4	5	6																					
5. Leg	5a Posture				<table border="1"> <tr><th>Low</th><th>Med</th><th>High</th></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> </table>			Low	Med	High	1	2	3	2	3	4	3	4	5	4	5	6	
	Low	Med	High																				
1	2	3																					
2	3	4																					
3	4	5																					
4	5	6																					
5b Repetition				<table border="1"> <tr><th>Low</th><th>Med</th><th>High</th></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> </table>			Low	Med	High	1	2	3	2	3	4	3	4	5	4	5	6		
Low	Med	High																					
1	2	3																					
2	3	4																					
3	4	5																					
4	5	6																					
FINAL SCORE																							
Job/Task: _____				<table border="1"> <tr><th>Actual Level</th><th>Final Score</th><th>Acceptable</th><th>Not Acceptable</th></tr> <tr><td>Low</td><td>1-2</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Med</td><td>3-4</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>High</td><td>5-6</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table>				Actual Level	Final Score	Acceptable	Not Acceptable	Low	1-2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Med	3-4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	High	5-6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Actual Level	Final Score	Acceptable	Not Acceptable																				
Low	1-2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
Med	3-4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
High	5-6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
Date: _____				Assessor: _____ Supervisor: _____																			

Gambar 2.1. Lembar Penilaian WERA

Sumber : (Mohd Nasrull, Mat Rebi Abdul & Jafri Mohd Rohani. 2011)

Metode WERA digunakan untuk penilaian faktor resiko fisik pekerja terhadap kegiatan kerja yang dilakukan pekerja tersebut dengan melibatkan 5 anggota tubuh yang dinilai yaitu bahu, pergelangan tangan, punggung, leher dan kaki. Selain itu penilaian juga dilakukan terhadap 4 jenis faktor resiko yaitu dari segi kekuatan, getaran, *contact stress* dan lamanya waktu bekerja dalam satuan aktivitas yang dilakukan. Berikut ini adalah langkah – langkah penggunaan metode penilaian WERA :

- a. Lakukan pengamatan dan observasi terlebih dahulu terhadap aktivitas pekerjaan yang dilakukan pekerja dengan cara pengambilan video dan foto

- b. Setelah melakukan observasi serta pengamatan maka pilih proses dari pekerjaan berdasarkan hasil observasi. Kriteria jenis pekerjaan berikut ini dapat digunakan untuk penilaian *WERA* :
- i. Proses pekerjaan yang paling repetitif.
 - ii. Posisi tubuh yang canggung dan tidak natural dari pekerjaan yang dilakukan.
 - iii. Aktivitas pekerjaan yang dirasa menyebabkan ketidaknyamanan pada pekerja.
 - iv. Pekerjaan yang memerlukan kekuatan yang besar.
- c. Setelah menentukan jenis pekerjaan maka lakukan skoring pada *WERA* tool dari part A dan Part B :
- i. Part A dari lembar penilaian *WERA* adalah item nomer 1 sampai 5 yang terdiri dari kelima anggota tubuh yaitu bahu, leher, pergelangan tangan, punggung dan kaki. Pada bagian A penilaian dilakukan dengan faktor resiko dari postur kerja terhadap kelima anggota tubuh serta gerakan repetitif yang dilakukan terhadap kelima anggota tubuh tersebut pada saat melakukan aktivitas pekerjaan
 - ii. Part B dari lembar penilaian *WERA* adalah item nomer 6 sampai 9 yang terdiri dari empat jenis faktor resiko yaitu dari segi kekuatan, getaran, kontak stress dan lamanya waktu dari aktivitas pekerjaan yang telah ditentukan.
- d. Perhitungan Skoring *WERA*
- Setelah penilaian diberikan pada masing – masing part di lembar penilaian *WERA* maka selanjutnya adalah dengan melakukan penjumlahan terhadap tiap – tiap skor yang telah ditentukan yang nantinya akan didapat total hasil akhir dari nilai setiap skor yang diberikan dan peneliti dapat menarik kesimpulan berdasarkan total hasil skoring tersebut.
- e. Penarikan kesimpulan berdasarkan hasil final skor *WERA*
- i. Jika hasil final skor menunjukkan angka 18 sampai 27 maka dapat ditarik kesimpulan aktivitas pekerjaan yang dilakukan pekerja tersebut tidak beresiko dan dapat diterima dan digunakan.
 - ii. Jika hasil final skor menunjukkan angka 28 sampai 44 maka dapat ditarik kesimpulan aktifitas pekerjaan yang dilakukan memerlukan investigasi lebih lanjut dan sangat diperlukan perubahan untuk kedepannya

- iii. Jika hasil final skor menunjukkan angka 45 sampai 54 maka aktivitas pekerjaan tersebut tidak dapat diterima dan harus dilakukan perubahan sesegera mungkin.

2.2.5. Teori Perancangan Rasional

Metode perancangan adalah setiap prosedur, teknik, bantuan dan peralatan yang dipakai untuk perancangan. Tujuan utama dari metode perancangan adalah untuk menghadirkan prosedur – prosedur yang masuk akal ke dalam proses perancangan. Metode perancangan dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok besar yaitu metode kreatif dan metode rasional (Cross N, 2005).

a. Metode Kreatif

Adalah suatu metode dalam perancangan yang membantu untuk memunculkan ide serta pemikiran kreatif berdasarkan gagasan serta memperluas area pencarian metode dan solusi terhadap rancangan. Metode kreatif memiliki 3 tahapan yaitu sebagai berikut :

i. *Brainstorming*

Dalam tahapan *brainstorming* memiliki tujuan yaitu untuk meningkatkan pemikiran sekelompok orang sehingga dapat menemukan gagasan yang baru dengan cepat. Orang yang terlibat dalam perancangan diwajibkan memahami persoalan yang sedang dihadapi dan diharapkan tiap orang dari kelompok tersebut memunculkan gagasannya.

ii. *Synectic*

Dalam tahapan *synectic* memiliki tujuan yaitu menyatukan serta mempertemukan berbagai unsur yang telah didiskusikan dan menjadi satu pandangan yang baru yang digunakan untuk mengembangkan kreatifitas dalam permasalahan yang sedang dihadapi.

iii. Memperluas Ruang Pencarian

Pembatasan yang dilakukan dalam mencari ide – ide kreatif menjadikan hambatan dalam melakukan perancangan sehingga perlu dilakukan pengembangan serta perluasan ide sehingga dapat memperoleh solusi yang tepat. Metode yang secara umum digunakan dalam tahap memperluas ruang pencarian adalah counter planning, transformasi dan input acak.

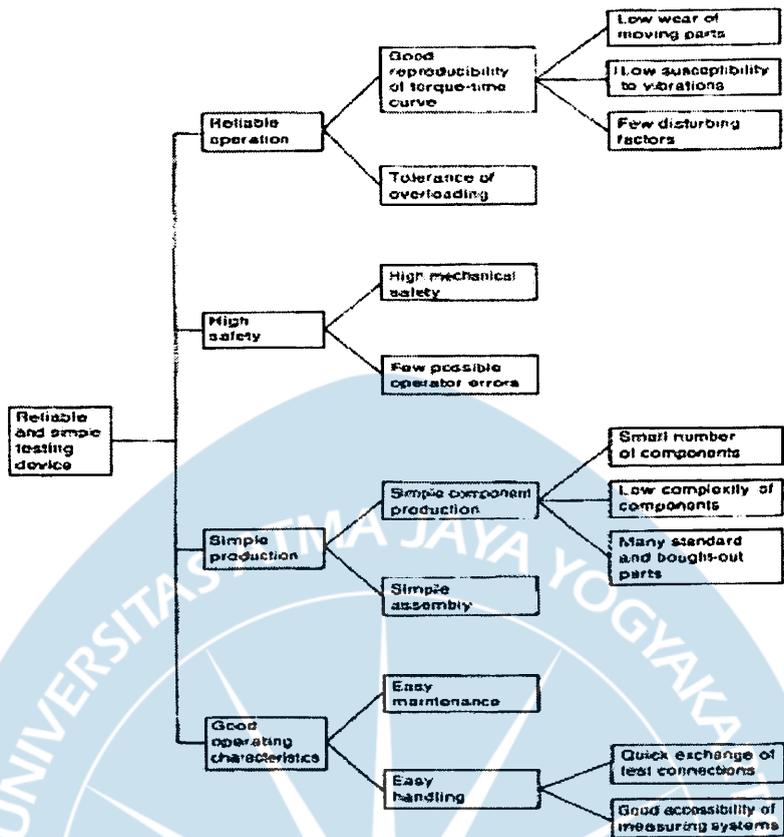
b. Metode Rasional

Metode rasional adalah suatu metode yang secara umum digunakan untuk perancangan dengan tahapan yang sistematis. Metode rasional memiliki 7 tahapan sistematis yang berguna untuk meningkatkan kualitas produk dan hasil rancangan akhir. Berikut ini adalah 7 tahapan metode rasional yang harus diperhatikan :

i. *Clarifying Objectives*

Dalam tahapan awal yaitu *Clarifying Objectives* dalam melakukan suatu perancangan harus memperjelas tujuan perancangan tersebut di dalam tahapan ini. Tujuan yang sudah di jelaskan akan dikelompokkan dan dihubungkan antara satu tujuan dengan tujuan yang lainnya. Dalam tahapan ini dapat menggunakan alat bantu yaitu berupa pohon tujuan, pohon tujuan dapat mempermudah menunjukan suatu tujuan serta sasaran yang akan dicapai dengan pertimbangan yang ada. Berikut ini adalah langkah – langkah atau prosedur pembuatan pohon tujuan :

1. Membuat serta menyiapkan daftar tujuan perancangan
Tujuan perancangan didapatkan dari hasil survei dan observasi sehingga didapatkan tujuan utama perancangan alat yang akan dilakukan.
2. Menyusun tujuan – tujuan tersebut dalam suatu runtutan urutan
Penyusunan runtutan tujuan ini dilakukan agar mengetahui dan memperjelas tujuan dan sub – sub tujuan dari proses perancangan yang akan dilakukan.
3. Menggambar diagram pohon tujuan
Penggambaran diagram pohon tujuan ini digunakan untuk memperjelas hubungan – hubungan antara tujuan dengan sub – sub tujuan yang telah disusun sebelumnya.



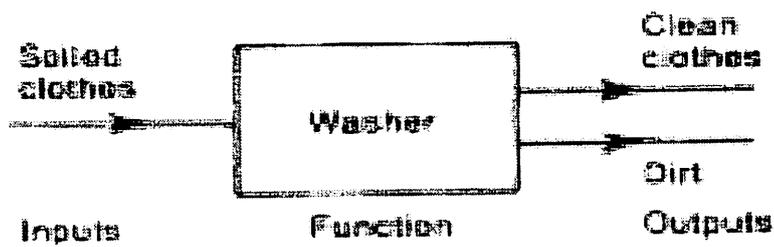
Gambar 2.2. Pohon Tujuan

Sumber : (Cross N, 2005)

ii. *Establishing Fuction*

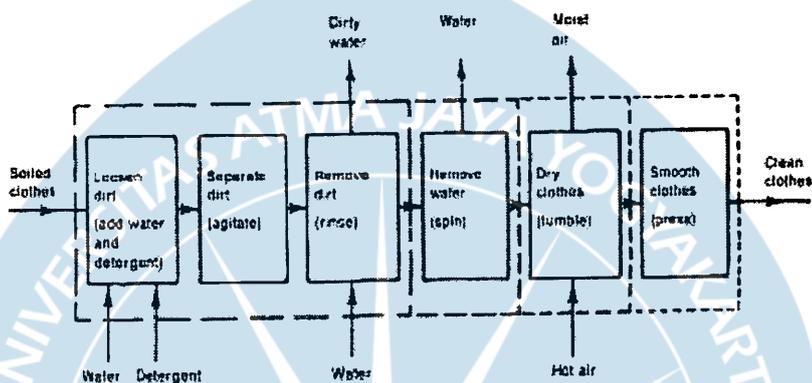
Tahap selanjutnya adalah *Establishing Fuction* dalam tahapan ini peneliti akan menentukan batasan – batasan dari perancangan yang akan dilakukan dan juga menentukan fungsi – fungsi utama dari perancangan yang akan dilakukan sebelum melakukan perancangan. Pada umumnya tahapan *Establishing Fuction* menggunakan metode analisis Fungsional yang dimana dalam metode tersebut juga mempunyai runtutan yaitu sebagai berikut:

1. Tentukanlah fungsi rancangan dari Input menjadi output dengan visualisasi (*Black Box*)
2. Lalu fungsi – fungsi dibagi menjadi ke beberapa sub fungsi
3. Setelah membagi ke beberapa sub fungsi lalu jelaskanlah hubungan antar sub fungsi tersebut divisualisasikan dengan (*Transparent box*)
4. Tentukan Batasan – batasan dari sistem
5. Menentukan komponen – komponen yang sesuai yang saling berkaitan.



Gambar 2.3. Black Box

Sumber : (Cross N, 2005)



Gambar 2.4. Transparant Box

Sumber : (Cross N, 2005)

iii. Setting Requirement

Dalam tahapan ini peneliti melakukan penentuan spesifikasi yang didasarkan pada solusi dan tujuan perancangan yang telah ditentukan. Hal ini bertujuan agar desain yang dibuat akurat sesuai dengan fungsi – fungsi dan tujuan yang diteapkan. Terdapat langkah – langkah serta prosedur yang harus diperhatikan dalam *setting requirement* yaitu sebagai berikut :

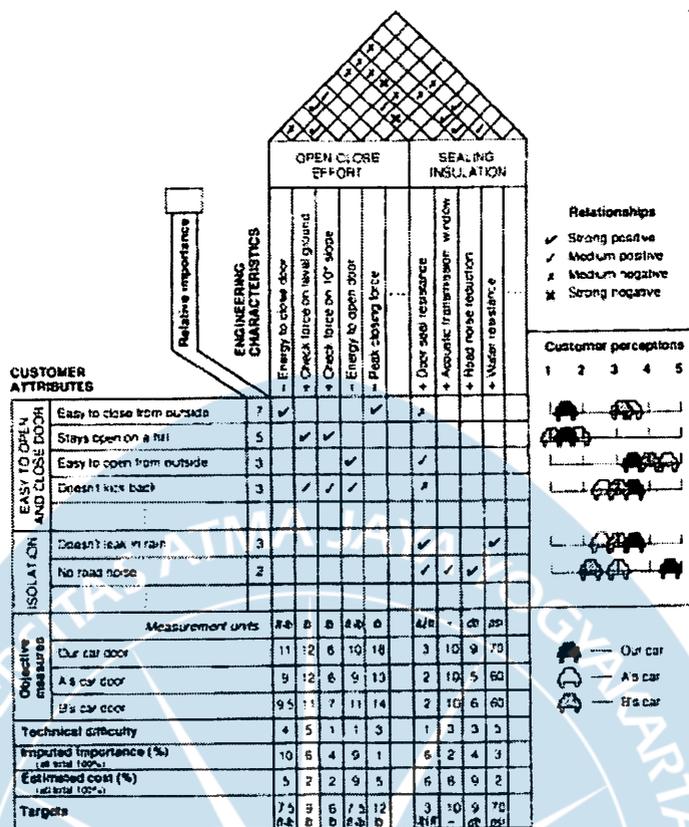
1. Memperhatikan secara teliti solusi – solusi yang dapat diaplikasikan
2. Penentuan jenis dan tingkatan untuk beroperasi
3. Mengidentifikasi secara teliti atribut – atribut performasinya
4. Tentukanlah kebutuhan performasi pada tiap – tiap atribut

iv. Determining Characteristics

Pada tahap ini peneliti menentukan karakteristik teknik produk terhadap perancangan yang akan di buat sehingga sesuai dengan tujuan serta fungsi alat yang akan di buat. Tujuan disesuaikan dengan kebutuhan dari pelanggan atau seseorang yang akan menggunakan alat. Pada umumnya dalam tahapan ini menggunakan alat bantu yaitu berupa *Quality Function*

Deployment dan menghasilkan output yang berupa HOQ (*House Of Quality*). Adapun runtutan dan tata cara pembuatan QFD adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi apa saja kebutuhan dari pelanggan (*Voice of Costumer*) yang akan menjadi input atribut pada HOQ
2. Selanjutnya tentukanlah tingkat *priority* pada atribut yang telah ditentukan pada umumnya menggunakan metode *Rank-Ordering / Point-allocation*. Jumlah dari nilai kepentingan berdasarkan keinginan konsumen.
3. Setelah itu melakukan proses input nilai evaluasi terhadap atribut produk yang akan dirancang terhadap produk yang saat ini digunakan
4. Menentukan satuan yang terukur terhadap karakteristik teknis. Penentuan karakteristik teknis berdasarkan atribut yang telah ditentukan oleh konsumen sebelumnya.
5. Lalu mengidentifikasi hubungan yang relevan antar karkteristik teknik yang terukur dan telah ditentukan sebelumnya
6. Selanjutnya menentukan tingkat relasi atau hubungan antar karakteristik teknik terhadap keinginan konsumen
7. Lalu mengidentifikasi hubungan yang relevan antar karkteristik teknik yang telah ditentukan
8. memilih dan menetapkan target ukuran yang akan dicapai berdasarkan karakteristik teknik yang telah dibuat.



Gambar 2.5. House Of Quality

Sumber : (Cross N, 2005)

v. *Generating Alternatives*

Dalam tahapan *Generating Alternatives* ini peneliti akan menetapkan beberapa solusi atau opsi alternatif perancangan. Hal ini bertujuan untuk memperluas ide perancangan yang cocok dan yang paling potensial dilakukan perancangan. Pada umumnya menggunakan metode *morphological chart* tujuannya supaya peneliti dapat menemukan dan memperluas solusi yang baru terkait dengan desain yang akan dibuat. Berikut ini adalah runtutan yang perlu diperhatikan dalam pembuatan *morphological chart* :

1. Susunlah daftar – daftar utama yang penting terkait dengan produk yang akan dibuat daftar tidak boleh terlalu banyak.
2. Susunlah daftar – daftar ide – ide baru yang berkaitan dan berhubungan dengan komponen serta sub – sub komponen yang telah ditentukan sebelumnya.
3. Gambarlah sebuah peta untuk mempermudah melihat solusi yang mungkin dapat digunakan nantinya.
4. Hitung berapa banyak kombinasi yang memungkinkan.

Tabel 2.1. Peta Morfologi

Sumber : (Cross N, 2005)

Feature	Means				
Support	Wheels	Track	Air cushion	Slides	Pedipulators
Propulsion	Driven wheels	Air thrust	Moving cable	Linear induction	-
Power	Electric	Patrol	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

vi. *Evaluating Alternatives*

Dalam tahapan *Evaluating alternative* peneliti membandingkan alternatif – alternatif yang sebelumnya telah ditentukan dan memilih alternative yang paling terbaik dari banyaknya alternatif yang telah dihitung pada bagian *Generating Alternatif* sebelumnya. Pada tahapan ini umumnya menggunakan metode *Weighted Objective* tujuan penggunaan metode ini adalah untuk membandingkan nilai terbaik berdasarkan bobot yang nantinya dihasilkan. Runtutan dalam menggunakan metode *Weighted Objective* adalah sebagai berikut :

- a. Susunlah daftar tujuan perancangan yang telah ditentukan pada pohon tujuan sebelumnya.
- b. Memberikan ranking dari tiap - tiap daftar tujuan yang telah disusun.
- c. Memberi penilaian antar hubungan yang penting pada tujuan yang telah ditetapkan. Penilaian dilakukan secara langsung oleh konsumen dengan bantuan alat *pair – wise comparison*.

Tabel 2.2. Pair-wise Comparison

Sumber : (Cross N, 2005)

objectives	A	B	C	D	E	row totals
A	—	0	0	0	1	1
B	1	—	1	1	1	4
C	1	0	—	1	1	3
D	1	0	0	—	1	2
E	0	0	0	0	—	0

- d. Menetapkan batasan parameter nilai – nilai guna dari tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya dengan bantuan tabel skala 5 titik.

Tabel 2.3. Contoh Skala 11 titik dan 5 titik

Sumber : (Cross N, 2005)

Eleven-point scale	Meaning	Five-point scale	Meaning
0	totally useless solution		
1	inadequate solution	0	inadequate
2	very poor solution		
3	poor solution	1	weak
4	tolerable solution		
5	adequate solution	2	satisfactory
6	satisfactory solution		
7	good solution	3	good
8	very good solution		
9	excellent solution	4	excellent
10	perfect or ideal solution		

- e. Membandingkan dan menghitung nilai dari masing – masing alternatif.

Tabel 2.4. Contoh Evaluasi Alternatif

Sumber : (Cross N, 2005)

Selection Criteria	Weight	Concepts							
		A (reference) Master Cylinder		DF Lever Stop		E Swash Ring		G+ Dial Screw+	
		Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score
Ease of handling	5%	3	0.15	3	0.15	4	0.2	4	0.2
Ease of use	15	3	0.45	4	0.6	4	0.6	3	0.45
Readability of settings	10	3	0.3	3	0.3	5	0.5	5	0.5
Dose metering accuracy	25	3	0.75	3	0.75	2	0.5	3	0.75
Durability	15	3	0.45	5	0.75	4	0.6	3	0.45
Ease of manufacture	20	3	0.6	3	0.6	2	0.4	2	0.4
Portability	10	3	0.3	3	0.3	3	0.3	3	0.3
Total Score		3.00		3.45		3.10		3.05	
Rank		4		1		2		3	
Continue?		No		Develop		No		No	

vii. *Improving Details*

Dalam tahapan *Improving Details* peneliti melakukan evaluasi terhadap perancangan yang telah dilakukan apakah hasil perancangan alat sudah memenuhi kebutuhan yang diharapkan oleh pekerja, atau perlu dilakukan perbaikan – perbaikan berkelanjutan agar alat yang dirancang dapat menjadi lebih baik lagi. Dan juga pengimplementasian dari alat tersebut dan membandingkan dengan alat bantu sebelum perancangan yang digunakan oleh para pekerja. Pada tahapan *Improving Details* pada umumnya menggunakan metode rekayasa penilaian yang dimana runtutan atau tata cara metode penilaian adalah sebagai berikut :

1. Membuat susunan komponen dari suatu desain atau produk yang telah dibuat dan mengidentifikasi fungsi – fungsi dari tiap komponen tersebut.
2. Menjelaskan nilai dan fungsi dari desain atau produk yang telah diidentifikasi
3. Menghitung total dari biaya komponen yang telah menjadi sebuah produk sesuai dengan desain yang telah ditentukan sebelumnya
4. Mereduksi biaya dari pembuatan produk tersebut sebisa mungkin tanpa harus mengurangi dari segi fungsi dan nilai tambah yang dihasilkan dari rancangan tersebut
5. Melakukan proses evaluasi dan memperhatikan hal – hal apa saja yang masih diperlukan perbaikan dari produk jadi tersebut.

2.2.6. Uji Statistika

Dalam penelitian yang dilakukan terkait perancangan ulang alat pencetak beton terdapat data produksi beton yang harus dianalisa secara statistika. Penggunaan software berupa excel sangat besar kontribusinya yang berguna untuk mempercepat proses pengolahan data. Dalam perancangan ini Uji statistika yang digunakan adalah berupa uji keseragaman dan uji kecukupan data. Tujuan dari penggunaan kedua uji statistika tersebut adalah untuk mengetahui apakah data yang diambil sudah cukup atau kurang secara objektif terkait dengan data produksi beton.

a. Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dilakukan untuk mengetahui apakah data yang disajikan sudah cukup atau belum. Uji ini digunakan pada saat peneliti tidak dapat mengambil data yang banyak hal ini biasanya disebabkan karena faktor waktu dan biaya data dinyatakan cukup apabila $N > N'$ atau $N' < N$. Berikut ini adalah rumus untuk melakukan perhitungan uji kecukuan data :

$$N' = \left[\frac{K/s \sqrt{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right]^2 \quad (2.1)$$

Keterangan :

N' = Jumlah data yang harus diambil

k = Tingkat keyakinan

s = Tingkat ketelitian

2.2.7. Tumpuan dalam Mekanika Teknik

Pengertian tumpuan dalam mekanika teknik adalah adalah posisi perletakan suatu struktur konstruksi, yang ditujukan sebagai pendukung untuk menyalurkan beban luar ke pendukung lainnya (Hariandja, 1996). Dalam mekanika teknik terdapat 3 jenis konstruksi tumpuan yaitu sebagai berikut:

a. Tumpuan Sendi

Tumpuan sendi atau tumpuan engsel adalah suatu tumpuan yang dapat menerima reaksi dari arah horozontal dan vertikal, tetapi tumpuan tersebut tidak mampu menahan momen. Berikut ini adalah gambar pemodelan dari tumpuan sendi dapat dilihat pada Gambar 2.6.

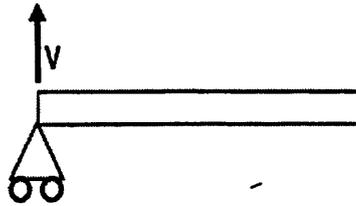


Gambar 2.6. Model Tumpuan Sendi

b. Tumpuan Rol

Tumpuan rol adalah suatu tumpuan yang dapat bergeser hanya pada arah horizontal sehingga tumpuan rol tidak dapat menahan gaya horizontal. Tumpuan rol hanya mampu menahan gaya yang bekerja pada vertikal dan

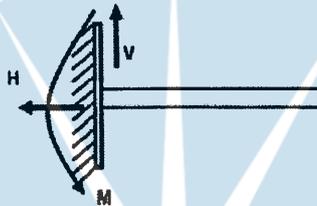
tidak dapat menahan momen. Berikut ini adalah gambar pemodelan dari tumpuan rol dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Model Tumpuan Rol

c. Tumpuan Jepit

Tumpuan jepit adalah suatu tumpuan yang dapat menahan reaksi dari segala arah dan juga dapat menahan reaksi dari putaran momen. Berikut ini adalah gambar pemodelan dari tumpuan jepit dapat dilihat pada Gambar 2.8.

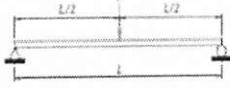
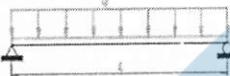
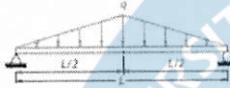


Gambar 2.8. Model Tumpuan Jepit

2.2.8. Momen Maksimum

Momen adalah suatu gaya yang bekerja pada suatu material yang mengakibatkan material melentur sehingga akan mengalami tarikan dan serat bagian dalam juga akan mengalami tekanan. Gejala yang terlihat pada material akan mengalami retak atau patah bila material yang ada tidak dapat menahan momen maksimum. Rumus momen maksimum dengan beban merata dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.5. Tabel Rumus Momen Maksimum

Struktur & Pembebanan	Momen Maksimum	Defleksi Maksimum	Lokasi Maksimum
	$\frac{1}{4} PL$	$\frac{PL^3}{48EI}$	$\frac{1}{2} L$
	$\frac{Pab}{L}$	$a \geq b \rightarrow \frac{Pb(L^2 - b^2)^{3/2}}{9\sqrt{3}EI}$	$a \geq b \rightarrow \sqrt{\frac{L^2 - b^2}{3}}$
	Pa	$\frac{Pa}{24EI} (3L^2 - 4a^2)$	$\frac{1}{2} L$
	$\frac{1}{8} qL^2$	$\frac{5qL^4}{384EI}$	$\frac{1}{2} L$
	$\frac{1}{12} qL^2$	$\frac{qL^4}{120EI}$	$\frac{1}{2} L$

Momen maksimum memiliki rumus yang berbeda sesuai dengan pembebanan pada rangka yang ada. Dalam penelitian kali ini beban yang ada adalah beban merata sehingga rumus momen maksimumnya adalah sebagai berikut :

$$M_{\max} = \frac{(qL^2)}{8} \quad (2.2)$$

Dimana :
 M_{\max} = Momen Maksimum (Nm)
 q = Beban Merata (N)
 L = Panjang Rangka (m)

2.2.9. Konsep Tegangan

Tegangan adalah suatu ketahanan benda atau batang yang kedua ujungnya ditarik oleh gaya – gaya luar (Jensen & Chenoweth, 1989). Untuk dapat menentukan suatu bahan yang tepat dalam pembuatan struktur rangka atau bangunan hal yang sangat perlu diperhatikan adalah tegangan dari material tersebut. Menurut (Jensen & Chenoweth, 1989) tegangan ijin adalah suatu batasan kekuatan dari suatu material yang aman digunakan dalam proses atau desain perancangan terutama pada bagian struktur. Tegangan pada penampang memiliki rumus sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2.3)$$

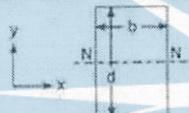
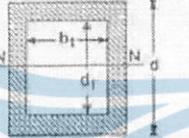
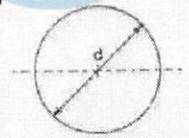
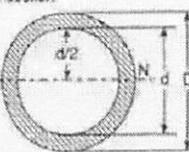
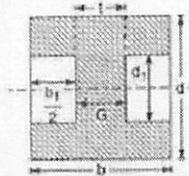
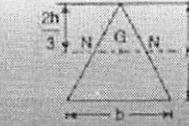
Dimana : σ = Tegangan (N/m^2)
 P = Beban (N)
 A = Luas dari penampang (m^2)

Tegangan maksimum dalam penelitian yang akan dilakukan berdasarkan nilai dari tegangan ijin material yang digunakan sebagai pembatas faktor keamanan.

2.2.10. Momen Inersia

Momen inersia adalah suatu parameter yang digunakan dalam mekanika untuk mengetahui serta menentukan hubungan antara momentum sudut, momen gaya dan percepatan sudut. Berikut ini adalah bentuk beberapa profil penampang baja beserta dengan rumus momen inersia dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.6. Tabel Rumus Momen Inersia
 Sumber (www.engineersedge.com)

Type of section	Moment of inertia	y_{max}	Section modulus (Z)
Rectangle or parallelogram 	$I_{xx} = \frac{bd^3}{12}$ $I_{yy} = \frac{db^3}{12}$	$\frac{d}{2}$ $\frac{b}{2}$	$Z_{xx} = \frac{bd^2}{6}$ $Z_{yy} = \frac{db^2}{6}$
Hollow rectangular section 	$I_{xx} = \frac{bd^3}{12} - \frac{b_1d_1^3}{12}$ $I_{yy} = \frac{db^3}{12} - \frac{d_1b_1^3}{12}$	$\frac{d}{2}$ $\frac{b}{2}$	$Z_{xx} = \frac{1}{6d}(bd^3 - b_1d_1^3)$ $Z_{yy} = \frac{1}{6b}(db^3 - d_1b_1^3)$
Circular section 	$I_{xx} = \frac{\pi}{64} d^4$ $I_{yy} = \frac{\pi}{64} d^4$	$\frac{d}{2}$ $\frac{d}{2}$	$Z_{xx} = \frac{\pi}{32} d^3$ $Z_{yy} = \frac{\pi}{32} d^3$
Hollow circular section 	$I_{xx} = I_{yy} = I$ $I_{yy} = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$	$\frac{D}{2}$	$Z_{xx} = Z_{yy} = Z$ $Z = \frac{\pi}{32D} (D^4 - d^4)$
I-section 	$I_{xx} = \frac{bd^3}{12} - \frac{b_1d_1^3}{12}$ $I_{yy} = \frac{db^3}{12} - \frac{d_1b_1^3}{12}$ $I_{xx} = \frac{1}{12} (bd^3 - (b-t)d_1^3)$	$\frac{d}{2}$ $\frac{b}{2}$	$Z_{xx} = \frac{1}{6d} (bd^3 - b_1d_1^3)$ $Z_{yy} = \frac{1}{6b} (db^3 - d_1b_1^3)$
Triangle 	$I_G = \frac{bh^3}{36}$	$\frac{2}{3} h$	$Z_G = \frac{bh^2}{24}$

Momen inersia memiliki rumus yang berbeda – beda sesuai dengan *type of section* atau bentuk profil dari material yang digunakan. Dalam hal penelitian kali ini menggunakan material adalah baja hollow yang berbentuk kotak sehingga rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$i = \frac{1}{12} \times (BH^3 - bh^3) \quad (2.4)$$

Dimana : i = Momen Inersia (mm^4)
 B dan H = Ukuran sisi luar (mm)
 b dan h = Ukuran sisi dalam (mm)

2.2.11. Pengetahuan Bahan

a. Beton

Beton menurut (Mc Cormac, 2004) adalah suatu campuran yang secara umum terdiri dari pasir, kerikil, pecahan batuan kecil maupun besar dan agregat lain yang diperlukan dan diaduk serta dicampur menjadi satu dengan bahan utama yaitu air dan semen yang akan membentuk suatu massa batuan yaitu beton tersebut. Berdasarkan penjelasan departemen Pembangunan Umum beton memiliki 3 jenis golongan yaitu sebagai berikut :

Tabel 2.7. Mutu Beton dan Penggunaan

Sumber : (Puslitbang Prasarana Transportasi, 2005)

Jenis Beton	f_c' (MPa)	σ_{bk} (Kg/cm ²)	Uraian
Mutu tinggi	35 – 65	K400 – K800	Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang paucang beton prategang, gelagar beton prategang, pelat beton prategang dan sejenisnya.
Mutu sedang	20 – < 35	K250 – <K400	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma, kerb beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan.
Mutu rendah	15 – <20	K175 – <K250	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, trotoar dan pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu.
	10 – <15	K125 – <K175	digunakan sebagai lantai kerja, penimbunan kembali dengan beton

Dalam penelitian yang dilakukan produk beton yang digunakan adalah beton tanpa tulangan sehingga masuk dalam kategori rendah dengan kuat tekan beton antara 15 – 20 Mpa.

b. Baja

Baja adalah suatu logam paduan yang dimana besi sebagai unsur dasar sedangkan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Pada baja umumnya kandungan karbon berkisar antara 0,2% sampai 2,1%. Selain itu pada baja juga mengandung unsur – unsur dalam persentase kecil lainnya seperti fosfor (P), silikon (Si), sulfur (S) dan sebagainya. Menurut (Amanto, 1999) dari unsur paduan yang ada dalam baja, baja dapat dikategorikan menjadi tiga kategori yaitu baja karbon rendah, baja karbon sedang dan baja karbon tinggi.

i. Baja Karbon Rendah

Memiliki kandungan karbon antara 0,008% - 0,3% sifat dari baja ini tidak dapat lagi dikeraskan disebabkan oleh kandungan karbon yang tidak cukup untuk membentuk struktur. Menurut (Rusmardi, 2009) berdasarkan jumlah karbon yang terkandung maka baja karbon rendah dapat digunakan dan dibentuk menjadi :

1. Baja karbon rendah dengan kandungan karbon 0,008%-0,1% dijadikan plat baja atau strip
2. Baja karbon rendah dengan kandungan karbon 0,2%-0,3% digunakan secara umum untuk membuat paku keling dan baut.
3. Baja karbon rendah dengan kandungan karbon 0,5% digunakan secara umum untuk badan-badan kendaraan

ii. Baja Karbon Sedang

Memiliki kandungan karbon antara 0,3% - 0,6% sifat dari baja ini dapat dikeraskan dengan perlakuan panas yang tepat dan sesuai. Menurut (Rusmardi, 2009) berdasarkan jumlah karbon yang terkandung maka baja karbon sedang dapat digunakan dan dibentuk menjadi :

1. Baja karbon sedang dengan kandungan karbon 0,4% digunakan secara umum untuk pembuatan baut, mur, batang torak dan lain sebagainya
2. Baja karbon sedang dengan kandungan karbon 0,5% digunakan secara umum untuk bahan dasar pembuatan roda gigi dan martil
3. Baja karbon sedang dengan kandungan karbon 0,6% digunakan secara umum untuk pembuatan pegas.

iii. Baja Karbon Tinggi

Memiliki kandungan karbon antara 0,7% - 1,3% sifat dari baja ini adalah taha panas sehingga secara umum digunakan untuk pekerjaan yang berhubungan dengan panas. Menurut (Rusmardi, 2009) berdasarkan jumlah karbon yang terkandung maka baja karbon tinggi dapat digunakan dan dibentuk menjadi :

1. Baja karbon tinggi dengan kandungan karbon 0,9% digunakan secara umum untuk pembuatan palu, gergaji dan pahat potong pada mesin.
2. Baja karbon tinggi dengan kandungan karbon 1%-1,5% secara umum untuk pembuatan kikir dan pisau.

Berikut ini adalah tabel klasifikasi baja karbon menurut (Sriantje Djaprie, 1986) :

Sumber : (Sriantje Djaprie, 1986)

Tabel 2.8. Klasifikasi Baja Karbon

Jenis dan Kelas	Kadar karbon (%)	Kekuatan luluh (kg/mm ²)	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Perpanjangan	Kekerasan Brinnel	Penggunaan	
Baja karbon rendah	Baja lunak khusus	0.08	18 - 28	12 - 36	40 - 30	95 - 100	Pelat tipis
	Baja sangat lunak						
Baja karbon keras	Baja lunak	0.08 - 0.12	36 - 42	36 - 42	40 - 30	80 - 120	Batang, kawat
	Baja setengah lunak	0.12 - 0.20	38 - 48	38 - 48	36 - 24	100 - 130	Konstruksi umum
	Baja setengah sedang	0.20 - 0.30	44 - 55	44 - 55	32 - 22	112 - 145	
	Baja keras	0.30 - 0.40	50 - 60	50 - 60	30 - 17	140 - 170	Alat-alat mesin
Baja karbon keras	Baja sangat tinggi	0.40 - 0.50	58 - 70	58 - 70	26 - 14	160 - 200	Perkakas Rel, pegas dan kawat piano
		0.50 - 0.80	65 - 100	65 - 100	20 - 11	180 - 235	

c. Besi Hollow

Besi hollow adalah besi dengan bentuk pipa kotak sama sisi. Fungsi dari besi hollow secara umum adalah sebagai penopang atau rangka yang digunakan untuk plafon. Terdapat dua jenis besi hollow yang ada di pasaran yaitu :

i. Besi hollow galvanise

Besi hollow galvanise terdiri dari unsur pokok yaitu 97% baja karbon, 1% alluminium dan sisanya adalah unsur lainnya. Kelebihan besi hollow galvanise adalah banyak di temui di pasaran dan harganya yang murah serta tingkat kekerasan yang baik sedangkan kekurangannya adalah besi hollow jenis galvanise tidak tahan korosi dengan waktu yang cukup lama sehingga dalam penerapannya besi hollow galvanise diberikan anti karat atau di cat.

ii. Besi hollow galvalume

Besi hollow galvalume terdiri dari unsur pokok yaitu aluminium 55%, baja karbon 43,5% sedangkan lapisan silikon 1,5%. Besi hollow jenis ini mempunyai kelebihan banyak ditemui di pasaran, tahan korosi dan kuat sedangkan kekurangannya adalah harga dari besi hollow jenis ini cukup mahal. -

Berikut ini adalah spesifikasi atau *mechanical property* dari besi hollow berbahan dasar baja karbon kelas rendah :

Tabel 2.9. Spesifikasi AISI 1080 Low Carbon Steel

Sumber : (<https://www.azomaterial.com>)

Mechanical Properties	Metric	Imperial
Hardness, Brinell	126	126
Hardness, Knoop (Converted from Brinell hardness)	145	145
Hardness, Rockwell B (Converted from Brinell hardness)	71	71
Hardness, Vickers (Converted from Brinell hardness)	131	131
Tensile Strength, Ultimate	440 MPa	63800 psi
Tensile Strength, Yield	370 MPa	53700 psi
Elongation at Break (In 50 mm)	15.0 %	15.0 %
Reduction of Area	40.0 %	40.0 %
Modulus of Elasticity (Typical for steel)	205 GPa	29700 ksi
Bulk Modulus (Typical for steel)	140 GPa	20300 ksi
Poissons Ratio (Typical For Steel)	0.290	0.290
Machinability (Based on AISI 1212 steel. as 100% machinability)	70 %	70 %
Shear Modulus (Typical for steel)	80.0 GPa	11600 ksi