

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang perancangan alat bantu yang ergonomis dengan memperhatikan dimensi anthropometri tubuh manusia sudah cukup banyak. Beberapa dari sekian banyak penelitian yang sudah dilakukan antara lain : (Prasetyo & Agri Suwandi, 2011), (Widananto & Purnomo, 2013), (Ramdhani, 2013) dan (Widodo & Astuti, 2015).

(Prasetyo & Agri Suwandi, 2011) dalam jurnalnya mengangkat judul "*Rancangan Kursi Operator SPBU Yang Ergonomis Dengan Menggunakan Pendekatan Anthropometri*". Tujuan dari penelitian ini untuk memberikan solusi agar operator tidak cepat lelah dan dapat mempercepat waktu pengisian BBM. Metode perancangan yang digunakan adalah pendekatan data anthropometri. Hasil rancangannya berupa kursi operator yang ergonomis.

(Widananto & Purnomo, 2013) dalam jurnalnya mengangkat judul "*Rancangan Mesin Pengupas Sabut Kelapa Berbasis Ergonomi Partisipatori*". Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui desain mesin pengupas sabut kelapa hasil rancangan dan tingkat kepuasan pemakainya. Metode perancangan yang digunakan dalam rancang mesin pengupas sabut kelapa dilakukan dengan pendekatan ergonomi partisipatori yang terdiri dari para *stakeholder*. Desain mesin yang dihasilkan terdiri dari empat bagian yaitu pengupas, penggerak, pengecam, dan cover pengarah sabut.

(Ramdhani, 2013) dalam jurnalnya mengangkat judul "*Perancangan Alat Pengupas Kulit Lunak Melinjo Yang Ergonomis Dengan Pendekatan Metode Rasional Untuk Meningkatkan Produktivitas Produksi*". Metode perancangan yang digunakan adalah metode rasional berdasarkan analisis anthropometri. Tujuan dari penelitian ini untuk meningkatkan produktivitas produksi. Hasil rancangan dari penelitian ini adalah alat pengupas kulit luar melinjo.

(Widodo & Astuti, 2015) dalam jurnalnya mengangkat judul "*Perancangan Alat Bantu Untuk Memperbaiki Postur Kerja Pada Aktivitas Memelitur Dalam Proses Finishing*". Tujuan dari penelitian ini adalah merancang suatu alat bantu ergonomis yang membantu mengurangi risiko cedera dan memberi kemudahan selama

proses *finishing*. Metode perancangan yang digunakan adalah pendekatan ergonomi dengan analisis postur kerja REBA. Hasil dari perancangan ini dinamakan *Flexible Framework* yaitu suatu *frame* yang membantu proses kerja *finishing* yang *flexible* untuk digunakan dalam berbagai produk jendela dan *flexible* untuk dipindahkan sesuai kebutuhan.

2.1.2. Penelitian Sekarang

Pada penelitian ini akan dilakukan di sebuah UMKM *Wedding Souvenir* pembuatan kipas tradisional di Alifa Craft Yogyakarta. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang alat bantu yang ergonomis untuk mempercepat waktu proses, mendapat *output* ukuran lebar bilahan bambu yang sama, dan mengurangi keluhan *musculoskeletal* pada operator. *Tools* yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuisioner *Nordic Body Map* dan wawancara. *Software* yang digunakan untuk membuat perancangan alat bantu adalah Autocad 2007 dan Catia V5R20.

Tabel 2.1. Perbandingan Penelitian

Aspek Perbandingan	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
(Prasetyo & Agri Suwandi, 2011)	Rancangan Kursi Operator SPBU Yang Ergonomis Dengan Menggunakan Pendekatan Anthropometri	Memberi solusi agar operator tidak cepat lelah dan dapat mempercepat waktu pengisian BBM	Pendekatan Data Anthropometri	Kursi operator yang ergonomis untuk pekerja pengisian BBM
(Widianto & Purnomo, 2013)	Rancangan Mesin Pengupas Sabut Kelapa Berbasis Ergonomi Partisipatori	Mengetahui desain mesin pengupas sabut kelapa hasil rancangan dan tingkat kepuasan pemakainya	Pendekatan Ergonomi Partisipatori	Desain mesin berupa penggerak, pengupas, pencekam dan cover pengarah sabut
(Ramdhani, 2013)	Perancangan Alat Pengupas Kulit Lunak Melinjo yang Ergonomis Dengan Pendekatan Metode Rasional Untuk Meningkatkan Produktivitas Produksi	Meningkatkan produktivitas produksi melinjo	Metode rasional Berdasarkan Analisis Data Anthropometri	Alat pengupas kulit luar melinjo dalam proses pengupasan

Lanjutan Tabel 2.1.

Aspek Pemandangan	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
(Widodo & Astuti, 2015)	Perancangan Alat Bantu Untuk Memperbaiki Postur Kerja Pada Aktivitas Memelitur Dalam Proses <i>Finishing</i>	Membantu mengurangi risiko cedera dan memberi kemudahan selama proses <i>finishing</i>	Pendekatan Ergonomi dengan Analisis Postur Kerja REBA	<i>Flexible Framework</i> yaitu suatu <i>frame</i> yang membantu proses kerja <i>finishing</i> yang <i>flexible</i>
Penelitian Sekarang (2017)	Perancangan Alat Pembelah Bambu di UMKM Alifa Craft	Mengurangi keluhan dan potensi cedera pada pekerja, mempercepat waktu proses produksi dan mendapatkan <i>output</i> bilahan bambu dengan ukuran yang sama	Metode Rasional berdasarkan Data Anthropometri dan kuisisioner <i>Nordic Body Map</i>	Alat bantu berupa pisau silindris dengan sistem tekan hidrolik manual untuk proses pembelahan bambu

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Ergonomi

Menurut (Nurmianto, 2003), *Ergonomi* berasal dari Bahasa Latin yang adalah *Ergon* (kerja) dan *Nomos* (peraturan, hukum alam). Ergonomi merupakan studi yang mempelajari segala aspek tentang manusia di dalam lingkungan kerja baik secara fisiologi, anatomi, psikologi, manajemen dan perancangan. Studi tentang optimasi, efisiensi, kesehatan, keselamatan dan kenyamanan manusia di tempat kerja, di rumah dan di tempat rekreasi juga merupakan kajian dalam ergonomi. Dibutuhkan studi dimana faktor manusia, fasilitas kerja dan lingkungan tersebut saling berinteraksi untuk menyesuaikan suasana kerja dengan manusia sebagai tujuan utamanya.

Dalam hal ini menurut (Wignjosoebroto, 2000), kemampuan dan keterbatasan secara aspek pengamatan, fisik dan psikis menjadi dasar dari peranan manusia sendiri. Dalam menunjang tugas yang dilakukan operator juga dibutuhkan peranan

fungsi dari mesin atau peralatan. Adapun mesin atau peralatan tersebut berperan untuk menambah kemampuan manusia, mengurangi stress tambahan karena beban kerja dan meringankan kerja tertentu yang membutuhkan kapasitas dan kemampuan yang dimiliki manusia.

Secara umum penerapan ergonomi dalam melakukan sebuah aktivitas memiliki tujuan sebagai berikut :

- a. Peningkatan kesejahteraan fisik dan mental dengan melakukan pencegahan terhadap penyakit akibat kerja, pengupayaan promosi dan kepuasan kerja, dan penurunan beban kerja operator secara fisik dan mental
- b. Peningkatan kesejahteraan sosial dengan melakukan peningkatan kualitas kontak sosial, pengelolaan dan koordinir kerja yang tepat guna, dan peningkatan jaminan sosial dalam kurun waktu baik dalam usia produktif atau setelahnya.
- c. Pengelolaan keseimbangan rasional untuk menciptakan kualitas kerja dan kualitas hidup yang tinggi dari beberapa aspek secara teknis, ekonomis, dan budaya dari setiap sistem kerja yang dilakukan.
(Tarwaka et al., 2004).

2.2.2. Anthropometri

Anthropometri berasal dari Bahasa Yunani "*anthropos*" yang artinya manusia dan "*metron*" yang adalah pengukuran, sehingga anthropometri adalah pengukuran terhadap dimensi tubuh manusia. Pengukuran tersebut nantinya akan digunakan dalam studi ergonomi untuk menentukan dimensi fisik dari suatu ruang kerja, peralatan dan lain-lain. Hal tersebut dilakukan dengan tujuan antara fisik dari dimensi mesin atau peralatan dan dimesi manusia sesuai (Bridger, 1995).

Menurut (Wignjosoebroto, Rahman, & Jovianto, 2010), data hasil pengukuran anthropometri tersebut akan digunakan sebagai pertimbangan ergonomis dalam pengaplikasian dalam beberapa hal secara luas seperti :

- a. Perancangan area kerja.
- b. Perancangan perkakas dan alat-alat kerja seperti mesin, peralatan dan perlengkapan kerja.
- c. Perancangan produk yang bersifat konsumtif seperti meja dan kursi.
- d. Perancangan lingkungan kerja fisik.

Anthropometri terbagi menjadi dua jenis, yaitu anthropometri statis dan anthropometri dinamis, dimana :

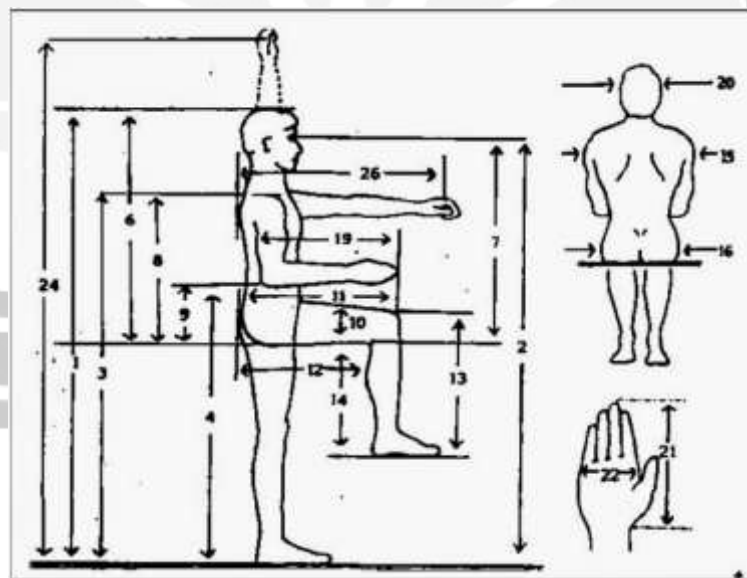
a. Anthropometri Statis atau Struktural

Dimana pengukuran keadaan dan ciri-ciri fisik manusia pada dimensi-dimensi dasar fisik, seperti bagian tubuh, lingkaran bagian tubuh, massa bagian tubuh yang didapat dalam posisi diam.

b. Anthropometri Dinamis atau Fungsional

Dimana pengukuran keadaan dan ciri-ciri fisik manusia yang berkaitan erat dengan dimensi fungsional, seperti tinggi duduk, panjang jangkauan yang didapat ketika melakukan gerakan-gerakan yang mungkin terjadi saat bekerja. (Iridiastadi & Yassierli, 2014).

Terdapat berbagai macam data anthropometri yang terdiri dari dimensi bagian-bagian tubuh manusia dalam klasifikasi tertentu yang disesuaikan dengan kebutuhan. Perolehan dimensi anthropometri dapat dilakukan dengan mengukur langsung bagian tubuh manusia. Berikut ini contoh bagian-bagian tubuh manusia yang seringkali diukur menjadi data anthropometri.



Gambar 2.1. Data Anthropometri

Keterangan Gambar . :

1. Tinggi tubuh dalam posisi tegak
2. Tinggi mata dalam posisi berdiri tegak
3. Tinggi bahu dalam posisi berdiri tegak

4. Tinggi siku dalam posisi berdiri tegak
5. Tinggi kepalan tangan yang terjulur dalam posisi berdiri tegak (tidak ditunjukkan pada gambar)
6. Tinggi tubuh dalam posisi duduk
7. Tinggi mata dalam posisi duduk
8. Tinggi bahu dalam posisi duduk
9. Tinggi siku dalam posisi duduk
10. Tebal atau lebar paha
11. Panjang paha (dari pantat sampai ujung lutut)
12. Panjang paha (dari pantat sampai bagian belakang lutut/betis)
13. Tinggi lutut dalam posisi duduk
14. Tinggi popliteal duduk
15. Lebar bahu
16. Lebar pinggul
17. Lebar dada (tidak ditunjukkan pada gambar)
18. Lebar perut (tidak ditunjukkan pada gambar)
19. Panjang siku (posisi ujung jari tegak lurus)
20. Lebar kepala
21. Panjang telapak tangan
22. Lebar telapak tangan
23. Lebar tangan
24. Tinggi jangkauan tangan dalam posisi berdiri tegak
25. Tinggi jangkauan tangan dalam posisi duduk tegak (tidak ditunjukkan pada gambar)
26. Panjang jangkauan tangan ke depan (dari bahu sampai ujung jari)

2.2.3. Penerapan Anthropometri dalam Perancangan Fasilitas Kerja

Penerapan dimensi anthropometri dalam sebuah perancangan fasilitas kerja sangatlah penting untuk menghindari ketidaknyamanan selama bekerja. Adapun dampak yang akan terjadi jika kondisi mesin atau peralatan kerja tersebut tidak sesuai, antara lain :

- a. Risiko kecelakaan kerja atau cacat produk karena terjadinya kesalahan kerja (*error*).
- b. Dalam jangka waktu lama akan mengakibatkan pegal dan ngilu pada bagian sistem otot-rangka.

- c. Tingginya tingkat kelelahan karena tenaga terkuras dan mengakibatkan produktivitas kerja menurun.
- d. Cepat lelah saat bekerja karena kerja otot yang berlebihan atau pemerasan tenaga.

(Iridiastadi & Yassierli, 2014).

Beberapa prinsip yang harus diperhatikan dalam aplikasi data anthropometri saat melakukan perancangan produk menurut (Wignjosoebroto, 2000) :

- a. Prinsip Perancangan Produk bagi Individu dengan Ukuran yang Ekstrem.
Penetapan rancangan produk dengan dimensi minimum yang didapat dari nilai persentil terbesar (persentil ke-90, ke-95 atau ke-99) dan dimensi maksimum yang didapat berdasar dari nilai persentil terkecil (persentil ke 1, ke-5, ke-10). Hal tersebut dilakukan untuk memenuhi 2 sasaran utama rancangan yaitu, produk dapat digunakan untuk ukuran tubuh manusia yang terlalu besar atau kecil dibandingkan rata-rata sesuai klasifikasi ekstrem dan produk tetap dapat digunakan untuk ukuran tubuh manusia yang standar.
- b. Prinsip Perancangan Produk bagi Operasi dengan Rentang Ukuran Tertentu.
Penggunaan nilai persentil dengan rentang persentil ke 5 s.d ke 95 yang umum diaplikasikan. Sifat produk dapat dikatakan fleksibel dimana rancangan dapat berubah ukuran sesuai dengan dimensi tubuh orang yang menggunakan produk tersebut, misalnya jok mobil.
- c. Prinsip Perancangan Produk dengan Ukuran Rata-rata.
Rancangan produk berdasarkan ukuran manusia rata-rata dan bagi yang berukuran ekstrem diluar rata-rata akan dibuat rancangan sendiri. Persentil yang digunakan adalah persentil ke 50.

Beberapa langkah-langkah yang diperlukan dalam pengaplikasian data anthropometri :

- a. Menentukan anggota tubuh yang akan digunakan untuk mengoperasikan produk.
- b. Menentukan dimensi tubuh yang penting dalam proses perancangan, perlu diperhatikan data yang digunakan apakah *structural body dimension* atau *functional body dimension*.
- c. Menentukan populasi mayoritas yang menjadi target utama sebagai pengguna dari rancangan produk.

- d. Menetapkan prinsip pengukuran yang akan digunakan apakah untuk ukuran individual yang ekstrim, rata-rata, atau dengan pemberian rentang ukuran yang fleksibel.
- e. Memilih persentil berdasarkan populasi, persentil ke-5, ke-50, ke-95.

Menurut (Wignjosoebroto, 2000), setelah melakukan langkah tersebut di atas selanjutnya memilih atau menetapkan nilai ukuran sesuai dengan tabel data anthropometri, mengaplikasikannya dan bila perlu menambahkan faktor *allowance* (kelonggaran).

2.2.4. Pengolahan Data Anthropometri

Data anthropometri yang sudah didapat akan diolah dan diuji untuk mendapatkan data yang normal, seragam dan cukup untuk dimensi dalam melakukan perancangan. Berikut beberapa hal yang harus diperhatikan dalam melakukan pengolahan data anthropometri :

- a. Uji Kenormalan Data

Fungsi dari uji kenormalan data ini untuk mengetahui apakah data yang diambil sudah terdistribusi normal atau sudah diambil dalam populasi normal. *Software* yang digunakan untuk mengolah data pada penelitian ini adalah *Microsoft Excel* agar data yang diolah dapat diteliti dengan mudah.

- b. Uji Keseragaman Data

Fungsi dari uji keseragaman data ini untuk mengetahui apakah data yang diambil sudah seragam. *Software Microsoft Excel* digunakan untuk melakukan uji keseragaman data agar lebih mudah dan teliti.

- c. Uji Kecukupan Data

Pada uji kecukupan data ini dipengaruhi tingkat ketelitian dan keyakinan. Tingkat ketelitian menunjukkan besar persentase penyimpangan maksimal hasil pengukuran dari nilai yang sebenarnya. Tingkat keyakinan menunjukkan besar persentase kemungkinan keyakinan data yang didapatkan berada dalam tingkat ketelitian yang ditentukan. Uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah data yang didapatkan sudah mencukupi jumlah sampel minimum atau belum. Uji kecukupan data menggunakan *software Microsoft Excel* agar mempermudah dalam perhitungan dan pengefisienan waktu.

$$N' = \left[\frac{K}{S} \sqrt{N(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \right]^2 \quad (2.1)$$

Keterangan:

K = Nilai kepercayaan

S = Nilai ketelitian

x = Data hasil pengukuran

N' = Jumlah pengukuran yang seharusnya dilakukan

N = Jumlah pengukuran yang sudah dilakukan

Jika $N' < N$, maka data cukup

Jika $N' > N$, maka data tidak cukup sehingga perlu data tambahan

Nilai K menunjukkan tingkat kepercayaan tertentu yang besarnya dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Tingkat Kepercayaan

Tingkat Kepercayaan	Nilai K
$\leq 68\%$	1
$68\% < K \leq 95\%$	2
$95\% < K \leq 99\%$	3

Nilai S menunjukkan tingkat ketelitian tertentu yang besarnya dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Tingkat Ketelitian

Tingkat Ketelitian	Nilai S
5%	0,05
10%	0,10

d. Persentil

Nilai persentil digunakan untuk menunjukkan persentase dari dimensi kelompok orang yang lebih tinggi, sama atau lebih rendah dari nilai tersebut. Persentil dapat ditetapkan sesuai dengan tabel probabilitas distribusi normal. Pada perancangan, persentil digunakan agar alat yang dirancang dapat digunakan oleh beberapa pekerja dengan rentang postur tubuh tertentu. Hal ini berarti nilai persentil dapat digunakan sesuai dengan postur minimum atau maksimum.

Pemberian contoh misalkan persentil 95 menunjukkan bahwa 95% populasi berada pada atau di bawah ukuran tersebut, sedangkan persentil 5

menunjukkan populasi berada pada atau di bawah ukuran itu. Persentil 95 menggambarkan ukuran manusia yang berukuran besar, sedangkan persentil 5 menggambarkan ukuran manusia yang berukuran kecil. Hal tersebut merupakan pokok bahasan dalam anthropometri.

e. Kelonggaran

Aspek kelonggaran cukup memegang peranan penting dalam sebuah perancangan karena memiliki banyak aspek yang berbeda. Aspek dalam kelonggaran sangat bervariasi, diantaranya keadaan musim, lingkungan, suasana dan kondisi kerja. Selain hal tersebut, kelonggaran juga dapat dilihat dari segi pakaian, sepatu, kaki, ruang kerja dan bahan yang dikerjakan pada alat yang dirancang.

2.2.5. Kuisisioner *Nordic Body Map* (NBM)

Menurut (Kroemer & Kroemer, 2016), *Nordic Body Map* merupakan *tools* dengan instrumen berupa kuisisioner yang paling sering digunakan untuk mengetahui keluhan sakit atau ketidaknyamanan pada tubuh dari pekerja sebelum dan sesudah melakukan pekerjaan. Kuisisioner ini sudah terstandarisasi dan tersusun rapi, hal tersebut dapat menjadi salah satu cara untuk mengenali sumber penyebab sehingga dapat melakukan evaluasi ergonomi (Tarwaka et al., 2004). Terdapat 9 utama bagian tubuh yang dapat diketahui hasil keluhannya, diantaranya bagian tubuh leher, bahu, punggung bagian atas, siku, punggung bawah, pergelangan tangan bawah, pergelangan tangan, pinggang dan lutut.

2.2.6. Keluhan *Musculoskeletal*

Musculoskeletal disorders (MSDs) merupakan istilah yang seringkali disebutkan untuk menjelaskan adanya keluhan hingga kerusakan pada otot skeletal pekerja. Keluhan ini terjadi karena otot yang cenderung melakukan kerja dan menerima beban yang statis secara berulang dalam jangka waktu lama biasanya dimulai dari keluhan yang sangat ringan hingga sangat sakit. Beberapa bagian yang akan mengalami kerusakan biasanya bagian sendi, ligamen, dan tendon. Keluhan otot terbagi menjadi dua secara umum, yaitu :

- a. Keluhan menetap, merupakan keluhan otot yang akan dialami terus-menerus meskipun pembebanan kerja telah dihentikan.
- b. Keluhan sementara, merupakan keluhan otot yang akan dialami saat menerima beban statis namun ketika pembebanan kerja dihentikan keluhan tersebut akan hilang dengan segera.

(Tarwaka et al., 2004).

2.2.7. Metode Perancangan

Di dalam metode perancangan terdapat segala macam aktivitas yang terpapar dengan jelas yang mungkin digunakan oleh perancang dan akan dikombinasikan ke dalam proses perancangan secara menyeluruh. Secara singkat dapat dijelaskan, semua bentuk prosedur, teknik, bantuan, atau alat yang digunakan untuk merancang disebut dengan metode perancangan. Tujuan dari metode perancangan ini adalah menerapkan prosedur rasional ke dalam suatu perancangan. Menurut (Cross, 2000), terdapat dua kelompok klasifikasi dari metode perancangan, yaitu :

a. Metode Kreatif

Metode kreatif diharapkan dapat meningkatkan munculnya ide-ide untuk menemukan solusi terhadap suatu masalah dengan menghilangkan batas yang menghambat munculnya kreativitas dan memperluas area penelitian. Dalam metode kreatif ini diharapkan dapat membantu perancang memiliki pemikiran yang kreatif. Terdapat beberapa tahap dalam metode kreatif ini, diantaranya :

i. *Brainstorming*

Brainstorming biasanya dilakukan oleh sekelompok kecil yang terdiri dari empat sampai delapan orang. Tahap ini digunakan untuk memunculkan ide-ide yang nanti sebagian akan diidentifikasi dan ditindak lanjuti, sedangkan ide-ide yang tidak ditindak lanjut akan dibuang.

ii. *Synetics*

Kegiatan kelompok untuk mengesampingkan kritik atau kecaman dan mencoba untuk saling membangun antar anggota kelompok untuk mengembangkan ide-ide sebagai cara kreatif untuk memecahkan masalah. Perbedaannya dengan *brainstorming*, *synetics* ini lebih ke arah pemecahan khusus yang dikerjakan secara kolektif dengan kelompok dan disarankan menggunakan tipe analogi khusus.

iii. Perluasan Daerah Penelitian

Perluasan daerah penelitian dapat dilakukan dengan beberapa teknik kreatif, seperti transformasi, input acak, dan perencanaan banding. Penyelesaian masalah dengan membuat batasan yang sempit adalah bentuk umum dalam hambatan untuk berpikir kreatif.

iv. Proses Kreatif

Tahapan dalam proses kreatif diantaranya pengenalan, persiapan, inkubasi, penerangan dan pembuktian. Penerapan dari ide-ide yang muncul secara spontan tersebut datang secara tiba-tiba, tanpa adanya pertimbangan latar belakang masalah pola umum aliran proses kreatif.

b. Metode Rasional

Perancangan yang sistematis merupakan bentuk dari metode rasional. Penggabungan dari aspek prosedural dan aspek struktural suatu masalah dalam perancangan merupakan cara dari metode ini. Metode ini memiliki tujuan yang hampir sama dengan metode kreatif, yaitu perluasan daerah penelitian dalam menemukan solusi potensial untuk memfasilitasi kelompok kerja dan pengambil keputusan. Metode rasional diharapkan mampu meningkatkan keputusan kualitas rancangan dan kualitas akhir dari produk. Adapun beberapa metode dalam proses perancangan dengan metode rasional diantaranya :

i. Klarifikasi Tujuan

Dalam merancang, tujuan dari keseluruhan tahap perancangan harus dijelaskan sedetail mungkin, meskipun masih dapat berubah selama prosesnya nanti. Tujuan tersebut dapat berubah asal permasalahan semakin dimengerti dan penyelesaian dengan ide-ide selalu berkembang. *Objective Tree* adalah salah satu metode yang dapat menjelaskan tujuan dan maksud umum dari pencapaian tujuan tersebut. Metode ini akan membantu menjelaskan tujuan dan untuk pencapaian kesepakatan antara klien, manager dan anggota tim perancangan.

ii. Penetapan Fungsional

Dalam tahap ini dilakukan analisis fungsi dasar terhadap alat-alat, produk, dan sistem yang akan dirancang. Dimana sistem yang dirancang harus dapat menyakinkan tanpa memperhatikan komponen fisik yang digunakan. Metode analisis fungsi ini menjadi cara untuk menentukan fungsi dasar dan tujuan tingkat masalahnya. Tingkat permasalahan dapat ditentukan dengan menemukan batasan di sekitar sub kumpulan fungsi yang logis.

iii. *Setting Requirement*

Tahap ini merupakan tahap untuk penentuan masalah dalam perancangan, metode yang dipakai adalah *The Performance*

Spesification Methods. Dalam metode ini dilakukan pertimbangan tingkat solusi yang mungkin dapat diterapkan dalam merancang, mengidentifikasi dan menentukan atribut performansi sesuai keinginan.

iv. Penentuan Karakteristik

Metode yang digunakan dalam tahap ini adalah QFD (*Quality Function Deployment*), dimana keinginan konsumen tersebut diterjemahkan dimulai dari sifat fisik produk, karakteristik, dan atribut produk yang sesuai dengan kebutuhan dan permintaan konsumen sehingga akan didapatkan spesifikasi perancangan produk.

v. Penentuan Alternatif

Dalam menentukan alternatif digunakan metode *Morphological Chart Method*, dimana metode ini memperluas daerah pencarian solusi baru yang memiliki potensial untuk pengembangan alternatif. Pengembangan alternatif diharapkan dapat mengembangkan solusi rancangan alternatif yang belum pernah teridentifikasi sebelumnya.

vi. Evaluasi Alternatif

Weighted Objectives adalah metode yang akan digunakan untuk memilih alternatif terbaik dari rangkaian alternatif yang ada. Menurut (Cross, 2000), metode ini bertujuan untuk mengambil keputusan alternatif dalam pengembangan alternatif yang sudah ada. Kombinasi alternatif yang sudah ada akan dipilih alternatif terbaik dengan pemberian bobot secara obyektif menggunakan metode *pairwise comparison*.

vii. Penyempurnaan Rancangan

Metode yang digunakan dalam tahap ini adalah *value engineering*, dimana metode ini berfokus pada nilai fungsional dengan tujuan untuk menurunkan biaya, meningkatkan nilai sehingga terjadi peningkatan selisih antara keduanya.

Metode Perancangan dengan pendekatan ergonomi memiliki langkah-langkah sebagai berikut :

- i. Mengumpulkan data antropometri yang dibutuhkan sesuai dengan desain.
- ii. Menentukan nilai persentil yang akan digunakan dalam desain dengan tepat, sehingga dapat mengakomodasi mayoritas populasi.

- iii. Menggabungkan nilai desain secara keseluruhan saat merancang (desain sketsa atau desain komputer) sehingga dapat memenuhi kebutuhan perancangan.
- iv. Menentukan desain tersebut dapat mengakomodasi seluruh pengguna atau diperlukan penyesuaian dan rentang ukuran sehingga sesuai dengan seluruh pengguna.
(Kroemer & Kroemer, 2016).

2.2.8. Material Teknik

a. Bambu

Tanaman dengan nama latin *Bambusa Sp.* ini merupakan tanaman keluarga rumput-rumputan yang tumbuh beruas-ruas dengan satu tunas di setiap ruasnya dan berselang seling pada ruas selanjutnya. Cara pertumbuhan bambu yang menggunakan rimpang akar ini membuat bambu menjadi tanaman yang lebih unggul dibandingkan tanaman jenis pohon. Bambu banyak dimanfaatkan masyarakat untuk bahan bangunan, perabotan rumah, perabotan dapur dan kerajinan, serta peralatan lain mulai dari yang sederhana hingga *modern*.

Populasi bambu di dunia kurang lebih terdiri atas 75 marga dan diperkirakan Indonesia memiliki 157 jenis bambu dari total 1250 – 1350 jenis bambu di dunia (Widjaja, 2005). Setiap jenis bambu memiliki karakteristik, tingkat kelembaban, dan perlakuan yang berbeda untuk dapat tumbuh sehingga manfaat setiap jenis bambu pun belum tentu sama. Tabel 2.4. menjelaskan tingkat kelembaban, suhu, pH tanah, besar diameter dan ketebalan dinding dari beberapa jenis bambu yang banyak terdapat di Indonesia (Hadi, Dwi, & Sepriyaningsih, 2017).

Tabel 2.4. Perbedaan Karakteristik Jenis Bambu

No	Nama Bambu	pH Tanah	Suhu (°C)	Kelembaban (kadar air)	Diameter (cm)	Tebal Dinding (cm)
1.	Bambu Wulung (<i>Gigantochloa atroviolacea</i>)	6,3	28,4	74%	6 – 12	2
2.	Bambu Apus (<i>Gigantochloa apus Kurz</i>)	6,2	29,8	69%	7 – 8	1,5

Lanjutan Tabel 2.4.

No	Nama Bambu	pH Tanah	Suhu (°C)	Kelembaban (kadar air)	Diameter (cm)	Tebal Dinding (cm)
3.	Bambu Andong (<i>Gigantochloa pseudoarundinaceae</i>)	6,1	28,5	70%	5 – 13	0,3 – 0,5
4.	Bambu Ampel (<i>Bambusa vulgaris</i>)	6,1	29,1	72%	4 – 10	1,5
5.	Bambu Ampel Gading (<i>Bambusa vulgaris var. striata</i>)	6,1	29,1	70%	5,5 – 10,5	0,7 – 1,5
6.	Bambu Pagar (<i>Bambusa glaucescens</i>)	6,4	29,2	72%	3 - 5	0,5
7.	Bambu Tamiang (<i>Schizotachyum blunei</i> Ness)	6,4	28,7	75%	2 - 5	0,3 – 0,7
8.	Bambu Betung (<i>Dendrocalamus asper</i>)	6,1	27,8	71%	20 – 30	5

Jenis bambu yang banyak digunakan sebagai bahan baku kerajinan adalah bambu wulung atau bambu hitam. Bambu jenis ini banyak ditanam di daerah Jawa Tengah, Jawa Barat, dan Sumatera, berikut klasifikasi ilmiahnya yang dijelaskan pada Tabel 2.5. sebagai berikut: (Universitas Sumatera Utara, 2006)

Tabel 2.5. Klasifikasi Ilmiah Bambu Wulung

Klasifikasi Ilmiah	
<i>Kerajaan</i>	: <i>Plantae</i>
<i>Devisi</i>	: <i>Spermatophyta</i>
<i>Subdivisi</i>	: <i>Angiospermae</i>
<i>Klas</i>	: <i>Monocotiledonae</i>
<i>Ordo</i>	: <i>Graminales</i>
<i>Famili</i>	: <i>Gramineae</i>
<i>Subfamili</i>	: <i>Bambusoideae</i>
<i>Genus</i>	: <i>Gigantochloa</i>
<i>Spesies</i>	: <i>Gigantochloa atroviolacea</i>

Ciri dari bambu wulung ini mempunyai rumpun yang tidak rapat dengan warna batang hitam sampai keunguan, namun di beberapa tempat juga ada yang berwarna hitam/ungu bercampur dengan hijau. Bambu ini tumbuh di dataran

rendah yang lembab dengan curah hujan 1500-3700 mm/tahun, biasanya tumbuh di tempat yang kering berbatu atau tanah merah dan pada kondisi lingkungan yang disinari cahaya matahari secara langsung. Bambu ini memiliki struktur terkuat dibandingkan jenis bambu lain namun tidak liat (getas), sehingga baik dan banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan alat musik tradisional juga kerajinan tangan. Bambu ini tumbuh mencapai ketinggian 8-12 m dan memiliki panjang ruas 40-50 cm (Juningsih, Budi, & Sugiyarto, 2015).

b. Besi Profil L

Profil L atau besi siku memiliki bentuk yang siku memanjang dengan tipe 2 jenis tipe, yaitu siku sama kaki dan siku tidak sama kaki. Besi siku ini biasanya dijual dalam bentuk lonjoran sepanjang 6 meter. Profil ini tersedia dalam berbagai macam ukuran dari lebar 3 hingga 15 cm. Besi siku cocok diaplikasikan dalam konstruksi teknik dan penggunaannya seperti untuk pembuatan rangka mesin, konstruksi tangga, tower dan membuat rak. Kelemahan dari besi bentuk ini adalah pada kekuatannya dalam menahan beban yang besar karena rawan mengalami tekukan, sehingga kurang tepat untuk menahan konstruksi dengan beban yang berat. Jenis besi siku yang ada di pasaran biasanya profil L dengan kode JIS SS400 (ASTM A283). Berikut akan dijelaskan pada Gambar 2.2. dan Tabel 2.6. mengenai spesifikasi dari profil L.

ASTM A283 Steel, grade D			
Categories: Metal > Ferrous Metal > ASTM Steel > Carbon Steel > Low Carbon Steel			
Material: Carbon steel plate - low to intermediate tensile strength			
Notes: Cu enhances the corrosion resistance. Suggested welding consumables for grades A, B, C, and D include: Manual Shielded Metal-Arc low hydrogen welding electrodes (AWS A5.1 or A5.5) E60xx, E70xx, SA509xx and AWS A5.17 or A5.23 for CO2 arc. See metal arc (AWS A5.18) E70T9 or Flux cored arc (AWS A5.28 or A5.29) E61x, E71x except 2, 3, 18, 30.			
Key Words: 2010 G311506 33489 JIS G311506 33389			
Vendors: No vendors are listed for this material. Please click here if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.			
Download as PDF Download to Excel Add to Favorites			
Physical Properties			
Property	Metric	English	Comments
Density	7.85 g/cc	0.282 lb/in ³	Typical for ASTM Steel
Mechanical Properties			
Property	Metric	English	Comments
Tensile Strength, Ultimate	415 - 615 MPa	60200 - 74700 psi	depends on plate width or thickness
Tensile Strength, Yield	230 MPa	33400 psi	
Elongation at Break	20 %	20 %	in 200 mm
	23 %	23 %	in 50 mm
Bulk Modulus	160 GPa	23200 ksi	Typical for steel
Shear Modulus	80 GPa	11600 ksi	Typical for steel
Component Element Properties			
Element	Metric	English	Comments
Carbon, C	0.27 %	0.27 %	
Copper, Cu	≤ 0.20 %	≤ 0.20 %	unless copper steel is specified
Iron, Fe	~ 98 %	~ 98 %	as balance
Manganese, Mn	0.40 %	0.40 %	
Phosphorus, P	0.040 %	0.040 %	
Silicon, Si	0.40 %	0.40 %	may vary with plate thickness
Sulfur, S	0.050 %	0.050 %	

Gambar 2.2. Spesifikasi Besi Siku ASTM A283

(Anonim, 2017)

Tabel 2.6. Spesifikasi ASTM A283 Steel, Grade D

Spesifikasi Besi Siku ASTM A283	
<i>Density</i>	7,80 g/cc (7800 kg/m ³)
<i>Tensile Strength</i>	60.200 – 74.700 Psi
<i>Yield Strength</i>	33.400 Psi (230,28 N/mm ²)

c. Besi Kotak (*Hollow*)

Besi *hollow* merupakan besi yang berbentuk pipa kotak. Jenis dari besi *hollow* yang ada di pasaran biasanya besi *hollow* dengan kode ASTM A500 yang merupakan besi baja dengan kandungan karbon rendah. Besi kotak biasanya digunakan untuk pembuatan rangka mesin, partisi rumah dan pemasangan plafon. Besi *hollow* tergolong profil yang materialnya mudah didapatkan di pasaran, memiliki kekakuan dan kekuatan tarik yang tinggi, dan memiliki harga yang terjangkau. Bentuknya yang berupa pipa besi menjadikan profil ini terlihat kokoh dan estetik. Berikut akan dijelaskan pada Gambar 2.3. dan Tabel 2.7. mengenai spesifikasi dari besi *hollow* ASTM A500.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.80 g/cc	0.282 lb/in ³	Typical for ASTM Steel
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Tensile Strength, Ultimate	310 MPa	45000 psi	
Tensile Strength, Yield	270 MPa	39000 psi	
Elongation at Break	22 %	22 %	≤ 18 mm applies to specified wall thickness of 3.05 mm and larger
Bulk Modulus	150 GPa	21200 ksi	Typical for steel
Shear Modulus	80.0 GPa	11600 ksi	Typical for steel
Chemical Elements Properties	Metric	English	Comments
Carbon, C	≤ 0.25 %	≤ 0.010 %	
Copper, Cu	≤ 0.10 %	≤ 0.10 %	
Iron, Fe	99 %	99 %	
Phosphorus, P	≤ 0.030 %	≤ 0.001 %	
Sulfur, S	≤ 0.030 %	≤ 0.001 %	

Gambar 2.3. Spesifikasi Besi Hollow ASTM A500

(Anonim, 2017)

Tabel 2.7. Spesifikasi ASTM A500 Steel

Spesifikasi Besi Hollow ASTM A500	
<i>Density</i>	7,80 g/cc (7800 kg/m ³)
<i>Tensile Strength</i>	45.000 Psi (309.99 N/mm ²)
<i>Yield Strength</i>	39.200 Psi (270 N/mm ²)
<i>Thermal Conductivity</i>	0,2556 W/(m.K)
<i>Specific Heat</i>	1386 J/(kg.K)
<i>Maximum Deflection</i>	0,10668 mm

d. Besi Kanal (UNP)

Besi UNP yang lebih dikenal dengan Besi Kanal-U (*U-Channel*) tergolong profil yang memiliki kekuatan tarik tinggi sehingga dapat menahan beban yang besar. Profil UNP ini tersedia dalam berbagai jenis ukuran yang biasanya dijual dalam lonjoran sepanjang 6 meter. Besi ini seringkali digunakan untuk kontruksi bangunan, kaki dan bahkan rangka mesin. Profil ini cukup jarang ditemukan di pasaran dan harganya tergolong cukup mahal. Berikut pada Gambar 2.4. akan dijelaskan spesifikasi dari besi UNP ASTM A573.

ASTM A573 Steel, grade 65			
Material Notes: Carbon manganese- <i>n</i> -Besse steel plate, structural quality, improved toughness. Intended for hot-rolled and for service at atmospheric temperatures where improved notch toughness is important. Mn content is essential if C content plus Mn content is < 0.40%. The following are suggested considerations for arc welding processes: Manual Shielded Metal Arc (AWS A5.5) Low Hydrogen Electrodes E7015, E716, E716, E716, E716; Submerged Arc (AWS A5.23) F7x-Exxx; Gas Metal Arc (AWS A5.28) ER70S- <i>n</i> ; Flux Cored Arc (AWS A5.28) E70T- <i>n</i> except -2, -3, -10, or -15.			
Physical Properties:			
Density	Metric: 7.85 g/cc	English: 0.282 lb/in ³	Comments: Typical of ASTM Steel
Mechanical Properties:			
Tensile Strength, Ultimate	Metric: 490 - 533 MPa	English: 69,300 - 75,900 psi	
Tensile Strength, Yield	Metric: 240 MPa	English: 34,800 psi	
Elongation at Break	Metric: 30 %	English: 30 %	in 200 mm
Eulk Modulus	Metric: 180 GPa	English: 23,200 ksi	Typical for steel
Shear Modulus	Metric: 80.8 GPa	English: 11,600 ksi	Typical for steel
Chemical Elements Properties:			
Carbon, C	Metric: 0.25 %	English: 0.25 %	
Iron, Fe	Metric: 99 %	English: 99 %	may vary with plate thickness
Manganese, Mn	Metric: 0.85 - 1.2 %	English: 0.85 - 1.2 %	as balance
Phosphorus, P	Metric: 0.040 %	English: 0.040 %	
Silicon, Si	Metric: 0.15 - 0.40 %	English: 0.15 - 0.40 %	
Sulfur, S	Metric: 0.050 %	English: 0.050 %	

Gambar 2.4. Spesifikasi Besi UNP ASTM 573 Grade 65

(Anonim, 2017)

Tabel 2.8. Spesifikasi Besi Kanal ASTM 573

Spesifikasi Besi Kanal ASTM A573	
<i>Density</i>	7,80 g/cc (7800 kg/m ³)
<i>Tensile Strength</i>	65.300 – 76.900 Psi
<i>Yield Strength</i>	34.800 Psi (239,94 N/mm ²)

e. Plate ASTM A-36

Baja plate ASTM A36 ini termasuk material baja karbon rendah (*Low Carbon*) namun memiliki karakteristik kekerasan yang cukup kuat. Tipikal dari material baja karbon khas, mudah diberi perlakuan pengelasan (*welding*) dan *machining*, harganya relatif murah, dan sangat baik sebagai bahan dasar untuk proses *galvanized*. Plate ASTM A36 ini seringkali digunakan untuk konstruksi dasar, *base plate*, cabinet, *pipe & tubing*, dan *housing*. Plat ini sering juga dikenal Plate Mild Steel A36 atau JIS 3101 SS400 adalah salah

satu baja canai panas struktural yang umum digunakan. Plat ini tersedia dalam berbagai macam ukuran tebal. Berikut akan dijelaskan dalam Gambar 2.5. dan Tabel 2.9. mengenai spesifikasi dari Plate ASTM A36.

ASTM A36 Steel, plate			
Categories:	Metal > Ferrous Metal > ASTM Steel > Carbon Steel > Low Carbon Steel		
Material Notes:	Steel for general structural purposes including bridges and buildings. Minimum Cu content when copper steel is specified. Tests performed in transverse direction for plates under 508 mm.		
Key Words:	UNS K32000		
Vendors:	No vendors are listed for this material. Please click here if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.		
Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.80 g/cc	0.282 lb/in ³	Typical of ASTM Steel
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Tensile Strength, Ultimate	480 - 520 MPa	69000 - 75000 psi	
Tensile Strength, Yield	250 MPa	36300 psi	
Elongation at Break	28 %	28 %	in 200 mm
	23 %	23 %	in 50 mm
Modulus of Elasticity	200 GPa	29000 ksi	
Bulk Modulus	160 GPa	23200 ksi	Typical for steel
Poisson's Ratio	0.29	0.29	
Shear Modulus	79.3 GPa	11500 ksi	
Composition Elements Properties	Metric	English	Comments
Carbon, C	0.25 - 0.28 %	0.25 - 0.28 %	
Copper, Cu	0.20 %	0.20 %	
Iron, Fe	98 %	98 %	
Manganese, Mn	1.03 %	1.03 %	
Phosphorus, P	<= 0.048 %	<= 0.048 %	

Gambar 2.5. Spesifikasi ASTM A36 Steel, Plate

(Anonim, 2017)

Tabel 2.9. Spesifikasi Baja Plat ASTM A36

Spesifikasi Baja Plat ASTM A36	
<i>Density</i>	7,80 g/cc (7800 kg/m ³)
<i>Tensile Strength</i>	58.000 – 79.800 Psi
<i>Yield Strength</i>	36.300 Psi (250,28N/mm ²)

2.2.9. Analisis Teknis Struktur Rangka

a. Gaya

Gaya merupakan besaran vektor yang berhubungan dengan arah gaya. Spesifikasi dari gaya berupa besar gaya, arah gaya dan titik kerja. Sebuah gaya terjadi karena aksi antara satu benda dengan benda yang ada disekitarnya yang disimbolkan dengan F. Pengaruh gaya memiliki sifat terpusat dan terdistribusi. Gaya yang terpusat ditunjukkan dengan pengaruhnya pada luasan benda yang dipengaruhi sangat kecil. Gaya yang terdistribusi ditunjukkan dengan pengaruhnya pada luasan benda yang dipengaruhi. Gaya yang bekerja pada titik tertentu dapat dikategorikan sebagai gaya yang terdistribusi. Rumus yang digunakan untuk menghitung gaya jika berat benda diketahui (Meriam & L. G. Kraige, 2002):

$$F = m \cdot g \quad (2.2)$$

Keterangan:

F = Gaya berat (N)

m = massa (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

b. Momen

Momen adalah kecenderungan gaya yang berpengaruh untuk berotasi. Gaya tidak hanya cenderung menggerakkan benda sesuai dengan arahnya, tetapi juga memutar benda terhadap sumbu. Rumus perhitungan momen yang digunakan:

$$M = \sum (F \cdot d) \quad (2.3)$$

Keterangan:

M = Momen (N.mm)

F = Gaya (N)

d = Jarak tegak lurus gaya dengan titik momen (mm)

Arah suatu momen dapat ditunjukkan dengan konvensi tanda. Jika arah momen berlawanan dengan jarum jam nilainya negatif (-), sedangkan untuk arah momen yang searah dengan jarum jam nilainya positif (+).

Momen yang paling berpengaruh pada suatu rangka dapat dikatakan sebagai momen terbesar atau momen maksimal (M_{max}). Jika pada rangka diberi beban yang merata, untuk menentukan titik momen terbesar pada rangka tersebut dapat dilakukan dengan menghitung X_{max} yang dihitung dengan menentukan turunan pertama dari momen M_{max} yang dirumuskan dengan:

$$y = \frac{dy}{dx} R_a \cdot x - \frac{1}{2} q \cdot x^2 \quad (2.3)$$

$$y = R_a - q \cdot x \quad (2.4)$$

$$X_{max} = \frac{R_a}{q} \quad (2.5)$$

Keterangan:

X_{max} = Jarak momen maksimal dari R_a

R_a = Resultan di titik A

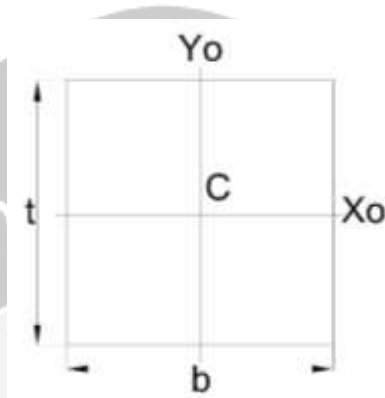
x = Jarak momen

q = Nilai beban merata

c. Momen Inersia

Momen inersia merupakan besaran yang menyatakan besar kelembaman dari suatu benda yang mendapat gerak rotasi karena pengaruh gaya. Perhitungan momen inersia berbeda-beda sesuai dengan bentuk dari benda tersebut

i. Bidang Segi Empat



Gambar 2.6. Momen Inersia Bidang Segi Empat

$$I = \frac{1}{12} b \cdot t^3 \quad (2.6)$$

Keterangan:

X_o = Titik berat sumbu X

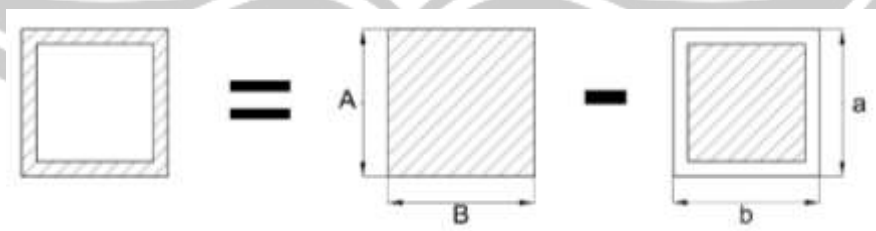
Y_o = Titik berat sumbu Y

I = Momen Inersia (mm^4)

b = Panjang bidang segi empat (mm)

t = Lebar bidang segi empat (mm)

ii. Bidang Besi Hollow



Gambar 2.7. Momen Inersia Bidang Besi Hollow

$$I = \frac{1}{12} (B \cdot A^3 - b \cdot a^3) \quad (2.7)$$

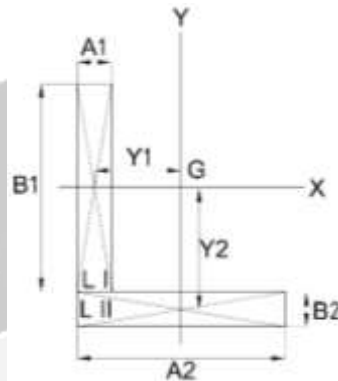
Keterangan:

I = Momen Inersia (mm^4)

A = Tinggi sisi luar (mm)

- B = Panjang sisi luar (mm)
- a = Tinggi sisi dalam (mm)
- b = Panjang sisi dalam (mm)

iii. Bidang Besi Profil L



Gambar 2.8. Momen Inersia Besi Profil L

$$I = \left[\frac{1}{12} \cdot B_1 \cdot A_1^3 + A_1 \cdot B_1 \cdot Y_1^2 \right] + \left[\frac{1}{12} \cdot B_2 \cdot A_2^3 + A_2 \cdot B_2 \cdot Y_2^2 \right] \quad (2.8)$$

Keterangan:

X = Titik berat sumbu X

Y = Titik berat sumbu Y

I = Momen Inersia (mm⁴)

$L I$ = Luasan penampang besi profil L pertama

$L II$ = Luasan penampang besi profil L kedua

A_1 = Tebal besi I (mm)

B_1 = Panjang sisi I (mm)

Y_1 = Jarak antara titik tengah besi I dan besi siku (mm)

A_2 = Panjang sisi II (mm)

B_2 = Tebal besi II (mm⁴)

Y_2 = Jarak antara titik tengah besi II dan besi siku (mm)

d. Tegangan Bengkok

Tegangan bengkok menunjukkan besaran yang menunjukkan besar gaya yang membebani suatu rangka. Rumus yang digunakan untuk menghitung besar tegangan bengkok (Sularso & Kiyokatsu, 2004):

$$\sigma_N = \frac{M_{max} \cdot Y}{I} \quad (2.9)$$

Keterangan:

σ_N = Tegangan bengkok yang terjadi pada rangka (N/mm²)

M_{max} = Momen maksimal yang membebani rangka (N.mm)

Y = Jarak titik berat (mm)

I = Momen inersia (mm⁴)

e. Faktor Keamanan

Faktor keamanan digunakan untuk mengevaluasi keamanan dari suatu bagian material mesin. Faktor ini diperlukan untuk menghitung tegangan geser ijin dari bahan. Tujuan diberi faktor keamanan untuk mengantisipasi adanya kenaikan besar gaya yang dapat mempengaruhi kemampuan dari kerja alat yang dirancang. Pemberian nilai faktor keamanan harus disesuaikan dengan jenis beban, jenis material, proses pembuatan, jenis kerja yang dilayani, jenis tegangan, dan bentuk komponen. Berikut Tabel 2.10. harga faktor keamanan dari beberapa material (Irawan, 2009).

Tabel 2.10. Harga Faktor Keamanan Beberapa Material

No.	Jenis Material	<i>Steady Load</i>	<i>Live Load</i>	<i>Shock Load</i>
1	<i>Cast Iron</i>	5 – 6	8 – 12	16 - 20
2	<i>Wronght Iron</i>	4	7	10 – 15
3	<i>Steel</i>	4	8	12 – 16
4	<i>Soft Material & Alloy</i>	6	9	15
5	<i>Leather</i>	9	12	15
6	<i>Timber</i>	7	10 - 15	20

f. Tegangan Ijin

Tegangan ijin menunjukkan nilai besaran tegangan yang dianggap aman untuk material yang menerima beban. Rumus yang digunakan untuk menghitung besar tegangan ijin:

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_y}{A} \quad (2.10)$$

Keterangan:

σ_{ijin} = Tegangan Ijin (N/mm²)

σ_y = *Yield Strength* material (N/mm²)

A = Harga faktor keamanan material

2.2.10. Uji Data Waktu Proses

Pengujian data ini dilakukan untuk mengetahui ketepatan data yang akan diolah. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini berupa Uji Kenormalan, Uji Keseragaman, dan Uji Kecukupan Data agar dapat diketahui apakah data tersebut dapat dianalisis secara statistik.

a. Uji Kenormalan Data

Uji Kenormalan Data dilakukan dengan alat bantu *software Minitab 17* yang menggunakan metode Anderson Darling (Anderson & Darling, 1971). Metode ini menunjukkan superioritas dalam mendeteksi ketidaknormalan jika dibandingkan dengan metode uji kenormalan data yang lain. Dalam melakukan analisis menggunakan alat statistik seperti uji t dibutuhkan data yang terdistribusi normal dengan asumsi data yang berpusat pada *average value* dan *standart deviation*. Data dinyatakan terdistribusi normal jika *P-value* > α (Wahjudi, 2007).

b. Uji Keseragaman Data

Data yang didapat perlu diuji untuk mengetahui apakah data tersebut sudah seragam dan berada diantara batas kendali atas dan bawah dengan melakukan uji keseragaman data. Terdapat beberapa langkah untuk melakukan uji ini, diantaranya (Sritomo dalam (Darsini, 2014):

i. Menghitung banyak sub-grup

$$k = 1 + 3,3 \log N \quad (2.11)$$

Keterangan:

k = Banyak sub-grup

N = Jumlah data

ii. Mengelompokkan data ke dalam sub-grup secara merata

iii. Menghitung rata-rata masing-masing grup

$$\bar{X}_k = \frac{\sum X_j}{n} \quad (2.12)$$

Keterangan:

\bar{X}_k = Rata-rata sub-grup ke k

X_j = Data waktu proses

n = Jumlah rata-rata sub-grup

- iv. Menghitung rata-rata dari rata-rata semua sub-grup

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum \bar{x}_k}{k} \quad (2.13)$$

Keterangan:

$\bar{\bar{x}}$ = Rata-rata dari rata-rata sub-grup

$\sum \bar{x}_k$ = Jumlah rata-rata sub-grup

k = Banyak sub-grup

- v. Menghitung standar deviasi data

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1}} \quad (2.14)$$

Keterangan:

σ = Standar deviasi data

x_i = Data waktu proses

\bar{x} = Rata-rata dari rata-rata sub-grup

N = Jumlah data pengamatan

- vi. Menghitung standar deviasi dari distribusi harga rata-rata sub-grup

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.15)$$

Keterangan:

$\sigma_{\bar{x}}$ = Standar deviasi dari distribusi harga rata-rata sub-grup

σ = Standar deviasi data

n = Jumlah data setiap sub-grup

- vii. Menentukan batas kontrol atas dan batas kontrol bawah

$$BKA = \bar{\bar{x}} + K \sigma_{\bar{x}} \quad (2.16)$$

$$BKB = \bar{\bar{x}} - K \sigma_{\bar{x}} \quad (2.17)$$

Keterangan:

BKA = Batas Kendali Atas

BKB = Batas Kendali Bawah

K = Konstanta dari tingkat keyakinan

$\sigma_{\bar{x}}$ = Standar Deviasi dari harga rata-rata sub-grup

- c. Uji Kecukupan Data

Perlu dilakukan uji kecukupan data untuk mengetahui apakah data yang didapat sudah cukup atau belum. Jika nilai $N' < N$ berarti data sudah cukup, sedangkan jika nilai $N' > N$ berarti data belum cukup sehingga perlu dilakukan

pengambilan data lagi. Rumus yang digunakan untuk melakukan uji kecukupan data adalah

$$N' = \left[\frac{\frac{K}{S} \sqrt{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}}{\sum x_i} \right]^2 \quad (2.18)$$

Keterangan:

N' = Nilai jumlah data pengamatan

N = Jumlah data

K = Konstanta dari tingkat keyakinan

S = Tingkat ketelitian

X_j = Data pengamatan

d. Uji *Independent Sample T-Test*

Perbandingan antara data waktu proses sebelum dan sesudah perbaikan dapat diketahui dengan melakukan Uji *Independent Sample T-Test*. Menurut (Ismail, 2010), uji ini memiliki perbedaan dengan *Paired Sample T-Test*, dimana *Independent Sample T-Test* seringkali digunakan untuk menganalisis perbedaan rata-rata dari dua populasi atau kelompok data independen. Uji *Paired Sample T-Test* adalah metode untuk melakukan pengujian hipotesis dengan data yang digunakan harus berpasangan. *Software* yang digunakan untuk melakukan uji *Independent Sample T-Test* adalah *Minitab 17*. Perbedaan yang signifikan dari kedua data dapat diketahui apabila *P-Value* < α .