

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel I. 1 Nilai tingkat keluhan | 3 |
| Tabel II. 1 Spesifikasi Mesin Crusher | 12 |
| Tabel II.2 Perbandingan Penelitian | 16 |
| Tabel IV. 1 Spesifikasi Mesin Crusher..... | 25 |
| Tabel IV. 2 Atribut Kebutuhan..... | 31 |
| Tabel IV.3 Tingkat Kepentingan | 31 |
| Tabel IV. 4 Atribut Kerja | 32 |
| Tabel IV.5 Batasan untuk Setiap Kriteria..... | 33 |
| Tabel IV.6 Tingkat Generalitas | 33 |
| Tabel IV.7 identifikasi Karakteristik teknik dan Tingkat Kepentingan | 34 |
| Tabel IV.8 Karakteristik Teknik..... | 35 |
| Tabel IV.9 Simbol Hubungan karakteristik Teknik Dengan Atribut Produk..... | 35 |
| Tabel IV. 10 Hubungan antar atribut Produk dengan Karakteristik Teknik | 36 |
| Tabel IV. 11 Simbol hubungan kedua matriks | 36 |
| Tabel IV.12 Penentuan Karakteristik Teknik | 38 |
| Tabel IV.13 Ukuran Standar Lebar dalam mm | 38 |
| Tabel IV. 14 Material class description..... | 39 |
| Tabel IV. 15 Material characteristics foot | 40 |
| Tabel IV. 16 Deskripsi setiap komponen | 41 |
| Tabel IV.17 Fungsi dan Sub-Fungsi..... | 41 |
| Tabel IV.18 Alasan konsep terekduksi..... | 44 |
| Tabel IV. 19 Tingkat Kepentingan dan Bobot Persentase Kriteria | 46 |
| Tabel IV. 20 Simbol-simbol Penilaian Relatif | 47 |
| Tabel IV.21 Simbol-simbol Perfomansi Relatif | 48 |
| Tabel IV. 22 Concept Scoring | 48 |
| Tabel IV. 23 Kombinasi Konsep 6 Terpilih | 49 |
| Tabel V.1 Konsep 6 | 55 |
| Tabel V.2 Konsep 7 | 55 |
| Tabel V.3 Konsep 16 | 55 |
| Tabel V. 4 Konsep 24 | 56 |
| Tabel V.5 Konsep 32 | 56 |
| Tabel V. 6 Konsep 6 Terpilih | 57 |
| Tabel V.7 Perbandingan Perancangan Terdahulu | 61 |

DAFTAR ISTILAH

EASNE : Efektif, aman, sehat nyaman dan efisien

MHE : *Material Handling Equipment*

EPDM : *Ethylene Propylene Diene*

FGD : *Forum grup discussions*

QFD : *Quality function deployment*

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A Formulir Validasi Tingkat kepentingan

LAMPIRAN B Kuesioner *Nordic Body Map*

LAMPIRAN C Kombinasi Konsep Morphological Chart

LAMPIRAN D Engineering Drawing

DAFTAR SIMBOL

| Simbol | Deskripsi |
|--------|--|
| + | : Lebih baik dari referensi |
| 0 | : Sama dengan referensi |
| - | : Lebih buruk dari referensi |
| ● | : Kuat menunjukkan hubungan kuat antar matriks |
| ○ | : Sedang menunjukkan hubungan sedang antar matriks |
| ▲ | : Lemah menunjukkan hubungan lemah antar matriks |

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

PT. XYZ merupakan industri yang sadar akan pencemaran lingkungan yang disebabkan ban bekas, berangkat dari kepedulian ini PT. XYZ menekuni industri dibidang *tire retreading* dan *rubber mat*. PT. XYZ juga menjadi distributor olahan ban bekas dengan distribusi 70-100 Ton setiap bulannya. Mendatangkan mesin *crusher* sebagai upaya PT. XYZ untuk menguatkan perusahaan dalam bidang *tire retreading* dan *rubber mat*. Dimana saat ini PT. XYZ melakukan pengembangan di berbagai sektor perusahaannya, pada kesempatan ini peneliti mendapat kesempatan untuk mencoba memberikan kontribusi kepada PT. XYZ.

PT. XYZ memiliki mesin *crusher* berkemampuan untuk mencacah ban bekas dan karet dimana hasil dari mesin *crusher* ini dinamakan *Granul*. Mesin *Crusher* (Gambar I.1) yang digunakan oleh PT. XYZ. Mesin *crusher* memiliki total ketinggian 2,6 m sehingga menambah permasalahan dibagian pemindahan bahan baku.



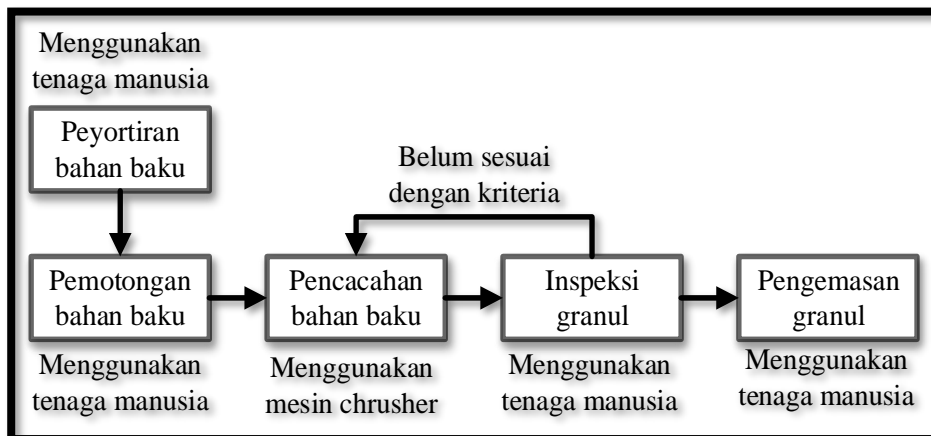
Gambar I.1 Mesin Crusher

PT. XYZ memiliki dua operator mesin *crusher* dengan 8 jam kerja dari jam 09.00 sampai jam 17.00 untuk melakukan proses produksi di mesin *crusher*. Bahan baku dapat dilihat pada Gambar I.2 mesin *crusher* disuplai dalam bentuk *tire roll* dari ban bekas kendaraan dan limbah karet jenis EPDM. Bahan baku dalam bentuk *tire roll* bertujuan untuk mengurangi benang dan kawat. Benang dan kawat merupakan penyusun ban kendaraan bermotor yang tidak digunakan dalam pengolahan karet ban bekas.



Gambar I.2 Bahan baku mesin crusher

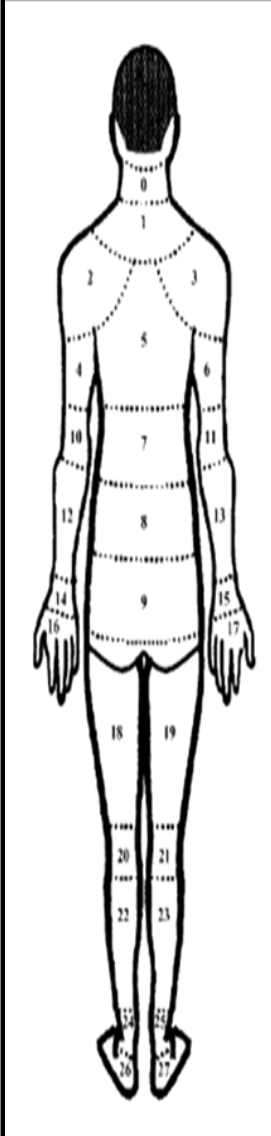
Penggunaan limbah karet EPDM merupakan hasil *reject* dari perusahaan yang memanfaatkan karet jenis EPDM untuk pembuatan produk yang bermaterial karet. Pemanfaatan limbah EPDM merupakan bahan baku utama bagi mesin *crusher* dikarenakan limbah karet EPDM tidak memiliki benang dan kawat. Penggunaan limbah EPDM memudahkan bagi operator mesin *crusher* dalam tahap inspeksi produk. PT. XYZ memiliki kapasitas mengolah bahan baku *tire roll* dan limbah karet EPDM sebesar 3-4 Ton per hari.



Gambar I.3 Proses pencacahan ban bekas dan limbah karet EPDM

Proses pengerjaan yang sebagian besar masih menggunakan cara tradisional sehingga memiliki keterbatasan yaitu operator memiliki keluhan rasa sakit yang dirasakan selama melakukan pekerjaan. Penulis mencoba mengumpulkan data dan memetakan keluhan rasa sakit pada tubuh operator mesin crusher dengan mengumpulkan data menggunakan kuesioner *Nordic body map*, wawancara dan observasi langsung kepada operator dibagian produksi di PT. XYZ.

Menggunakan ketiga cara pengumpulan data ini peneliti dapat mengetahui keadaan langsung dan proses kerja di PT. XYZ. Hasil dari kuesioner *Nordic Body Map* (Gambar I.5). Perancang dapat memetakan keluhan rasa sakit yang diderita oleh pekerja menggunakan hasil kuesioner *Nordic body map* yang telah dibagikan kepada kedua operator mesin *crusher*.



| NO | Jenis Keluhan | Tingkat Keluhan | | | |
|----|-----------------------------|-----------------|----|---|----|
| | | TS | AS | S | SS |
| 0 | Pain in the upper neck | | | 2 | |
| 1 | Pain in the lower neck | | | 2 | |
| 2 | Pain in the left shoulder | | | 2 | |
| 3 | Pain in the right shoulder | | | 2 | |
| 4 | Pain in the left upper arm | | 2 | | |
| 5 | Pain in the back | | | 2 | |
| 6 | Pain in the right upper arm | | 2 | | |
| 7 | Pain in the waist | | | 2 | |
| 8 | Pain in the buttock | | | | 2 |
| 9 | Pain in the bottom | 2 | | | |
| 10 | Pain in the left elbow | 1 | 1 | | |
| 11 | Pain in the right elbow | 1 | 1 | | |
| 12 | Pain in the left lower arm | | | 2 | |
| 13 | Pain in the right lower arm | | | 2 | |
| 14 | Pain in the left wrist | 2 | | | |
| 15 | Pain in the right hand | 1 | 1 | | |
| 16 | Pain in the left hand | | 1 | 1 | |
| 17 | Pain in the right hand | | 1 | 1 | |
| 18 | Pain in the left thigh | 2 | | | |
| 19 | Pain in the right knee | 2 | | | |
| 20 | Pain in the left knee | | 2 | | |
| 21 | Pain in the right knee | | 2 | | |
| 22 | Pain in the left calf | 2 | | | |
| 23 | Pain in the right calf | 2 | | | |
| 24 | Pain in the left ankle | | 1 | 1 | |
| 25 | Pain in the right ankle | | 1 | 1 | |
| 26 | Pain in the left foot | 2 | | | |
| 27 | Pain in the right foot | 2 | | | |

Gambar I.4 Rekapitulasi kuesioner nordic body map

Tingkat keluhan rasa sakit yang dikategorikan menjadi empat tingkatan, tabel I.1 menjelaskan nilai tingkat keluhan.

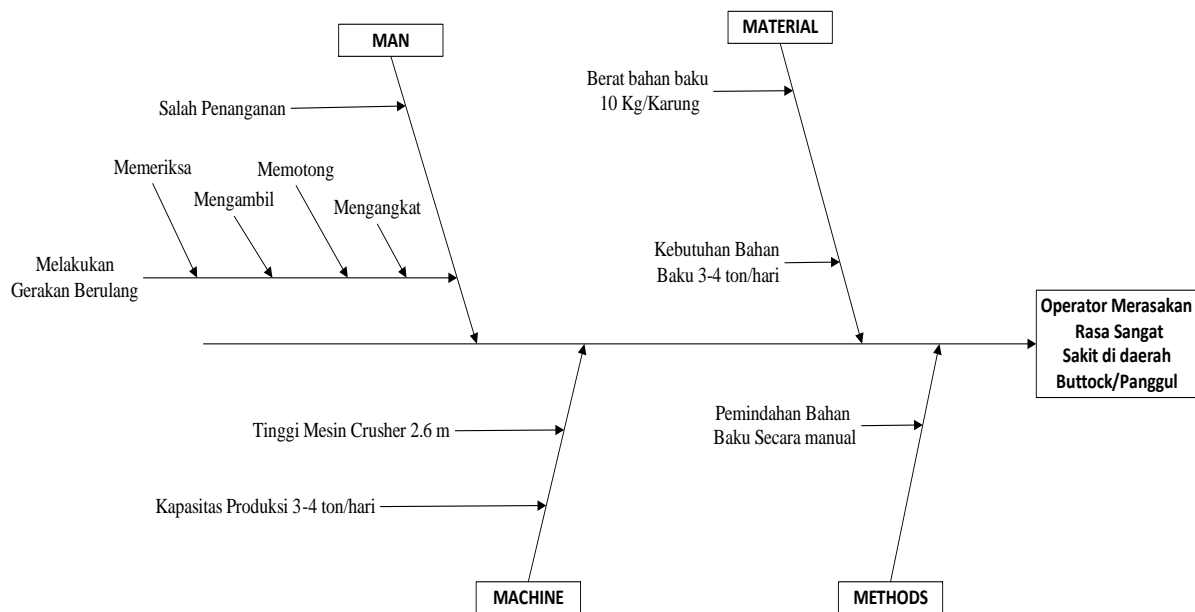
Tabel I. 1 Nilai tingkat keluhan

| Tingkat Keluhan | Skor |
|-----------------|------|
| Tidak Sakit | 1 |
| Agak Sakit | 2 |
| Sakit | 3 |

| Tingkat Keluhan | Skor |
|-----------------|------|
| Sangat Sakit | 4 |

Kuesioner *Nordic body map* dibagi menjadi empat tingkatan keluhan rasa sakit, yaitu: tidak sakit, agak sakit, sakit dan tidak sakit. Setelah kuesioner diberikan kepada setiap operator untuk memetakan rasa sakit, didapatkan salah satu bagian tubuh dari kedua operator memiliki rasa sangat sakit pada panggul/*pain the buttock*. dimana keadaan ideal adalah panggul operator tidak mengalami rasa sakit.

Perancang menggunakan diagram *fishbone* untuk menemukan akar permasalahan yang menyebabkan operator merasakan rasa sangat sakit pada bagian *buttock*/panggul. Mesin *crusher* mengolah bahan baku berupa karet EPDM dan ban bekas sebesar 3-4 ton per hari. Mesin *crusher* memiliki tinggi 2,6 m sehingga operator perlu melakukan proses pemindahan baku secara kontinu dan gerakan berulang berupa mengambil, mengangkat, memeriksa dan memotong dengan proses pemindahan secara manual.



Gambar I.5 Diagram Fishbone

Setelah dilakukan pengamatan, peneliti mendapatkan permasalahan yang terjadi di mesin *crusher* sebagai berikut:

1. Mesin *crusher* dan tempat pemotongan bahan baku berada ditempat yang berbeda dan tata letak mesin *crusher* memiliki ketinggian 2,6 m sehingga menyulitkan operator dalam melakukan perpindahan bahan baku.
2. Pemindahan bahan baku dilakukan secara manual dan berulang, seperti gerakan mengangkat, memotong, mengangkat dan memeriksa. Operator mesin *crusher* perlu

memasukan satu ikat ban bekas atau satu karung limbah karet EPDM seberat 10 kg ke mesin *crusher* dan sehari mesin *crusher* memiliki kapasitas dalam mengolah bahan baku 3-4 Ton.

3. Kedua operator mesin *crusher* merasakan rasa sangat sakit pada bagian panggul/*pain the buttock*.

Mendapatkan permasalahan di PT. XYZ perancang mencoba memberikan usulan alat bantu pemindahan bahan baku dengan menggunakan conveyor. Penggunaan Transportasi dengan conveyor banyak digunakan di banyak cabang industri termasuk pabrik pertambangan (Bindzár & Malindžák, 2008). Keuntungan utama dalam penggunaan conveyor dapat menekan risiko kecelakaan dan kemampuan untuk meraih sudut yang tinggi (Almeida, Neves, Arroyo, & Campos, 2019) sesuai dengan permasalahan di PT.XYZ yang memiliki tinggi mesin sebesar 2.6 m sehingga perusahaan perlu menggunakan *conveyor* untuk bisa mendistribusikan bahan baku yang dibutuhkan mesin *crusher*.

Penentuan deskripsi kebutuhan dalam perancangan menggunakan metode perancangan produk rasional *nigel cross*. Penggunaan perancangan produk dapat dilakukan setiap manusia untuk mencapai tujuan tertentu (Cross, 2000). Terdapat dua jalan berpikir untuk memecahkan permasalahan dalam perancangan produk terdapat dua metode perancangan yaitu metode kreatif dan rasional (Cross, 2000). Perancangan rasional cenderung menggunakan strategi sistematis untuk memahami masalah dan mencari aturan yang mendasari untuk menghasilkan solusi optimal.

I.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang telah diidentifikasi dalam penelitian ini adalah Bagaimana merancang desain alat bantu untuk memindahkan bahan baku mesin *crusher* dengan menggunakan conveyor dan metode yang digunakan adalah perancangan produk rasional *nigel cross*.

I.3 Tujuan Penelitian

Penelitian kali ini memiliki tujuan memberikan usulan alat bantu untuk memindahkan bahan baku mesin *crusher* dengan menggunakan conveyor dan metode yang digunakan adalah perancangan produk rasional *nigel cross*.

I.4 Batasan Penelitian

Penelitian kali ini memiliki batasan-batasan, batasan penelitian akan menjadikan peneliti lebih fokus pada tujuan awal penelitian. Adapun batasan-batasan pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya dilakukan di PT.XYZ.
2. Penelitian kali ini sampai pada tahap simulasi dampak penerapan *material handling equipment* usulan.

I.5 Manfaat Penelitian

Dilakukannya penelitian kali ini dapat memberikan manfaat yang dapat dipetik oleh berbagai pihak, adalah sebagai berikut:

1. Bagi Perusahaan
Manfaat bagi perusahaan adalah mendapatkan desain alat bantu mesin *crusher*, diharapkan penelitian kali ini dapat meningkatkan produktivitas perusahaan.
2. Bagi Penulis
Manfaat bagi penulis adalah mampu mengimplementasikan ilmu-ilmu yang didapatkan selama mengikuti kegiatan perkuliahan untuk memberikan solusi atas permasalahan yang sedang dihadapi perusahaan.
3. Bagi Pembaca
Dari hasil penelitian ini diharapkan pembaca dapat menambah wawasan keilmuan dalam bidang perancangan produk dan referensi atas permasalahan yang sedang dialami.

I.6 Sistematika Penulisan

Penggunaan sistematika penulisan laporan tugas akhir ini sebagai berikut:

BAB 1: PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan, peneliti memberikan informasi umum yaitu latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, waktu dan tempat penelitian, metodologi penelitian, dan sistematika penelitian.

BAB 2: TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab tinjauan pustaka peneliti mengemukakan landasan teori berupa pengertian, definisi, konsep dasar dan alasan pemilihan metode digunakan dalam penelitian.

BAB 3: METODE PENELITIAN

Pada bab metode penelitian, peneliti memaparkan langkah-langkah penelitian, identifikasi masalah, metode pengumpulan data secara primer dan sekunder, metode pengolahan data, kesimpulan dan saran.

BAB 4: PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab pengumpulan dan pengolahan data, peneliti memaparkan data yang telah dikumpulkan secara primer dan sekunder. Data kemudian diolah menggunakan metode yang sesuai dengan metode pengolahan data penelitian.

BAB 5: ANALISIS

Bab analisis, peneliti memaparkan analisis berupa perbandingan produk eksisting dengan produk usulan. Perbandingan dilakukan dari aspek pemenuhan aspek ergonomi dan produktivitas perusahaan.

BAB 6: KESIMPULAN DAN SARAN

Bab kesimpulan dan saran, peneliti memaparkan kesimpulan dari hasil penelitian secara menyeluruh. Saran yang ditujukan kepada perusahaan yang dijadikan objek penelitian dan kepada penelitian selanjutnya yang masih mengacu pada metode ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Tinjauan Pustaka Penelitian

II.1.1 Ergonomi

Ergonomi merupakan cabang ilmu yang memakai informasi-informasi, mengenai sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia untuk digunakan dalam pengembangan dan perancangan suatu sistem kerja untuk mendapatkan sistem kerja yang diinginkan melalui pekerjaan itu dengan efektif, aman dan nyaman (Sutalaksana, 1999) Pada prakteknya prinsip-prinsip ergonomi berkontribusi terhadap desain dan evaluasi tugas, pekerjaan, produk, lingkungan, serta sistem sehingga perangkat tersebut kompatibel dengan kebutuhan, kemampuan dan keterbatasan manusia (International Ergonomics Association, 2019). Untuk mencapai tujuan perlu diterapkan prinsip-prinsip ergonomi seperti efektif, aman, sehat nyaman dan efisien (EASNE).

Ergonomi terdiri dari dua kata penyusun yang berasal dari bahasa Yunani yaitu *ergos* berarti bekerja dan *nomos* berarti hukum alam. Beberapa pengertian tentang ergonomi, ergonomi bisa dikatakan sebagai studi atau ilmu yang mempelajari tentang kebiasaan dan aktifitas orang-orang ditempat kerja. Ergonomi memiliki tujuan untuk memberikan rancangan sebuah mesin yang sesuai dengan operatornya, operator mesin disini adalah manusia. (Lehto & Buck, 2008).

Ergonomi terbagi menjadi dua tingkatan dalam mengkaji permasalahan, terdapat *micro ergonomics* dan *macro ergonomics*, pengkajian *micro ergonomics* lebih sederhana dibandingkan *macro ergonomics* adalah seni mengidentifikasi permasalahan terkecil dalam suatu proses produksi dan menghindari akumulasi ketidak efisienan yang sangat besar. Dimulai dengan memperhatikan setiap rincian proses produksi, dan memerlukan pengetahuan tentang prinsip bagaimana untuk mendapatkan produksi yang paling memberikan dampak *fatigue* pada tubuh manusia. (Ergonomicfocus, 2019) sedangkan *Macro ergonomics* menawarkan perspektif yang lebih kompleks dan sistem yang lebih luas dengan penggunaan metode dan alat untuk mendapatkan hasil yang lebih baik sesuai dengan faktor manusia, ergonomi Desain, pengembangan, kebijakan-kebijakan pemerintah, dan implementasi. (Kleiner, 2008)

II.1.2 Nordic Body Map

Kuesioner Nordic Body Map merupakan bentuk lain dari checklist ergonomi yang dilakukan di dunia internasional yaitu *check list International Organization (ILO)*. *Nordic body map* digunakan untuk mengetahui letak rasa sakit atau ketidaknyamanan pada tubuh pekerja

(Wilson, 1995). Berikut merupakan gambar dari pembagian letak rasa sakit berdasarkan kuesioner *Nordic body map*.

| NO | Jenis Keluhan | Tingkat Keluhan | | | |
|----|-----------------------------|-----------------|----|---|----|
| | | TS | AS | S | SS |
| 0 | Pain in the upper neck | | | | |
| 1 | Pain in the lower neck | | | | |
| 2 | Pain in the left shoulder | | | | |
| 3 | Pain in the right shoulder | | | | |
| 4 | Pain in the left upper arm | | | | |
| 5 | Pain in the back | | | | |
| 6 | Pain in the right upper arm | | | | |
| 7 | Pain in the waist | | | | |
| 8 | Pain in the buttock | | | | |
| 9 | Pain in the bottom | | | | |
| 10 | Pain in the left elbow | | | | |
| 11 | Pain in the right elbow | | | | |
| 12 | Pain in the left lower arm | | | | |
| 13 | Pain in the right lower arm | | | | |
| 14 | Pain in the left wrist | | | | |
| 15 | Pain in the right | | | | |
| 16 | Pain in the left hand | | | | |
| 17 | Pain in the right hand | | | | |
| 18 | Pain in the left thigh | | | | |
| 19 | Pain in the right knee | | | | |
| 20 | Pain in the left knee | | | | |
| 21 | Pain in the right knee | | | | |
| 22 | Pain in the left calf | | | | |
| 23 | Pain in the right calf | | | | |
| 24 | Pain in the left ankle | | | | |
| 25 | Pain in the right ankle | | | | |
| 26 | Pain in the left foot | | | | |
| 27 | Pain in the right foot | | | | |

Gambar II.1 Kuesioner *Nordic Body Map*

Menurut (Kroemer K.H.E, 1994) kuesioner *Nordic Body Map* adalah kuesioner yang paling sering digunakan untuk mengetahui rasa sakit dan ketidaknyamanan pada pekerja, dan kuesioner ini sudah terstandarisasi dan tersusun rapi.

II.1.3 Karet Alam

Karet alam adalah sebuah zat yang diperoleh dari getah pohon karet itu sendiri dan karet alam juga merupakan elastomer atau polimer hidrokarbon elastis (Industrial Rubber Goods, 2019). *Ribbed Smoked Sheet* karet alam yang banyak digunakan di Industri dengan memiliki keunggulan tingkat kebersihan tinggi dan kekuatan sobek lembaran kuat. *Ribbed Smoked Sheets* memiliki ciri-ciri berbentuk lembaran dan memiliki tekstur yang kasar. Ada lima nilai utama dari RSS 1 hingga RSS 5. (Thai Hua Rubber Public Company Limited, 1999)

II.1.4 Karet EPDM

Ethylene Propylene Diene Monomer sering disingkat menjadi karet EPDM adalah karet sintetis yang terbukti kuat dengan perubahan cuaca. EPDM paling umum digunakan pada industri otomotif dan konstruksi (Silicone Engineering.Ltd, 2019)

Karet EPDM memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

- Memiliki umur yang panjang dibandingkan karet alam
- Memiliki kestabilan terhadap suhu tinggi maupun rendah
- Memiliki Daya tahan terhadap uap dan air
- Memiliki ketahanan terhadap cuaca, ozon, oksigen, dan beberapa bahan kimia (PT Santo Rubber, 2019).

II.1.5 Conveyor

Conveyor dalam arti luas merupakan peralatan yang memiliki fungsi untuk memindahkan barang dari satu tempat ke tempat yang lain secara cepat dan tepat. Barang yang mampu dipindahkan menggunakan conveyor memiliki keanekaragaman bentuk, kapasitas dan sifat benda tersebut.

Conveyor didefinisikan sebagai alat bantu yang digunakan dalam memindahkan bahan baku dari satu tempat ke tempat yang lain secara terus menerus. *Conveyor* digunakan untuk alur kerja relatif konstan (Daniel J Fonseca, 2004). Conveyor sendiri memiliki jenis yang beragam sesuai dengan kegunaan di perusahaan. Berikut merupakan jenis-jenis conveyor.

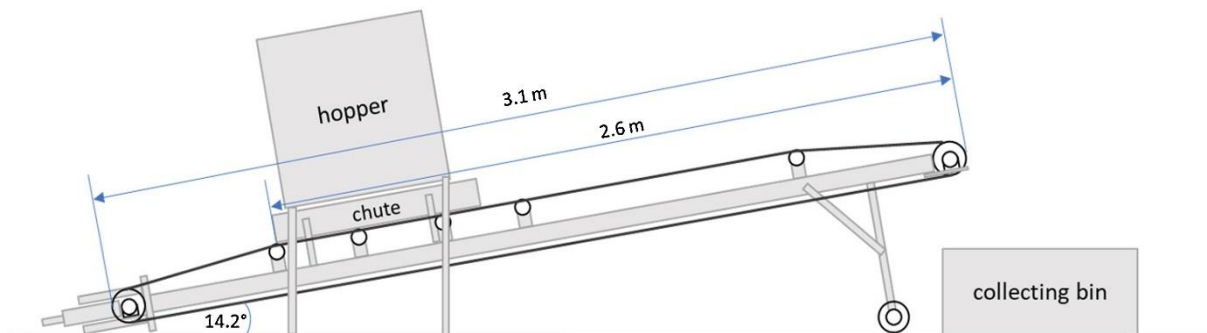
1. *Belt Conveyor*
2. *Apron Conveyor*
3. *Flight Conveyor*
4. *Bucket Conveyor*
5. *Scraper Chain Conveyor*
6. *Pallet Conveyor*
7. *Overhead Conveyor*
8. *Drag Chain Conveyor*

9. *Screw Conveyor*
10. *Roller Conveyor*
11. *Oscilating Conveyor*
12. *Vibrating Conveyor*

II.1.5.1 Belt Conveyor

Belt conveyor memiliki *belt* atau sabuk dalam bagian penyusun sehingga penggunaan sabuk dijadikan nama untuk conveyor jenis ini. Penggunaan sabuk digunakan untuk menahan dan memindahkan benda-benda padat saat diangkut.

Penggunaan *belt conveyor* seperti yang ditunjukkan pada Gambar. II, terdiri dari *hopper* berbentuk baji, *belt conveyor* berlubang (20°), dan tempat pengumpul. Ukuran *outlet hopper* dan kemiringan sabuk dapat disesuaikan. Lebar sabuk adalah 0,4 m dan panjangnya 3,1 m dengan 2,6 m digunakan untuk membawa bahan baku berupa pellet dengan tujuan mencegah tumpahan material. (Hamid Gilvari, 2021).



Gambar II.2 Conveyor

Belt conveyor berfungsi memindahkan barang dengan menggunakan pegerak utama berupa motor. Pengerak utama motor terhubung dengan *drum* yang disebut *pulley*. *Pulley* tersebutlah yang diselubungi oleh *belt*/sabuk yang lebar dan panjangnya menyesuaikan dengan kapasitas dan jarak angkut.

Belt conveyor berfungsi mengangkat material secara cepat dan dapat diatur untuk mengikuti profil atau jalur sesuai dengan kebutuhan. Di antaranya adalah konveyor yang horizontal, miring, vertical dan dapat dimasukkan kurva berbentuk cekung dan cembung ataupun kombinasi keduanya. Berbagai pengaturan dimungkinkan untuk memuat dan melepaskan dari conveyor. (Conveyor Equipment Manufacturers Association, 2002)

II.1.6 Mesin *Crusher* karet

Mesin *Crusher* berfungsi untuk mencacah ban karet menjadi ukuran yang lebih kecil sesuai dengan spesifikasi perusahaan. Bentuk dan ukuran *Grundul* dari mesin *crusher* masih bervariasi. Dan penetapan spesifikasi ukuran di PT. XYZ adalah 8 mm dan 10 mm. Berikut merupakan bagian dari mesin *crusher* yang dimiliki oleh PT. XYZ.



Gambar II.3 Mesin *Crusher* di PT. XYZ

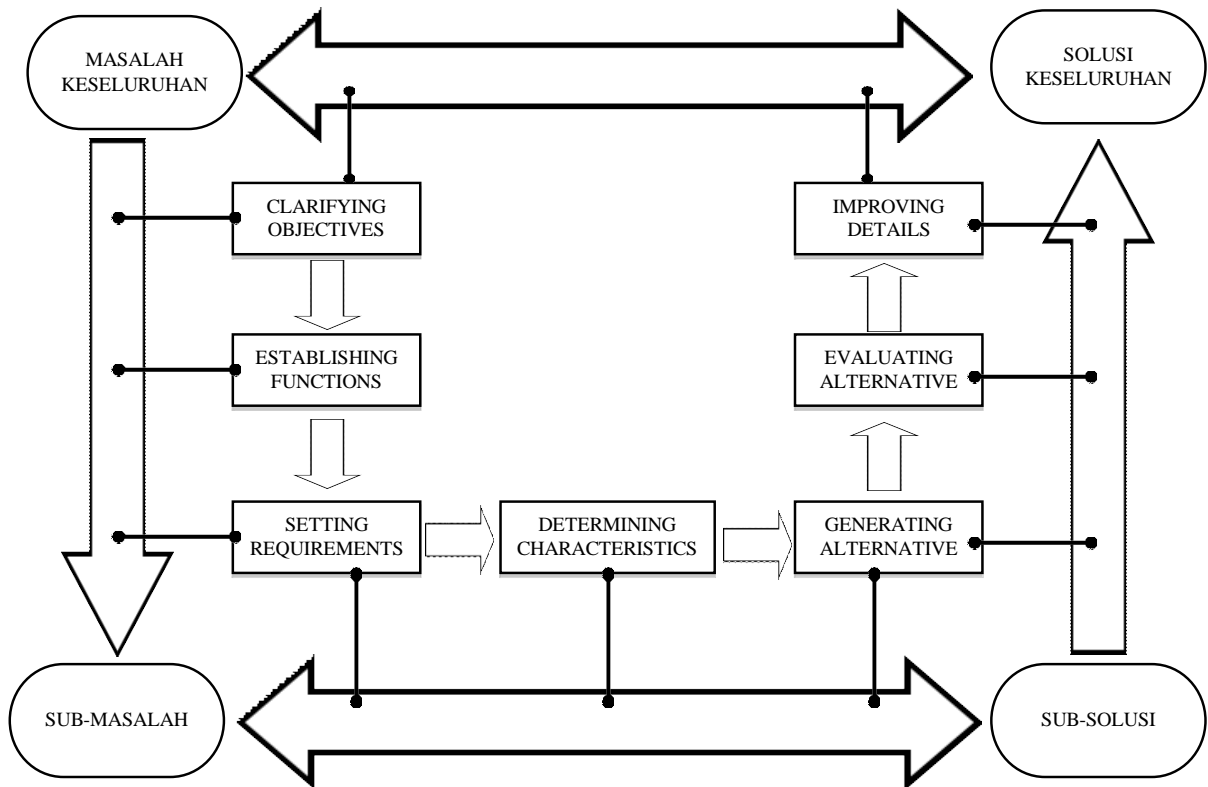
Tabel II.1 merupakan spesifikasi dari mesin *crusher* di PT. XYZ dengan melihat spesifikasi mesin *crusher* penulis dapat mengetahui berapa dimensi alat bantu yang sesuai dengan kebutuhan mesin *crusher*.

Tabel II. 1 Spesifikasi Mesin *Crusher*

| NO | Nama Komponen | Ukuran dan satuan |
|----|--------------------------|-------------------|
| 1 | <i>Grinding Chamber</i> | 510 x 300 mm |
| 2 | <i>Grinding Capacity</i> | 300 – 350 kg/h |
| 3 | <i>Stationery Cutter</i> | 2 pcs |
| 4 | <i>Rotary Cutter</i> | 6 lap time |
| 5 | <i>Power</i> | 15 HP |
| 6 | <i>Dimension</i> | 1290x995x1580 mm |

II.1.7 Perancangan Produk Rasional *Nigel Cross*

Perancangan produk terdapat dua metode yaitu metode kreatif dan rasional, dengan kedua tujuan memiliki kesamaan dalam tujuan, tujuan dari kedua metode untuk mendapatkan solusi-solusi potensial yang nantinya diambil untuk dijadikan pertimbangan keputusan dalam perbaikan (Cross, 2000). Perancang perlu melakukan tujuh tahapan yang sesuai dengan sistematika produk rasional Nigel Cross dan disetiap tahapannya memiliki perbedaan metode. Gambar 2.4 merupakan tujuh tahapan dari perancangan produk rasional *Nigel Cross*.



Gambar II.4 Tujuh Tahapan Perancangan Produk Rasional

II.1.7.1 Clarifying Objectives

Pertama perancang perlu melakukan pengklarifisian tujuan dari perancangan alat bantu. Tahap ini sangat membantu untuk para perancang untuk mendapatkan ide untuk mencapai tujuan yang jelas, walupun pada akhirnya tujuan tersebut akan berubah seiring dengan proses perancangan. *Clarifying objectives* menggunakan metode *objective tree*, metode pada tahap ini digunakan untuk membantu menjelaskan objek, sub-objek dari level kepentingan tertinggi hingga level terendah dan bagaimana langkah untuk mencapai suatu tujuan dalam perancangan produk. Berikut langkah-langkah dari *objective tree* (Cross,2000).

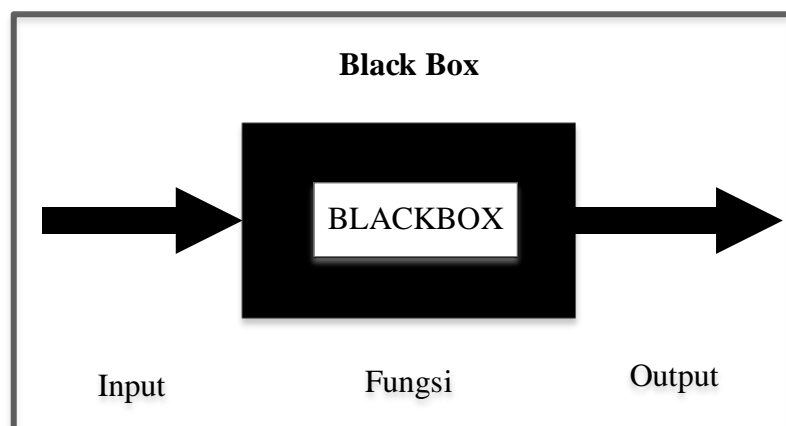
- 1 Membuat daftar tujuan perencanaan. Desain singkat yang diambil dari pertanyaan yang diajukan kepada kustomer dan diskusi antar tim perancang2

- 2 Menyusun daftar tujuan dari kelas tertinggi sampai terendah. Membentuk daftar tujuan dan sub-tujuan yang diperluas untuk dikelompokkan secara kasar kemudian dimasukkan kedalam level hierarki.
- 3 Menggambar sebuah diagram pohon objektif(*objective tree*) dengan menunjukkan hubungan hierarki.

II.1.7.2 Establishing Functions

Tujuan dari *clarifying objectives* telah terpenuhi kemudian melanjutkan ketahap *establishing functions*. Dimana pada tahap ini merupakan penetapan fungsi-fungsi yang hendak dirancang. Metode yang digunakan pada tahap ini adalah *the functional analysis method* yang bertujuan untuk menetapkan fungsi dan batasan perancangan produk yang diperlukan. Berikut merupakan tahapan yang harus dilakukan.

1. Menyusun fungsi dan sistem secara keseluruhan dalam bentuk transformasi input kedalam output. Penggunaan *blackbox system model* digunakan untuk memperluas batasan permasalahan (gambar II.5).
2. Membuat keseluruhan fungsi menjadi sub fungsi. sub fungsi terdiri dari semua tugas yang harus dilakukan di dalam kotak hitam
3. Menggambar blok diagram untuk memunculkan interaksi antar sub fungsi dan hubungannya telah diverifikasi.
4. Membentuk batasan sistem. Batasan sistem dijadikan batas fungsional produk yang telah didesain
5. Mencari komponen untuk menghasilkan sub fungsi dan hubungan antara sub fungsi tersebut.



Gambar II.5 Blackbox system model

II.1.7.3 Setting Requirements

Tahap *setting requirements* dilakukan setelah perancang menetapkan fungsi dari produk rancangan. Tujuan pada tahap ini membuat spesifikasi kinerja dengan menjelaskan spesifikasi yang sesuai dari solusi desain. *Performance specification model* memiliki tujuan untuk membuat spesifikasi kerja yang akurat dari suatu solusi rancangan, dengan tahap perancangan sebagai berikut (Cross, 2000):

1. Mempertimbangkan perbedaan tingkat solusi yang dapat diaplikasikan.
2. Menentukan tingkatan dalam pengoperasian.
3. Identifikasi atribut kinerja yang diperlukan.
4. Menentukan performansi untuk setiap atribut.

II.1.7.4 Determining Characteristics

Pada tahap *determining characteristics* memiliki tujuan untuk menentukan target yang akan dicapai oleh karakteristik teknis produk sehingga dapat memenuhi kebutuhan perbaikan. Metode yang digunakan pada langkah ini merupakan *Quality Function Deployment (QFD)*. Berikut merupakan langkah penyusunan *Quality Function Deployment (QFD)* (Cross, 2000):

1. Mengidentifikasi kebutuhan produk ke dalam atribut-atribut produk
2. Menentukan tingkat kepentingan relatif dari atribut-atribut
3. Mengevaluasi atribut-atribut dari produk pesaing
4. Membuat matriks perlawanan antar atribut-atribut produk dengan karakteristik
5. Mengidentifikasi hubungan antar karakteristik teknik dan atribut produk
6. Mengidentifikasi interaksi yang relevan diantara karakteristik teknik
7. Menentukan gambaran target yang ingin dicapai untuk karakteristik teknik

II.1.7.5 Generating Alternatives

Pada tahap ini bertujuan untuk membuat beberapa alternatif yang berpotensi untuk memecahkan solusi dari permasalahan yang diangkat. Metode yang digunakan pada tahapan ini adalah *Morphological Chart*. Penggunaan metode tersebut bertujuan untuk mengetahui bagaimana bentuk produk itu dibuat berdasarkan daftar dan ringkasan elemen yang dipakai sebuah produk dan telah disesuaikan dengan tujuan perancangan. Berikut empat tahapan dalam pembuatan *morphological chart* sebagai berikut (Cross, 2000):

1. Membuat daftar pokok elemen produk
2. Menentukan komponen untuk mencapai fungsi tersebut. Daftar tersebut meliputi gagasan baru untuk membentuk komponen-komponen yang ada dari bagian solusi

3. Menggambar dan membuat chart semua hubungan antar solusi
4. Identifikasi kelayakan kombinasi dari beberapa sub-solusi. Tetap mengacu pada batasan atau kriteria.

II.1.7.6 Evaluation Alternatives

Tahap selanjutnya akan dilakukan evaluasi dan penilaian terhadap beberapa alternatif desain yang dihasilkan oleh *Morphological chart*. Evaluasi dan penilaian dilakukan berdasarkan pada kebutuhan produk. Metode yang digunakan pada tahap ini adalah *the weighted objective method*. Output dari tahapan ini adalah satu alternatif desain terpilih yang akan dibuat secara lebih detail pada tahapan selanjutnya. Adapun langkah dari evaluasi alternatif adalah sebagai berikut (Cross, 2000):

1. Membuat daftar tujuan perancangan
2. Menyusun daftar tujuan dan sub tujuan perancangan.
3. Membuat bobot relatif dari setiap tujuan
4. Membuat parameter kegunaan untuk masing-masing tujuan
5. Menghitung dan membandingkan skor relatif dari setiap alternatif perancangan.

II.2 Alasan Pemilihan Kerangka Kerja

Pada penelitian kali ini, peneliti menggunakan metode perancangan produk rasional *nigel cross*. metode ini merupakan metode yang sistematis dengan urutan perancangan yang jelas dan terperinci dengan batasan yang didasarkan tujuan memperluas daerah pencarian solusi yang berpotensi permasalahan yang dialami konsumen serta memberikan jawaban atas permasalahan yang tengah dihadapi pengguna. Pada akhirnya peneliti dapat merancang *conveyor* mesin *crusher* dengan menggunakan metode perancangan produk rasional *nigel cross*.

II.3 Perbandingan Penelitian

Tabel II.2 Perbandingan Penelitian

| Nama | Judul | Tahun | Tujuan | Metode |
|--------------------------|---|-------|---|---|
| Reza Muhammad Zein | Perancangan Material Handling Equipment pada proses palletting galon air mineral untuk mengurangi beban operator dengan menggunakan metode perancangan produk | 2018 | Memberikan usulan rancangan material handling equipment untuk membantu proses palletting galon air mineral di | Niosh Lifting Equation, Metode Delphi, Metode Perancangan produk rasional, Quality Function Deployment, dan Morphological chart |

| | | | | |
|--|---|------|--|--|
| | rasional(Studi Kasus PT. MuawanahAlMa'soem | | PT.Muawanah AlMa'soem | |
| Gilang Ilham Pradana | Perancangan Mesin Pengering Pakaian Menggunakan Metode Rasional | 2019 | Mengembangkan produk mesin pengering pakaian untuk dapat memberikancara penggunaan dan rancangan yang lebih optimal | Metode Perancangan Produk Rasional, Quality FunctionDeployment,Mo rphological chart |
| Muhammad Hanif Imaduddin (Penelitian saat ini) | PERANCANGAN MATERIAL HANDLING EQUIPMENT MESIN CRUSHER MENGUNAKAN METODE PERANCANGAN PRODUK RASIONAL DI PT. XYZ | 2021 | Memberikan usulan rancangan material handling equipment untukmembantu proses pemindhan bahan baku di PT. XYZ | Metode Perancangan Produk Rasional,Quality FunctionDeployment,Mo rphological chart |

Terdapat dua penelitian terdahulu dengan metode yang sama dengan menggunakan perancangan produk rasional, *quality function deployment* dan *morphological chart*. Muhammad Hanif Imaduddin pada tahun 2021 melakukan perancangan *material handling equipment* mesin *crusher* dengan menggunakan perancangan produk rasional di PT. XYZ. Dengan tujuan Memberikan usulan rancangan material handling equipment untuk membantu dan meningkatkan proses pemindahan bahan baku di PT. XYZ

pada tahun 2019 Gilang Ilham Pradana melakukan perancangan dengan judul Perancangan Mesin Pengering Pakaian Menggunakan Metode Rasional. Pada perancangan tersebut memiliki tujuan mengembangkan produk mesin pengering pakaian untuk dapat memberikan cara penggunaan dan rancangan yang lebih optimal

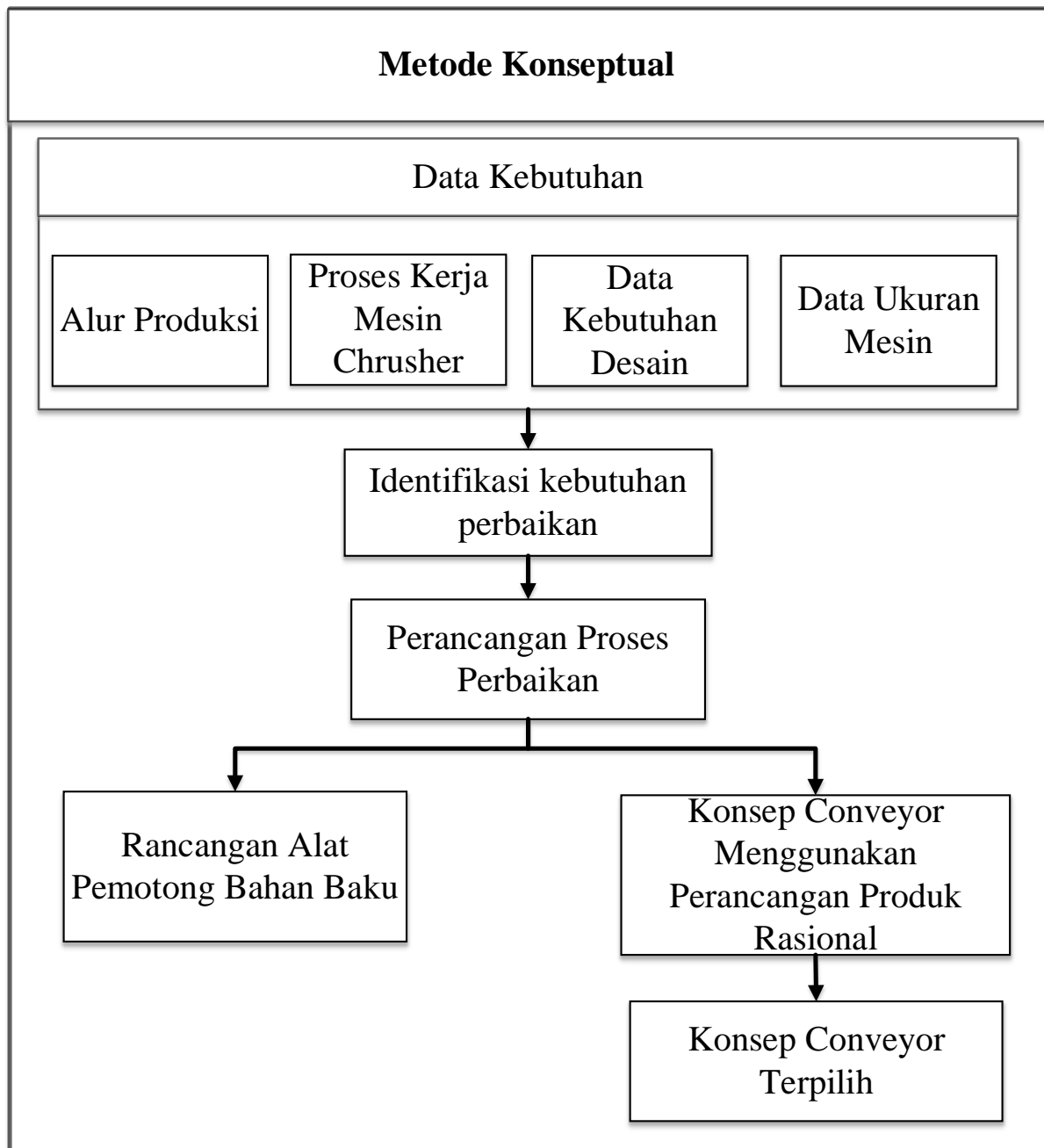
Pada tahun 2018 Reza Muhammad Zein melakukan perancangan *Material Handling Equipment* pada proses *palletting* galon air mineral untuk mengurangi beban operator dengan

menggunakan metode perancangan produk rasional (Studi Kasus PT. Muawanah Al-Ma'some, dengan tujuan memberikan usulan rancangan material handling equipment untuk membantu proses *palletting* galon air mineral di PT.Muawanah AlMa'some.

BAB III SISTEMATIKA PENYELESAIAN MASALAH

III.1 Kerangka Pemecahan Masalah

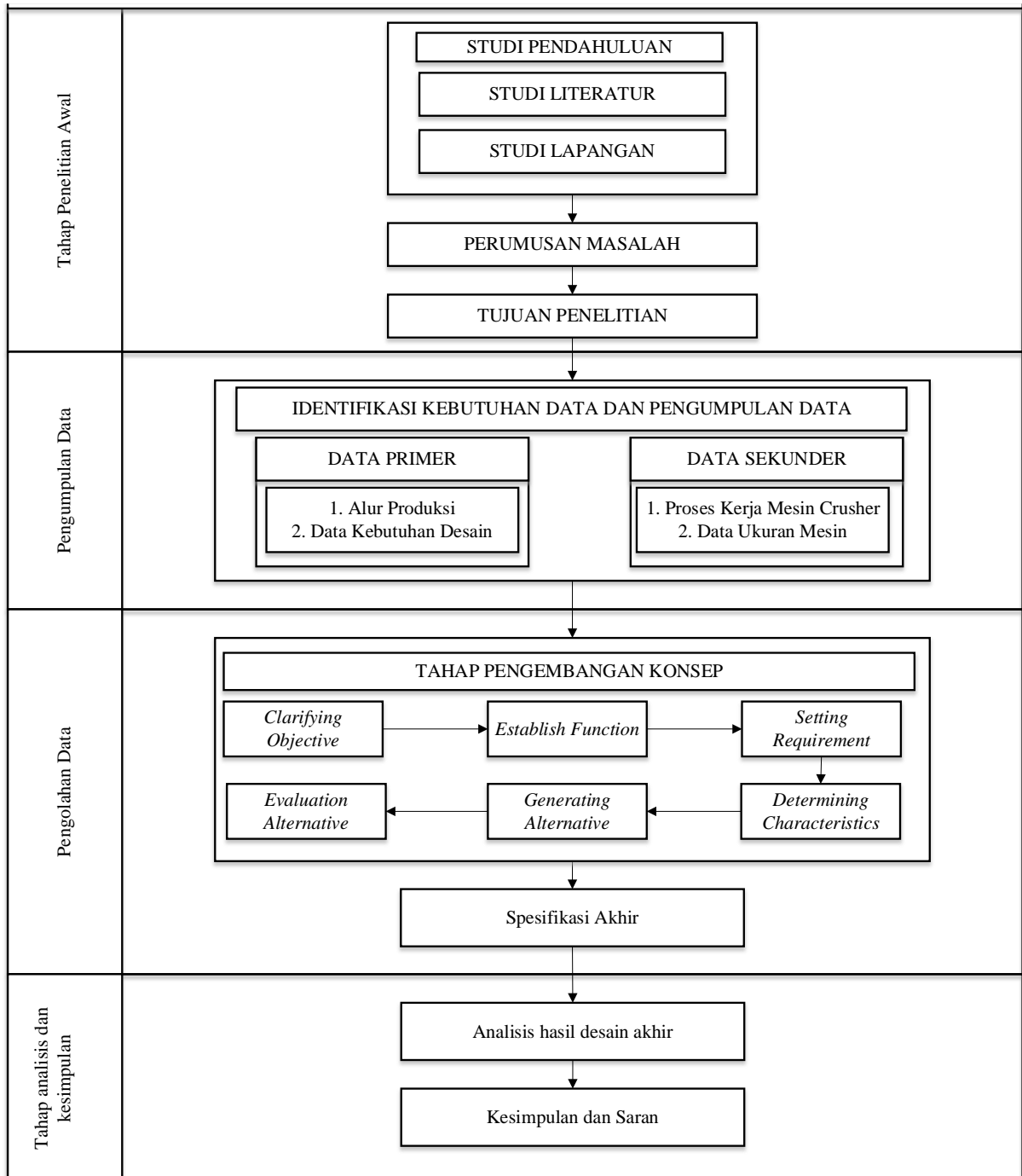
Metode penelitian merupakan tata cara atau prosedur digunakan untuk mengumpulkan informasi atau data yang diperlukan dalam penelitian kali ini. Metode penelitian yang sedang dilakukan oleh penulis dibagi menjadi dua metode, yaitu dengan menggunakan Metode Konseptual dan Sistematika Pemecahan Masalah.



Gambar III.1 Metode Konseptual

III.2 sistematika Pemecahan Masalah

Kerangka pemecahan masalah adalah suatu diagram yang menjelaskan hubungan antara variabel-variabel yang relevan dalam permasalahan yang nantinya memiliki dampak terhadap fungsi tujuan. Model konseptual bertujuan agar didalam penelitian menjadi lebih terstruktur dan menjaga peneliti selalu didalam batasan-batasan penelitian.



Gambar III.2 Sistematika penyelesaian

III.2.1 Tahap Penelitian Awal

Tahap penelitian awal merupakan tahap pertama yang dilakukan dalam penelitian ini. Pada tahap ini peneliti melakukan observasi kondisi aktual pada PT. XYZ selanjutnya peneliti melakukan tahapan untuk menyelesaikan masalah:

1. Studi literatur

Studi literatur dilakukan sebagai kerangka berpikir dalam upaya mencapai tujuan penelitian dengan menggunakan literatur sebagai landasan teori yang memiliki hubungan terhadap permasalahan yang terjadi pada perusahaan.

2. Studi lapangan

Pada tahap studi lapangan, peneliti mengidentifikasi permasalahan dengan melakukan observasi dengan melihat aktifitas operator mesin *crusher* secara langsung.

3. Perumusan masalah

Pada tahap ini peneliti melakukan perumusan masalah setelah melakukan studi lapangan dan studi literatur. Perumusan masalah pada penelitian kali ini bagaimana peneliti menganalisa solusi-solusi potensial yang nantinya diambil untuk dijadikan keputusan dalam perbaikan mesin *crusher* dengan menggunakan metode perancangan rasional.

4. Tujuan penelitian

Tujuan penelitian merupakan fokus utama peneliti dalam melakukan pencarian solusi atas permasalahan perusahaan dalam pemindahan bahan baku kedalam mesin *crusher* dengan menggunakan metode perancangan produk rasional nigel cross.

III.3 Tahap Pengumpulan data

Data dikumpulkan dan digunakan sebagai dasar dalam pemilihan metode guna menyelesaikan permasalahan perusahaan. Berikut merupakan data primer dan data sekunder yang dibutuhkan dalam pelaksanaan penelitian di PT. XYZ.

Data Primer

1. Alur Produksi

Digunakan untuk menentukan tahap produksi mesin *crusher* yang masih memiliki peluang untuk dilakukan optimasi.

2. Data kebutuhan desain

Digunakan untuk menentukan spesifikasi yang di butuhkan untuk membuat desain alat bantu

Data Sekunder

2. Proses Kerja Mesin *Crusher*

Digunakan dalam menentukan bentuk alat bantu yang sesuai dengan kebutuhan pekerja

3. Data ukuran mesin

Digunakan untuk menentukan ukuran dimensi alat bantu sehingga sesuai dengan kebutuhan pekerja

III.4 Tahap Pengolahan data

Tahap pengolahan data dilakukan setelah melakukan pengumpulan data primer dan data sekunder dan Proses perancangan produk rasional *nigel cross* pada penelitian kali ini menggunakan Berikut merupakan langkah-langkah perancangan produk:

1. Pengolahan data menggunakan pengembangan Konsep dengan Pendekatan Perancangan produk rasional

Perancangan produk rasional nigel cross memiliki kesamaan tujuan dengan metode kreatif, bertujuan mendapatkan solusi-solusi potensial nantinya diambil untuk dijadikan keputusan dalam perbaikan (Cross, 2000).

a. *Clarifying objectives*

menggunakan metode *objective tree*, metode pada tahap ini digunakan untuk membantu menjelaskan objek, sub-objek dan bagaimana langkah untuk mencapai suatu tujuan dalam perancangan produk. Berikut langkah-langkah dari *objective tree*.

b. *establishing functions*

merupakan tahap penetapan fungsi-fungsi dalam perancangan. Metode yang digunakan pada tahap ini adalah *the functional analysis method* dengan tujuan untuk menetapkan fungsi dan batasan perancangan produk yang dibutuhkan.

c. *setting requirements*

digunakan dalam pembuatan spesifikasi kinerja dengan penjelasan spesifikasi yang sesuai dengan usulan perbaikan. Metode pada tahap ini adalah *Performance specification model* bertujuan membuat spesifikasi kerja yang akurat dari suatu solusi rancangan, dengan tahap perancangan

d. *Determining Characteristics*

bertujuan menentukan target yang akan dicapai oleh karakteristik teknis produk sehingga dapat memenuhi kebutuhan perbaikan. Metode yang digunakan pada langkah ini merupakan *Quality Function Deployment (QFD)*

e. *Generating alternative*

bertujuan untuk membuat beberapa alternatif yang berpotensi untuk memecahkan solusi dari permasalahan yang diangkat. Metode yang digunakan adalah *Morphological Chart*.

f. *Evaluation alternative*

menggunakan metode the weighted objective method. Output dari tahapan ini adalah satu alternatif desain terpilih yang akan dibuat secara lebih detail pada tahapan selanjutnya. Adapun langkah dari evaluasi alternative

2. *Spesifikasi Akhir Produk*

Tahap spesifikasi akhir produk berisikan konsep desain *Material Handling Equipment (MHE)*.

III.5 Metode Evaluasi

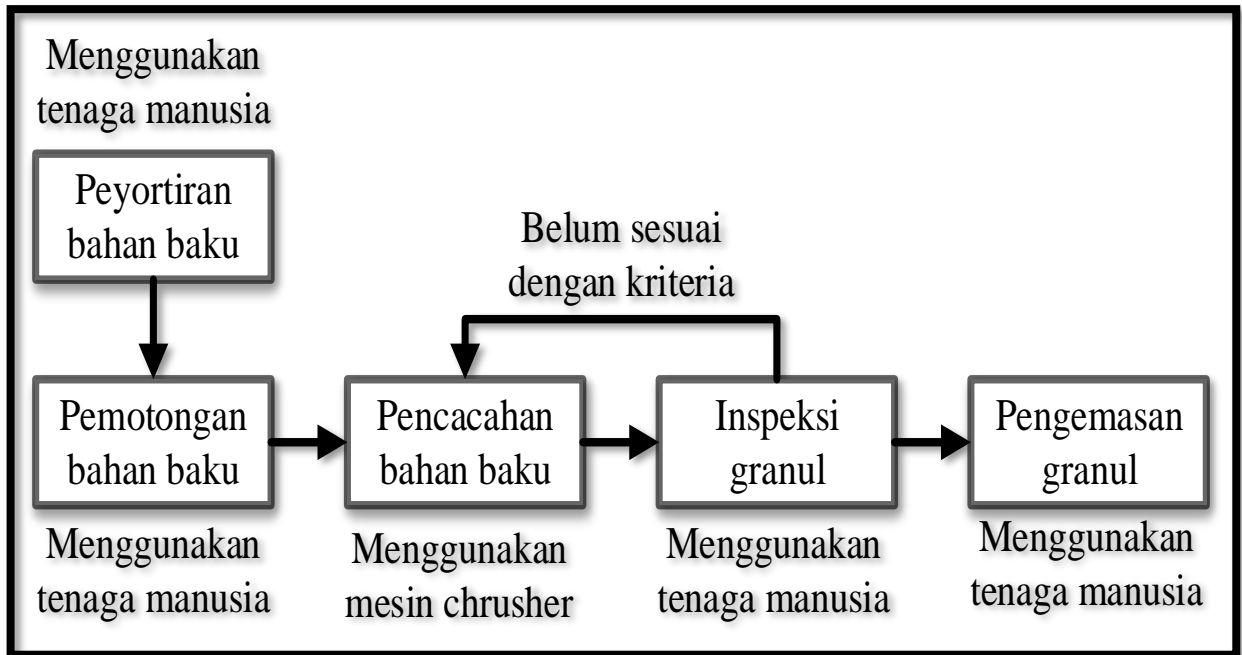
Pada tahap analisis dan kesimpulan terdapat saran yang ditujukan untuk penelitian selanjutnya guna mendapatkan perbaikan berkelanjutan untuk mendapatkan proses produksi yang efektif dan efisien. Analisis ditujukan terhadap hasil perancangan alat pemindahan bahan baku dan memberikan kesimpulan terhadap penelitian apakah telah mencapai target sesuai dengan tujuan penelitian dan mencapai output yang dibutuhkan oleh PT. XYZ.

BAB IV PERANCANGAN SISTEM TERINTEGRASI

IV.1 Pengumpulan Data

IV.1.1 Proses Kerja Mesin *Crusher*

Proses pengolahan ban bekas memiliki serangkaian kegiatan untuk mendapatkan *granul* yang berkualitas. Proses pengolahan *rubber mat* eksisting masih mengandalkan tenaga manusia dengan lima proses utama, yaitu. Pemotongan baku, pencacahan bahan baku, inspeksi dan pengemasan hasil cacahan mesin *crusher*.



Gambar IV.1 Proses Pengolahan Rubber Mat

Bahan baku didatangkan dari penyuplai akan disortir sesuai dengan jenisnya. Terdapat dua jenis bahan baku yang digunakan dalam pengolahan *rubber mat*, penyortiran ini berdasarkan komponen penyusun bahan baku mesin *crusher*, jenis pertama adalah ban bekas kendaraan bermotor yang memiliki benang dan kawat. Benang dan kawat akan menyulitkan operator pada tahap inspeksi dikarenakan penyusun ini tidak diperlukan dalam proses pengolahan *granul* dan kedua adalah limbah karet EPDM. Limbah karet EPDM tidak memiliki komponen penyusun benang dan kawat sehingga penggunaan limbah karet EPDM memudahkan operator untuk tidak perlu melakukan tahap inspeksi setelah proses pencacahan bahan baku.

IV.1.2 Dimensi Mesin *Crusher*

Pencacahan dilakukan menggunakan mesin *crusher* dengan spesifikasi mesin seperti pada tabel

IV.1. Pencacahan dilakukan sesuai dengan jenis bahan baku yang telah disortir pada tahap sebelumnya. Pencacahan sesuai dengan jenisnya akan memudahkan bagi operator dalam tahap inspeksi.

Tabel IV. 1 Spesifikasi Mesin Crusher

| No. | Nama Komponen | Ukuran dan satuan |
|-----|--------------------------|-------------------|
| 1 | <i>Grinding Chamber</i> | 510 x 300 mm |
| 2 | <i>Grinding Capacity</i> | 300 – 350 kg/h |
| 3 | <i>Stationery Cutter</i> | 2 pcs |
| 4 | <i>Rotary Cutter</i> | 6 lap time |
| 5 | <i>Power</i> | 11 kw |
| | | 15 HorsePower |
| 6 | <i>Dimension</i> | 1290x975x1670 mm |
| 7 | <i>Weight</i> | 900 kg |

Produksi mesin *crusher* masih memiliki keterbatasan yaitu tidak semua hasil produksi memberikan hasil yang sesuai serta mesin belum dapat berhenti secara otomatis jika mesin *crusher* mengalami panas yang berlebih. Mesin *crusher* masih memerlukan operator dalam mematikan/menyalakan mesin dan memisahkan *granul* yang belum sesuai dengan spesifikasi. Dari permasalahan ini rekan saya Fandi Oktafian membuat rancangan alat bantu untuk memisahkan *granul* sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.

Operator perlu melakukan inspeksi setelah *granul* keluar dari mesin *crusher* untuk memastikan semua hasil produksi sesuai dengan spesifikasi. *Granul* yang tidak sesuai dengan spesifikasi akan dikembalikan ke PT. XYZ. permasalahan ini akan mempengaruhi nama PT.XYZ. Hasil produksi tidak memenuhi spesifikasi akan ditampung ditempat yang sudah ditentukan untuk diolah kembali menggunakan mesin *crusher*. Spesifikasi *granul*, yaitu. 8 mm dan 10 mm (gambar IV.2).

Pengemasan dilakukan setelah *granul* telah melewati proses inspeksi. Pengemasan dilakukan dengan memasukan *granul* kedalam karung dengan setiap karung diberikan bobot 50 kg per karung. Pengemasan memudahkan untuk menyimpan dan mendistribusikan *granul* hasil cacahan mesin *crusher*.

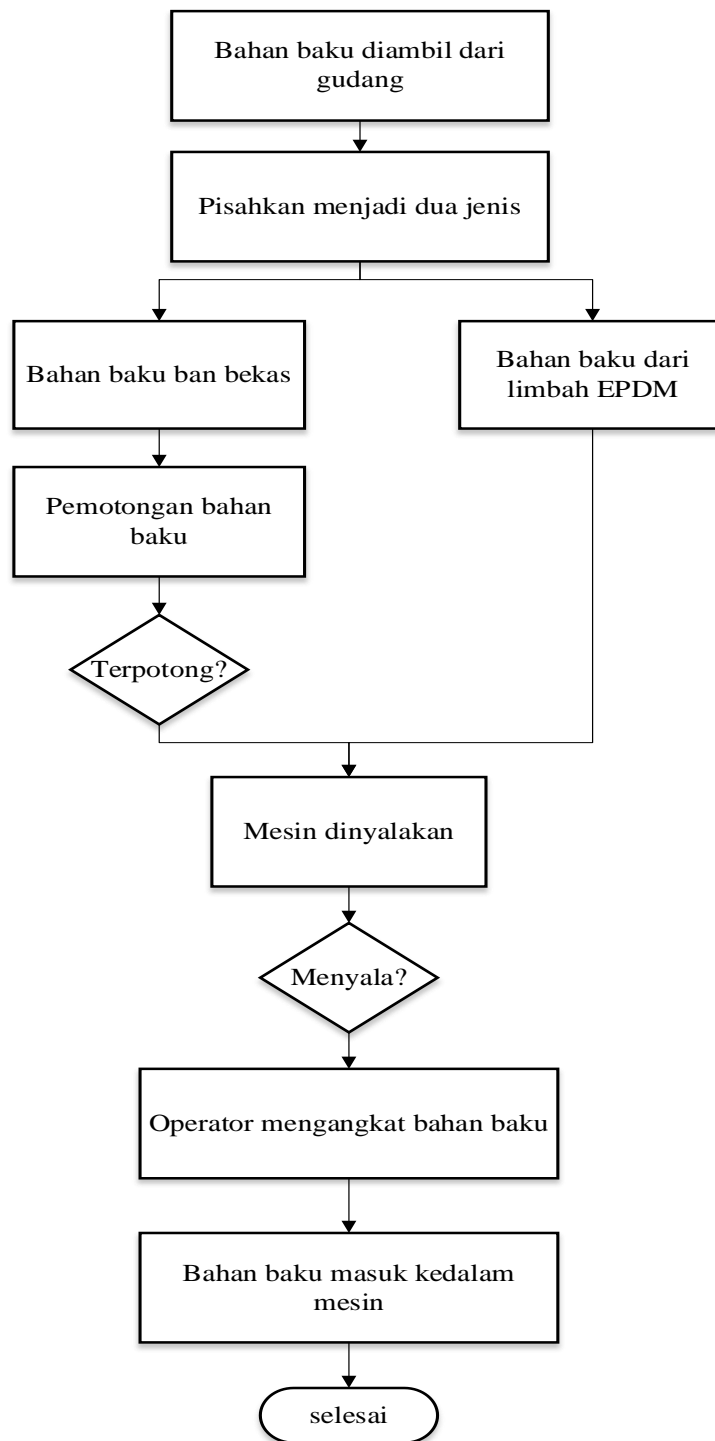


Gambar IV.2 Granul

IV.1.3 Alur Produksi

Proses produksi *rubber mat* masih bersifat manual, sebagian besar proses produksi masih bertumpu kepada dua operator yang menunggu jalanya proses produksi. Kedua operator diharapkan dapat mengendalikan berbagai aktifitas yang diperlukan dalam proses produksi, Operator perlu mengetahui kapan mesin harus dimatikan akibat mesin mengalami panas berlebih dan kapan mesin dinyalakan ulang, operator perlu meyortir bahan baku kedalam dua jenis pertama ban bekas/*tire roll* dan kedua limbah EPDM, memotong bahan baku yang berbentuk *tire roll*, memasukan bahan baku dengan mengangkat agar masuk kedalam mesin *crusher*, melakukan inspeksi dan pengemasan *granul* kedalam karung. Adapun proses produksi sebagai berikut dan diilustrasikan kedalam diagram alur (gambar IV.3).

1. Bahan baku datang dari penyuplai yang telah berkejasama dengan PT. XYZ
2. Bahan baku dimasukan kedalam gudang bahan baku.
3. Bahan baku dipisahkan menjadi dua jenis, yaitu. ban bekas dalam bentuk *tire roll* dan limbah karet EPDM.
4. Bahan baku dalam bentuk *tire roll* diangkat ketempat pemotongan.
5. *Tire roll* dipotong agar mudah dimasukan kedalam mesin dalam bentuk sesuai dengan spesifikasi perusahaan.
6. Mesin *crusher* dinyalakan.
7. Bahan baku dimasukan kedalam mesin *crusher*



Gambar IV.3 Diagram Alir Proses Produksi

IV.1.4 Identifikasi Kebutuhan Desain

Identifikasi kebutuhan berisi peluang dan kebutuhan perbaikan untuk membuat sistem yang lebih baik dan mengurangi kelemahan dari sistem eksisting. Kebutuhan desain didapatkan dari hasil observasi lapangan dan memberikan kuesioner *Nordic Body Map* kepada narasumber. Berikut kebetuhan desain untuk memperbaiki sistem eksisting.

1. Mesin *crusher* dan tempat pemotongan bahan baku berada ditempat yang berbeda dan tata letak mesin *crusher* memiliki ketinggian 2,6 m sehingga menyulitkan operator dalam melakukan perpindahan bahan baku.
2. Pemandahan bahan baku dilakukan secara manual dan berulang, seperti gerakan mengangkat, memotong dan memeriksa. Operator mesin *crusher* perlu memasukan satu ikat ban bekas atau satu karung limbah karet EPDM seberat 10 kg ke mesin *crusher* dan sehari mesin *crusher* memiliki kapasitas dalam mengolah bahan baku 3-4 Ton.
3. Operator mesin *crusher* merasakan rasa sakit pada bagian tubuh tertentu.
4. Kuesioner *Nordic Body Map* yang diberikan kepada kedua operator mesin *crusher* didapatkan nilai sebesar 59 dan 56.

IV.2 Pengolahan Data

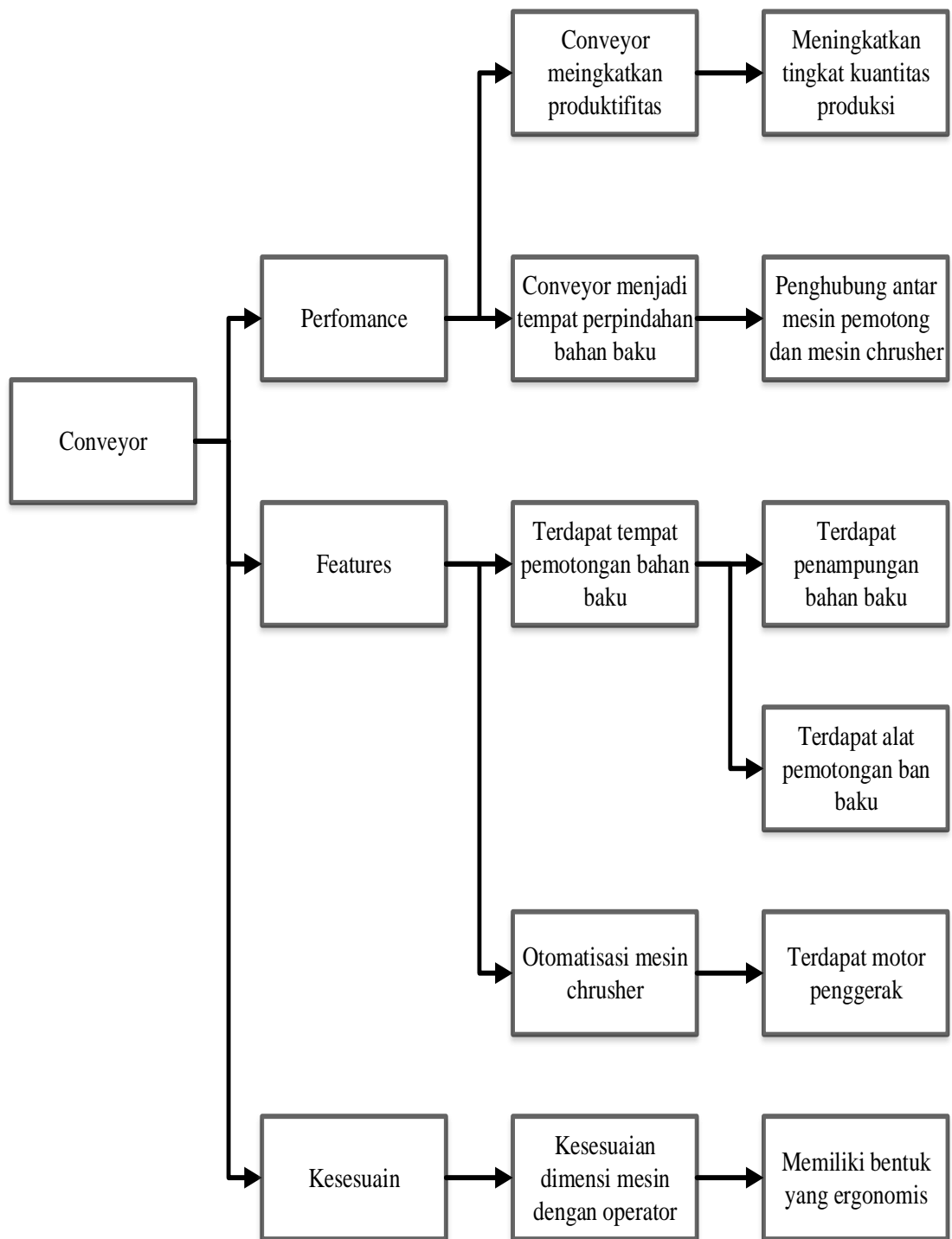
IV.2.1 Clarifying Objective

Dalam membuat klasifikasi tujuan terdapat metode *objective tree* yang digunakan untuk membantu penulis dalam menentukan tujuan dan sub-tujuan beserta hubungan keduanya dari level kepentingan tertinggi hingga level terendah dan langkah-langkah untuk mencapai tujuan dan sub-tujuan dalam perancangan produk rasional *nigel cross* (Cross,2000).

Tingkat kepentingan berdasarkan atribut kebutuhan dimasukan kedalam tabel 4.2. dan tujuan dari perancangan diidentifikasi dari tujuan perbaikan yang didapatkan dari hasil pengambilan data dari PT. XYZ.

1. Alat bantu dapat meningkatkan produktifitas pekerjaan
2. Alat bantu dapat menjadi tempat pemindahan bahan baku mesin *crusher*
3. Alat bantu dapat menyesuaikan dimensi tubuh operator
4. Alat bantu dapat melakukan pemotongan bahan baku
5. Alat bantu dapat melakukan otomatisasi pekerjaan

Terdapat 8 dimensi kualitas produk menurut (tjiptono, 2008) pada perancangan *conveyor* di PT. XYZ terdapat *performance* dan *features* sebagai dua dimensi kualitas produk dapat digambarkan (gambar 4.5) menjadi diagram *objective tree*.



Gambar IV.4 Diagram Objective Tree

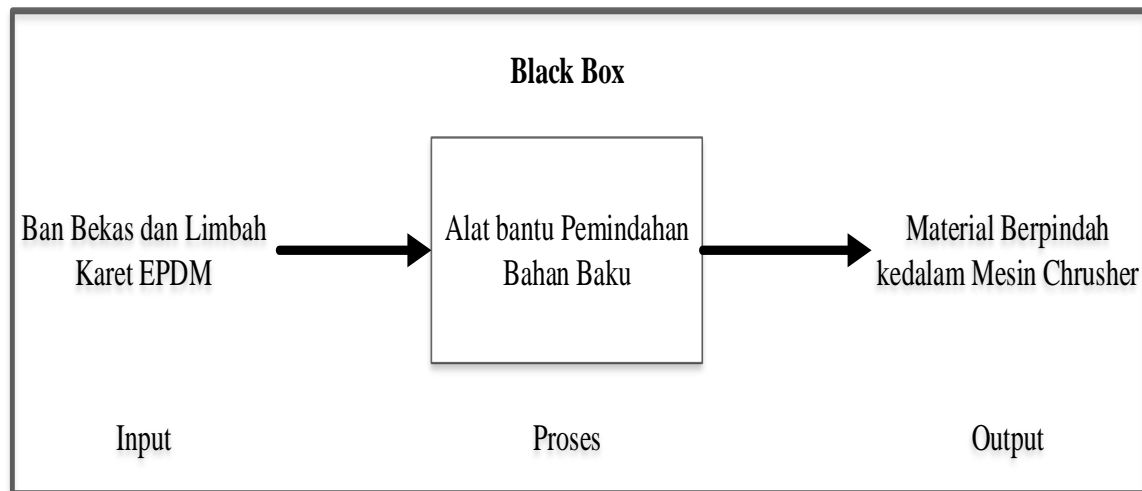
Diagram *objective tree* yang telah diidentifikasi kemudian dimasukkan kedalam tingkat generalitas seperti pada gambar IV.4 dan dibedakan menjadi tiga tingkatan yaitu Primer, Sekunder dan Tersier.

IV.2.2 Establish Function

Langkah-langkah dalam penyusunan kebutuhan yaitu menyusun metrik kebutuhan kemudian menyusun target spesifikasi yang akan dicapai dan menentukan batasan-batasan fungsi menggunakan metode *black box design* untuk membantu perancang fokus terhadap rancangan sebagaimana tujuan awal dari perancangan alat bantu.

IV.2.2.1 Penentuan Black Blox

Perancangan alat bantu bertujuan dapat melakukan pemindahan bahan baku yang dibutuhkan untuk meningkatkan proses produksi mesin *crusher* dan meringankan kerja operator. Menggunakan metode *black box* berguna untuk memetakan masukan, proses dan keluaran.



Gambar IV.5 Black Box

Menggunakan metode *blackbox* terdapat *transparent box* berisi berisi sub tujuan dari tujuan utama dari perancangan alat bantu.

IV.2.3 Setting Requirement

pada tahap *setting requirement* menggunakan metode *performance specification model*. Memiliki tujuan untuk membuat spesifikasi kerja yang akurat dari suatu solusi rancangan, dengan tahap perancangan sebagai berikut.

IV.2.3.1 Menentukan Solusi dari Level of Generality Product Alternatives.

1. *Product Alternative*: Proses pemindahan baku mesin *crusher* menggunakan *conveyor*
2. *Product Types*:
 - a. *Conveyor* memiliki desain yang sesuai dengan fungsi utama produk (*performance*)
 - b. *Conveyor* memiliki beberapa fitur untuk melengkapi fungsi utama produk (*features*)

- c. *Conveyor* memiliki beberapa fitur untuk dapat menyesuaikan dengan kebutuhan produk (*Conformance*)
3. *Product Features*
- a. Alat bantu menjadi alat perpindahan bahan baku mesin *crusher*
 - b. Alat bantu dapat meningkatkan Produktivitas
 - c. Alat bantu memiliki tempat pemotongan bahan baku
 - d. Alat bantu memiliki sistem yang telah terotomatisasi
 - e. Alat bantu memiliki Kesesuaian dimensi mesin dengan operator

Tabel IV. 2 Atribut Kebutuhan

| No. | Dimensi | Atribut Kebutuhan |
|-----|--------------------|--|
| 1 | <i>Performance</i> | <i>Conveyor</i> menjadi alat perpindahan bahan baku mesin <i>crusher</i> |
| | | <i>Conveyor</i> dapat meningkatkan Produktivitas |
| 2 | <i>Features</i> | <i>Conveyor</i> Terdapat tempat pemotongan bahan baku |
| | | <i>Conveyor</i> telah terotomatisasi |
| 3 | <i>Conformance</i> | <i>Conveyor</i> memiliki kesesuaian antara dimensi mesin dengan operator |

IV.2.3.2 Menentukan Tingkat Kepentingan

Penentuan tingkatan yang akan dioperasikan maka akan dipilih *product types*, penggunaan *product types* untuk menghindari penggunaan solusi yang tingkat generalitas nya terlalu tinggi dan tingkat generalitas yang terlalu rendah. Penggunaan *Level of Generality Product Alternatives* terlalu tinggi atau terlalu rendah akan mendapatkan usulan yang tidak tepat dan membatasi perancangan (Cross, 2000)

Tabel IV.3 Tingkat Kepentingan

| No. | Dimensi | Tingkat Kepentingan | Atribut Kebutuhan |
|-----|--------------------|---------------------|--|
| 1 | <i>Performance</i> | 4 | <i>Conveyor</i> menjadi alat perpindahan bahan baku mesin <i>crusher</i> |

| | | | |
|---|-----------------|---|--|
| | | 4 | <i>Conveyor</i> dapat meningkatkan Produktivitas |
| 2 | <i>Features</i> | 3 | <i>Conveyor</i> dapat melakukan pemotongan bahan baku |
| | | 3 | <i>Conveyor</i> dapat melakukan otomisasi pekerjaan |
| 3 | Conformance | 3 | <i>Conveyor</i> dapat menyesuaikan dimensi mesin dengan operator |

IV.2.3.3 Mengidentifikasi Atribut Kerja

Menggunakan metode *performance specification model* membantu penulis untuk mendapatkan hasil kriteria yang sesuai dengan tujuan perancangan. Dan mendapatkan spesifikasi yang lebih spesifik dan dapat diaplikasikan pada perancangan material handling equipment.

Tabel IV. 4 Atribut Kerja

| Tujuan | Kriteria |
|---|--|
| Alat bantu memindahkan bahan baku mesin <i>crusher</i> | Mampu menjadi alat transportasi bahan baku |
| Alat bantu dapat meningkatkan Produktivitas | Meningkatkan tingkat kuantitas perpindahan bahan baku |
| Alat bantu memiliki kesesuaian antara dimensi mesin dengan operator | Memiliki dimensi yang ergonomis |
| Alat bantu memiliki tempat pemotongan bahan baku | Bahan baku telah terpotong sebelum memasuki mesin <i>crusher</i> |
| Alat bantu memiliki sistem yang telah terotomatisasi | Mengurangi penggunaan operator dalam produksi mesin <i>crusher</i> |

Berdasarkan kriteria yang didapatkan maka tahap selanjutnya kriteria tersebut diubah menjadi spesifikasi yang dapat diukur agar dapat menentukan batasan perancangan dan acuan untuk melakukan proses perancangan.

IV.2.3.4 Menentukan Kebutuhan Kinerja Untuk Setiap Atribut

Menentukan kebutuhan kinerja untuk setiap atribut dilakukan untuk pembuatan parameter dan batas setiap kriteria sebagai acuan/batasan dalam proses perancangan.

Tabel IV.5 Batasan untuk Setiap Kriteria

| Kriteria | Parameter | Batasan |
|--|--|--|
| Alat bantu dapat meningkatkan Produktivitas | Kapasitas perpindahan meningkat | 350 Kg/jam |
| Mampu menjadi alat transportasi bahan baku | Berfungsi sebagai alat transportasi bahan baku | Memindahkan 350 Kg/jam bahan baku |
| Mengurangi penggunaan operator dalam produksi mesin <i>crusher</i> | Jumlah operator | Satu |
| Bahan baku telah terpotong sebelum memasuki mesin <i>crusher</i> | Ukuran bahan baku | Ukuran bahan baku dengan <i>granul</i> menjadi 1:10 |
| Memiliki dimensi yang ergonomis | Data antropometri | Tinggi alat pemotong sesuai dengan tinggi siku berdiri |

IV.2.4 Determining Characteristics

Pada tahap *determining characteristics* bertujuan untuk menerjemahkan atau menggambarkan dari kebutuhan produk dan tujuan perancangn kedalam atribut-atribut yang disesuaikan dengan karakteristik teknis menggunakan *quality function deployment* (QFD) sebagai metode pada tahap ini

IV.2.4.1 Mengidentifikasi Tujuan Perbaikan ke Dalam Atribut Produk

Tahap ini dilakukan penerjemahan tujuan perbaikan primer yang masih memiliki tingkat generalitas yang tinggi menjadi lebih detail dengan tingkat generalitas lebih rendah untuk mendapatkan karakteristik teknik yang lebih spesifik. Berikut adalah atribut yang sesuai dengan tujuan perbaikan dari perancangan

Tabel IV.6 Tingkat Generalitas

| Primer | Sekunder | Tersier |
|------------|--|---|
| Perfomansi | <i>Conveyor</i> menjadi alat perpindahan bahan baku mesin <i>crusher</i> | Tempat transportasi bahan baku |
| | <i>Conveyor</i> dapat meningkatkan Produktivitas | tingkat kuantitas perpindahan meningkat |

| Primer | Sekunder | Tersier |
|------------|--|--------------------------------|
| Fitur | <i>Conveyor</i> dapat melakukan pemotongan bahan baku | Bentuk pemotong bahan baku |
| | <i>Conveyor</i> dapat melakukan otomatisasi pekerjaan | Perpindahan secara otomatisasi |
| Kesesuaian | <i>Conveyor</i> dapat menyesuaikan dimensi mesin dengan operator | dimensi mesin ergonomis |

IV.2.4.2 Matriks Perlawanan Antara Atribut dengan Karakteristik dan Tingkat Kepentingan

Tingkat kepentingan bertujuan membuat setiap atribut menjadi daftar prioritas yang akan ada dalam perancangan kali ini, Tingkat kepentingan dari setiap atribut didapatkan dengan melakukan validasi dari pemilik dan ketua RnD PT. XYZ berupa forum grup discussions (FGD) yang telah dilakukan. Hasil forum grup discussions (FGD) sesuai dengan tabel IV.7.

Membuat Matriks Perlawanan Antara Atribut dengan Karakteristik dengan menerjemahkan dari setiap atribut produk untuk menjadi karakteristik teknik. Setiap atribut memiliki karakteristik produk dimana tidak menutup kemungkinan antara atribut satu dengan atribut yang lain memiliki kesamaan dalam karakteristik teknis, namun juga terdapat perbedaan karakteristik teknis antara setiap atribut. Hasil penerjemahan atribut kedalam katakarakteristik teknis dapat dilihat pada tabel IV.7.

Tabel IV.7 identifikasi Karakteristik teknik dan Tingkat Kepentingan

| No. | Karakteristik Teknik | Tingkat Kepentingan | Atribut Kebutuhan |
|-----|---------------------------|---------------------|---|
| 1 | Kecepatan motor penggerak | 4 | Tempat transportasi bahan baku |
| | Lebar Belt | | |
| | Panjang Belt | | |
| | Sudut kemiringan | | |
| | Tinggi Conveyor | | |
| 2 | Kecepatan Motor Penggerak | 4 | tingkat kuantitas perpindahan meningkat |
| | Lebar Belt | | |

| No. | Karakteristik Teknik | Tingkat Kepentingan | Atribut Kebutuhan |
|-----|---------------------------|---------------------|--------------------------------|
| 3 | Dimensi Tempat Pemotong | 3 | Bentuk pemotong bahan baku |
| 4 | Kecepatan Motor Penggerak | 3 | Perpindahan secara otomatisasi |
| 5 | Dimensi Tempat Pemotong | 3 | dimensi yang ergonomis |

Setelah menginterpretasikan atribut tujuan menjadi karakteristik teknik terdapat kesamaan karakteristik hasil. Tahap selanjutnya akan meringkas karakteristik teknik yang memiliki kesamaan antar karakteristik teknis lainnya.

Tabel IV.8 Karakteristik Teknik

| No | Karakteristik Teknik |
|----|---------------------------|
| 1 | Kecepatan Motor Penggerak |
| 2 | Lebar Belt |
| 3 | Panjang Belt |
| 4 | Tinggi Conveyor |
| 5 | Sudut Kemiringan |
| 6 | Dimensi Tempat Pemotong |

Setelah mengubah atribut tujuan perbaikan menjadi karakteristik teknik didapatkan hasil karakteristik teknik yang dapat digunakan dalam metode *quality function deployment* (QFD) untuk mengidentifikasi tingkat hubungan antar setiap atribut kebutuhan perbaikan dengan karakteristik teknik.

IV.2.4.3 Mengidentifikasi Hubungan Karakteristik Teknik dan Atribut Produk

Mengidentifikasi Hubungan Karakteristik Teknik dan Atribut Produk dilakukan untuk mengidentifikasi seberapa kuat pengaruh atau keterkaitan hubungan antar atribut dengan karakteristik teknik dengan menggunakan simbol untuk mengimplementasikannya. sesuai dengan tabel 4.5.

Tabel IV.9 Simbol Hubungan karakteristik Teknik Dengan Atribut Produk

| Simbol | Hubungan | Keterangan |
|--------|----------|--|
| ● | Kuat | Memiliki hubungan kuat antar matriks |
| ○ | Sedang | Memiliki hubungan sedang antar matriks |
| ▲ | Lemah | Memiliki hubungan lemah antar matriks |

Berikut adalah hasil dari hubungan antara atribut produk dan karakteristik teknik:

Tabel IV. 10 Hubungan antar atribut Produk dengan Karakteristik Teknik




| | Kecepatan Motor Penggerak | Lebar Belt | Panjang Belt | Tinggi Conveyor | Sudut Kemiringan | Dimensi Alat Pemotong | Dimensi Conveyor |
|---|---------------------------|------------|--------------|-----------------|------------------|-----------------------|------------------|
| Tempat transportasi bahan baku | ● | ● | ● | | ▲ | | |
| tingkat kuantitas perpindahan meningkat | ● | ● | | | | | |
| Bentuk pemotong bahan baku | ● | ○ | | | | | |
| Perpindahan secara otomatis | | | | ○ | | ● | ○ |
| dimensi pemotong ergonomis | | | | ● | ▲ | ● | ● |

Hasil dari tabel diatas bertujuan untuk meberikan informasi kekuatan hubungan antar atribut dengan karakteristik teknik yang kemudian akan dijadikan sebagai pertimbangan desain yang sesuai dengan karakteristik.

IV.2.4.4 Mengidentifikasi interaksi yang relevan antara karakteristik teknik

Pada tahap mengidentifikasi interaksi yang relevan antara karakteristik teknik bertujuan untuk mengetahui hubungan antara karakteristik teknik satu dengan karakteristik lainnya. Pada hubungan karakteristik teknik memiliki sifat matriks yang kuat atau lemah dan nilai yang berbanding lurus atau berbanding terbalik. Hubungan tersebut dijelaskan pada tabel IV.11

Tabel IV. 11 Simbol hubungan kedua matriks

| simbol | hubungan | keterangan |
|---|-----------------|---|
|  | Strong Positive | Kedua matriks memiliki hubungan kuat dan nilai yang berbanding lurus |
|  | Medium Positive | Kedua matriks memiliki hubungan sedang dan nilai yang berbanding lurus |
|  | Medium Negative | Kedua matriks memiliki hubungan sedang dan nilai yang berbanding terbalik |

Tabel IV.12 Penentuan Karakteristik Teknik

| No. | Karakteristik Teknik | Nilai | Satuan |
|-----|----------------------------|-------|---------|
| 1 | Lebar <i>belt</i> | 0.5 | m |
| 2 | Panjang <i>Belt</i> | 4.5 | m |
| 3 | Tinggi <i>conveyor</i> | 2.6 | m |
| 4 | Kemiringan <i>conveyor</i> | 18-22 | derajat |
| 5 | Tinggi tempat pemotong | 0.9 | m |

Penentuan matrik tujuan berdasarkan perhitungan secara teori, tata letak dan kebutuhan perusahaan. Pengolahan data didapatkan nilai target ideal yang dicapai untuk tiap metrik dan nilai tiap metrik didapatkan dari pengolahan data sebagai berikut.

1. Lebar belt

Lebar ditentukan dari hasil wawancara dengan perusahaan dan didapatkan lebar *conveyor* sebesar 500 mm. berikut merupakan ukuran standar lebar belt.

Tabel IV.13 Ukuran Standar Lebar dalam mm

| | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|
| 300 | 400 | 500 | 650 | 800 | 1000 |
| 1200 | 1400 | 1600 | 1800 | 2000 | 2200 |

2. Panjang *Belt*

Panjang *belt conveyor* diperoleh dari tinggi mesin *crusher* sebesar 2.6meter dan kemiringan sebesar 22 derajat sehingga panjang *conveyor* yang didapatkan adalah 4.5 meter.

3. Tinggi *Conveyor*

Tinggi *conveyor* disesuaikan dengan tinggi mesin *crusher* yaitu sebesar 2.6 meter.

4. Sudut Kemiringan *Conveyor*

Sudut kemiringan ditentukan oleh material yang dibawa, berdasarkan berat material dan material per satuan volume (Kg/m³).

Panduan untuk sudut longitudinal kemiringan δ yang diperbolehkan dalam berbagai benda bermuatan besar. Nilai-nilai ini bergantung pada bentuk partikel, ukuran, dan sifat mekanis barang yang dihantarkan, tanpa perlu memperhitungkan lapisan conveyor belt.

Tabel IV. 14 Material class description

| <i>Size</i> | <i>Material Characteristics</i> | <i>Code</i> |
|---|--|-------------|
| | - <i>Very fine – 100 mesh and under</i> | A |
| | - <i>Fine—1/8 inch and under</i> | B |
| | - <i>Granular—Under 1/2 inch</i> | C |
| | - <i>Lumpy—containing lumps over 1/2 inch</i> | D |
| | - <i>Irregular—stringy, interlocking, mats together</i> | E |
| <i>Flowability Angle of Repose</i> | - <i>Very free flowing angle of repose less than 19°</i> | 1 |
| | - <i>Free-flowing-angle of repose 20° to 29°</i> | 2 |
| | - <i>Average flowing-angle of repose 30° to 39°</i> | 3 |
| | - <i>Sluggish-angle of repose 40° and over</i> | 4 |
| <i>Abrasiveness</i> | - <i>Nonabrasive</i> | 5 |
| | - <i>Abrasive</i> | 6 |
| | - <i>Very abrasive</i> | 7 |
| | - <i>Very sharp-cuts or gouges belt covers</i> | 8 |
| <i>Miscellaneous Characteristics (Sometimes more than one of these characteristics may apply)</i> | - <i>Very dusty</i> | L |
| | - <i>Aerates and develops fluid characteristics</i> | M |
| | - <i>Contains explosive dust</i> | N |
| | - <i>Contaminable, affecting use or saleability</i> | P |
| | - <i>Degradable, affecting use or saleability</i> | Q |
| | - <i>Gives off harmful fumes or dust</i> | R |
| | - <i>Highly corrosive</i> | S |
| | - <i>Mildly corrosive</i> | T |
| | - <i>Hygroscopic</i> | U |
| | - <i>Interlocks or mats</i> | V |
| | - <i>Oils or chemical present—may affect rubber products</i> | W |
| - <i>Packs under pressure</i> | X | |
| | Y | |

| | | |
|--|---|---|
| | - <i>Very light and fluffy—may be wind-swept Elevated temperature</i> | Z |
|--|---|---|

Tabel IV. 15 Material characteristics foot

| <i>Material</i> | <i>Average weight (kg/m³)</i> | <i>Angle of Repose (degrees)</i> | <i>Recommended maximum inclination (degrees)</i> | <i>Code</i> |
|--------------------------|--|----------------------------------|--|-------------|
| <i>Rock</i> | 100-110 | 30-44 | 22 | D36 |
| <i>Rubber Pelletized</i> | 50-55 | 35 | 22 | D35 |
| <i>Rubber reclaim</i> | 25-30 | 32 | 18 | D35 |
| <i>Rye</i> | 42-46 | 23 | 8 | B25N |

Penggunaan *conveyor* di PT. XYZ digunakan untuk memindahkan bahan baku bermaterial ban bekas yang termasuk materia *Rubber Reclaim* menurut data yang didapatkan dari (Conveyor Equipment Manufacturers Association, 2002) *rubber reclaim* memiliki berat rata-rata untuk memindahkan bahan baku sebesar 25-30 kg/m³ dan sudut ketenangan atau *angle of repose* sebesar 32 derajat dan maksimum sudut inklinasi sebesar 18 dan *rubber pelletized* memiliki berat rata-rata untuk memindahkan bahan baku sebesar 50-55 kg/m³ dan sudut ketenangan atau *angle of repose* sebesar 35 derajat dan maksimum sudut inklinasi sebesar 22 dan memiliki kode D35. Kode D35 dapat dilihat menggunakan tabel 4.6. Kode D merupakan *Lumpy- containing lumps* lebih ½ inch, 3 merupakan *Average flowing-angle of repose* sebesar 30° to -39° dan 5 merupakan – *Nonabrasive*

IV.2.5 Generating Alternative

Tahapan ini bertujuan untuk memunculkan alternatif desain yang bertujuan untuk dijadikan solusi dari perancangan kali ini. Selanjutnya akan dilakukan pemilihan beberapa alternatif menggunakan *morphological chart*.

IV.2.5.1 Membuat Daftar yang Penting Bagi Produk

Langkah pertama adalah penentuan dari keseluruhan an fungsi dasar yang akan muncul pada kombinasi. Pada penentuan fungsi dipilih berdasarkan tingkatan yang sama secara umum.

Tabel IV. 16 Deskripsi setiap komponen

| NO | Komponen | Deskripsi |
|----|------------------------------|--|
| 1 | motor | Sebagai penggerak <i>drive pulley</i> yang terhubung dengan <i>drum pulleys</i> sehingga dapat menggerakkan <i>belt</i> dari <i>conveyor</i> |
| 2 | <i>Belt</i> | berfungsi sebagai pembawa material yang diangkut. |
| 3 | <i>Pillow Block Adjuster</i> | tempat untuk mengatur sabuk di <i>belt conveyor</i> |
| 4 | Drive Pulley | Penghubung drive unit dengan belt |
| 5 | <i>Idler</i> | Berfungsi sebagai penyangga atau penahan belt. |
| 6 | Kerangka | Berfungsi sebagai penopang <i>belt conveyor</i> |
| 7 | Pisau | Pemotong bahan baku yang masih berbentuk <i>tire roll</i> |
| 8 | <i>Drive unit</i> | Penggerak <i>drive pulley</i> sehingga belt ikut bergerak |

IV.2.5.2 Daftar Setiap Fungsi yang Dapat Dicapai

Berikut merupakan fungsi dan sub-fungsi yang harus dicapai dalam perancangan *material handling equipment* mesin *crusher* di PT. XYZ. Dan daftar setiap fungsi dan sub-fungsi dapat dilihat pada tabel IV.17







Tabel IV.17 Fungsi dan Sub-Fungsi

| No | Fungsi | Sub-Fungsi |
|----|--------|-------------------------------|
| 1 | motor | <i>Gear box variable 3 hp</i> |
| | | <i>Gear box variable 4 hp</i> |

| No | Fungsi | Sub-Fungsi |
|----|--------------------------|----------------------------------|
| 2 | <i>Belt</i> | <i>Rough top</i> |
| | | <i>Diamond Top</i> |
| | | <i>Chevron V</i> |
| 3 | Pillow Block Adjuster | <i>FYH UCTH</i> |
| 4 | <i>Drive Pulley</i> | <i>Drum style pulley</i> |
| | | <i>Wing style pulleys</i> |
| | | <i>Spiral style pulleys</i> |
| 5 | <i>idler</i> | <i>Flat roller idler</i> |
| | | <i>2 roller idler</i> |
| | | <i>3 roller idler</i> |
| 6 | Kerangka | <i>Vertikal conveyor</i> |
| | | <i>Straight modular conveyor</i> |
| | | <i>Z belt conveyor</i> |
| 7 | Kerangka tempat pemotong | Vertical style |
| | | Straight Style |
| 8 | <i>Drive unit</i> | <i>Geared motor</i> |
| | | <i>Motor gear coupling</i> |

IV.2.5.3 Menggambar Sebuah Chart Untuk Kemungkinan Hubungan Fungsi

Pada langkah ini menggunakan *Morphological Chart* agar dapat mengetahui jumlah fungsi serta alternatif yang mungkin akan terpilih. Berikut merupakan *Morphological Chart conveyor belt*.

| fungsi | Alternatif | | | |
|--------------------------|--|--|---|----------|
| | konsep 1 | konsep 2 | konsep 3 | Konsep 4 |
| motor |  Gearbox Variable 3 hp |  Gearbox Variable 4 hp | | |
| Belt |  Rough Top |  Diamond Top |  Chevron Top | |
| Pillow Block Adjuster |  FYH UTCH | | | |
| Drive Pulley |  Drum Style Pulleys |  Wing Style Pulleys |  Spiral Style Pulleys | |
| idler |  Flar Roller Idler |  2 Roller Idler |  3 Roller Idler | |
| Kerangka |  Vertical Conveyor |  Z Belt Conveyor |  Straight Modular Conveyor | |
| Kerangka Tempat Pemotong |  Vertikal Style |  Straight Style | | |
| Drive unit |  Geared Motor |  Motor Geared Coupling | | |

Gambar IV.7 Morphological Chart Conveyor belt

Sesuai dengan Gambar IV.7 didapatkan kombinasi konsep sebanyak $2 \times 3 \times 1 \times 3 \times 3 \times 3 \times 2 \times 2 = 648$ kombinasi konsep.

IV.2.5.4 Identifikasi Kelayakan Kombinasi Konsep

Pada tahap identifikasi kelayakan kombinasi konsep dengan melakukan eliminasi konsep yang memiliki performa yang buruk jika dikombinasikan dengan konsep yang lain dan menghindari konsep yang tidak dapat direalisasikan atau tidak memiliki pengaruh. Setelah dilakukan

identifikasi kelayakan didapatkan konsep yang dapat dikombinasikan dengan konsep yang lain dan didapatkan perubahan jumlah kombinasi konsep.

Tabel IV.18 Alasan konsep tereeduksi

| Fungsi | Konsep Tereeduksi | Alasan |
|--------------|---------------------------|---|
| Belt | Rough Top | Jenis <i>rough top</i> memiliki permukaan yang kasar sehingga permukaan belt tidak dapat menahan bahan baku mesin <i>crusher</i> |
| Drive Pulley | Wing Style Pulleys | Penggunaan <i>wing style pulleys</i> biasa digunakan untuk <i>belt conveyor</i> yang memiliki bentuk <i>belt</i> putus-putus |
| | Spiral Style Pulleys | Penggunaan <i>spiral style pulleys</i> biasa digunakan untuk <i>belt conveyor</i> yang berbentuk <i>wiring belt</i> |
| Idler Roller | 2 Roller Idler | Kedua konsep ini memiliki kesamaan dalam pengangkutan material curah yang dapat memindahkan barang dengan bobot yang berat, sesuai dengan kasus di PT. XYZ, penggunaan 1 <i>roller idler</i> masih dapat digunakan. |
| | 3 Roller Idler | |
| Kerangka | Straight Modular Conveyor | Sesuai dengan kasus yang diberikan oleh perusahaan, mesin <i>crusher</i> memiliki tinggi 2.6 m sehingga kerangka <i>straight modular conveyor</i> tidak dapat diaplikasikan di lapangan. |

Didapatkan kombinasi seperti pada gambar IV.8 maka terdapat 324 kombinasi konsep setelah melakukan eliminasi konsep sesuai dengan tabel IV.18. kemudian didapatkan 24 kombinasi konsep yang sesuai dengan gambar IV.8.

| fungsi | Alternatif | | |
|--------------------------|---|--|----------|
| | konsep 1 | konsep 2 | konsep 3 |
| motor |  |  | |
| | Gearbox Variable 3 hp | Gearbox Variable 4 hp | |
| Belt |  |  | |
| | Diamond Top | Chevron Top | |
| Pillow Block Adjuster |  | | |
| | FYH UTCH | | |
| Drive Pulley |  | | |
| | Drum Style Pulleys | | |
| idler |  | | |
| | Flar Roller Idler | | |
| Kerangka |  |  | |
| | Vertical Conveyor | Z Belt Conveyor | |
| Kerangka Tempat Pemotong |  |  | |
| | Vertical Style | Straight Style | |
| Drive unit |  |  | |
| | Geared Motor | Motor Geared Coupling | |

Gambar IV.8 Hasil Morphological Chart Conveyor belt setelah dilakukan reduksi

IV.2.6 Evaluation Alternative

Pada tahap dilakukan penentuan alternatif terbaik berdasarkan alternatif-alternaitf yang muncul pada tahap *generating alternatives*. Metode yang digunakan adalah *weighted objectives method*

dengan tujuan membandingkan nilai kegunaan dari alternatif rancangan usulan sesuai dengan tujuan perancangan, atas kinerja terhadap bobot tujuan(Cross, 2000)

IV.2.6.1 Menentukan Bobot Persentase Kriteria

Penentuan tingkat kepentingan dan bobot persentase dari setiap kriteria yang didapatkan pada tahap *clarifying objectives*. Bobot persentase didapatkan dan dijadikan pedoman untuk menentukan tingkat prioritas yang harus dipenuhi pada perancangan kali ini, tingkat kepentingan dan bobot persentase dengan persentase dari total 100% dapat dilihat pada tabel IV.19.

Tabel IV. 19 Tingkat Kepentingan dan Bobot Persentase Kriteria

| No | Tingkat Kepentingan | Kriteria | Persentase |
|----|---------------------|---|------------|
| 1 | 4 | Tempat transportasi bahan baku | 23.52 |
| 2 | 4 | Tingkat kuantitas perpindahan meningkat | 23.52 |
| 3 | 3 | Bentuk pemotong bahan baku | 17.64 |
| 4 | 3 | Perpindahan secara otomatis | 17.64 |
| 5 | 3 | Dimensi pemotong ergonomis | 17.64 |

IV.2.6.2 Concept Screening

Pada tahap *Concept Screening* dilakukan menggunakan metode yang dikembangkan oleh Stuart Pugh pada 1991 yaitu pemilihan konsep Pugh. Tujuan dari tahap ini adalah untuk memperkecil jumlah konsep atau mengeliminasi konsep dengan cepat dan untuk meningkatkan konsep (Ulrich &Eppinger, 2012).

Berikut adalah kriteria seleksi yang dijadikan acuan untuk melakukanseleksi konsep.

1. Tempat transportasi bahan baku, penilaian berdasarkan pemilihan dari penggunaan jenis kerangka yang digunakan
2. tingkat kuantitas perpindahan, penilaian berdasarkan pemilihan jenis belt
3. Bentuk pemotong bahan baku. penilaian berdasarkan pada bentuk kerangka dari tempat pemotongan bahan baku
4. Perpindahan secara otomatis berdasarkan motor penggerak dan drive unit yang digunakan
5. Dimensi tempat pemotong ergonomis penilaian berdasarkan pemilihan bentuk kerangka dari tempat pemotongan.

Pada tahap *concept screening* adalah menentukan konsep yang dijadikan referensi. Perancangan kali ini menggunakan konsep 5 sebagai referensi dan selanjutnya melakukan penilaian konsep secara relatif pada setiap kombinasi konsep dengan cara membandingkan dengan konsep referensi. Berikut tabel 4.20 yang digunakan sebagai pedoman dalam penilaian relatif disetiap kombinasi.

Tabel IV. 20 Simbol-simbol Penilaian Relatif

| Nilai | Simbol |
|----------------------------|--------|
| Lebih baik dari referensi | + |
| Sama dengan referensi | 0 |
| Lebih buruk dari referensi | - |

Terdapat 3 kriteria dalam penilaian, setelah melakukan penilaian relatif dan mendapatkan total nilai untuk masing-masing kombinasi konsep. Nantinya akan dipilih 5 konsep dengan total nilai tertinggi untuk dilakukan evaluasi lagi pada tahap *concept scoring*. Berikut adalah penilaian untuk 32 kombinasi konsep dan mengeliminasi kombinasi konsep yang dinilai tidak dapat dilanjutkan ke tahap *concept scoring*. Berikut penilaian dan mengeliminasi 32 kombinasi konsep sehingga menjadi 5 kombinasi konsep pada gambar 4.9.

| Kriteria seleksi | Konsep | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|-------|-------|-------|-------|----|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 |
| Tempat transportasi bahan baku | - | - | + | 0 | 0 | 0 | 0 | - | - | - | 0 | 0 | - | - | 0 | 0 | - | - | 0 | 0 | - | - | 0 | 0 | - | - | 0 | 0 | - | - | 0 | 0 |
| tingkat kuantitas perpindahan meningkat | + | 0 | 0 | 0 | + | + | 0 | + | 0 | + | 0 | + | 0 | + | 0 | + | 0 | + | 0 | + | 0 | + | 0 | + | 0 | + | 0 | + | 0 | + | 0 | + |
| Bentuk pemotong bahan baku | 0 | 0 | 0 | 0 | - | + | + | + | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + |
| Perpindahan secara otomatis | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| dimensi pemotong ergonomis | 0 | 0 | 0 | 0 | - | + | + | + | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + | 0 | 0 | 0 | 0 | + | + | + | + |
| Jumlah + | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 | 2 | 3 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| Jumlah 0 | 3 | 4 | 4 | 5 | 2 | 3 | 2 | 0 | 4 | 2 | 4 | 3 | 1 | 0 | 2 | 1 | 3 | 2 | 4 | 3 | 1 | 0 | 2 | 1 | 3 | 2 | 4 | 3 | 1 | 0 | 2 | 1 |
| Jumlah - | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | -1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Nilai Akhir | 0 | -1 | 0 | 0 | -1 | 3 | 2 | 1 | -1 | -1 | -1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | -2 | -1 | -1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | -2 | -1 | -1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| Peringkat | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | 6 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | 6 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 |
| Lanjutan? | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Ya | Ya | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Ya | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Ya | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Tidak | Ya |

Gambar IV.9 Penilaian dan mengeliminasi 32 kombinasi konsep

Setelah melakukan penilaian dan eliminasi kombinasi konsep pada *concept screening* didapatkan 4 kombinasi konsep yang dapat dilanjutkan ke tahap *concept scoring*, yaitu kombinasi konsep 6, 7, 24 dan 32.

IV.2.6.3 Concept Scoring

Concept scoring digunakan sebagai langkah pemilihan satu konsep akhir yang terbaik dan telah memenuhi kriteria seleksi dengan menggunakan dasar metode objektif. Metode ini digunakan untuk meningkatkan resolusi diantara kombinasi konsep yang terpilih (Ulrich & Eppinger, 2012). Dengan menggunakan bobot yang didapatkan ditahap *clarifying objectives*.

Tabel IV.21 Simbol-simbol Perfomansi Relatif

| Perfomansi Relatif | Simbol |
|---------------------------------|--------|
| Jauh lebih buruk dari referensi | 1 |
| Lebih buruk dari referensi | 2 |
| Sama dengan referensi | 3 |
| Lebih bain dari referensi | 4 |
| Jauh lebih baik dari referensi | 5 |

Pada tahap *concept scoring* menggunakan simbol angka 1 hingga 5 untuk merepresentasikan nilai relatif. Dijelaskan pada tabel 4.21.

Tabel IV. 22 Concept Scoring

| Selection Criteria | Weight | 6 | | 7 | | 16 | | 24 | | 32 | |
|--|--------|--------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|
| | | Rating | Weighed Score | Rating | Weighed Score | Rating | Weighed Score | Rating | Weighed Score | Rating | Weighed Score |
| Tempat Tranportasi Bahan Baku | 23.52 | 4 | 94.08 | 3 | 70.56 | 4 | 94.08 | 4 | 94.08 | 4 | 94.08 |
| Tingkat Kuantitas Pemindahan Meningkat | 23.52 | 3 | 70.56 | 2 | 47.04 | 3 | 70.56 | 3 | 70.56 | 3 | 70.56 |
| Bentuk Pemotongan Bahan Baku | 17.64 | 3 | 70.56 | 3 | 52.92 | 3 | 52.92 | 3 | 52.92 | 3 | 52.92 |
| Perpindahan Secara Otomatis | 17.64 | 4 | 94.08 | 4 | 70.56 | 3 | 52.92 | 3 | 52.92 | 2 | 35.28 |
| Dimensi Pemotong Ergonomis | 17.64 | 3 | 70.56 | 3 | 52.92 | 3 | 52.92 | 3 | 52.92 | 3 | 52.92 |
| Total Score | | | 399.84 | | 294 | | 323.4 | | 323.4 | | 305.76 |
| Rank | | | 1 | | 4 | | 2 | | 2 | | 3 |
| Develop | | | Yes | | No | | No | | No | | No |

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan satu konsep terpilih, yaitu konsep 6 dengan *total score* 399,84. Berikut merupakan kombinasi konsep 6 terpilih.

Tabel IV. 23 Kombinasi Konsep 6 Terpilih

| Fungsi | Konsep Terpilih | Fungsi | Konsep Terpilih |
|-----------------------|--|------------|--|
| motor |  Gearbox Variable 3 hp | Kerangka |  Vertical Conveyor |
| Belt |  Rough Top | Kerangka |  Vertikal Style |
| Pillow Block Adjuster |  FYH UTCH | Drive unit |  Geared Motor |
| Drive Pulley |  Drum Style Pulleys | Idler |  Flat Idler Roller |

IV.2.7 Hasil Penelitian

Setelah melakukan perancangan *conveyor* mesin *crusher* di PT. XYZ menggunakan metode perancang produk rasional didapatkan kombinasi konsep terpilih yang ditunjukkan pada gambar IV.11. Berikut adalah implementasi dari hasil kombinasi konsep yang terpilih.



Gambar IV.10 Implementasi Perancangan

IV.3 Perancangan Sistem Terintegrasi

Terdapat permasalahan antara manusia dengan mesin yang tidak ergonomis menyebabkan terjadinya MSD's. Perancangan MHE kali ini memiliki tujuan untuk merancang MHE yang dapat mengurangi resiko pekerja mengalami MSD's dengan menggunakan kaidah-kaidah ergonomi, setelah melakukan perancangan alat bantu didapatkan *grand score 2*, *grand score 2* dapat diartikan bahwa rancangan alat bantu tersebut aman untuk operator mesin *crusher* dengan catatan posisi tersebut tidak dipertahankan dan diulang dalam jangka waktu yang lama. Analisis RULA dapat dilihat pada gambar IV.11.

The image shows a screenshot of the Rapid Upper Limb Assessment (RULA) software interface. The window title is "Rapid Upper Limb Assessment (RULA)". The interface has three tabs: "Task Entry", "Reports", and "Analysis Summary". The "Analysis Summary" tab is active. The form contains the following fields and data:

| | | | |
|------------|----------------------|-------------|----------------------|
| Job Title: | <input type="text"/> | Job Number: | <input type="text"/> |
| Location: | <input type="text"/> | Analyst: | <input type="text"/> |
| Comments: | <input type="text"/> | Date: | <input type="text"/> |

Body Group A Posture Rating

| | |
|--------------|---|
| Upper arm: | 1 |
| Lower arm: | 2 |
| Wrist: | 2 |
| Wrist Twist: | 1 |
| Total: | 2 |

Body Group B Posture Rating

| | |
|--------|---|
| Neck: | 1 |
| Trunk: | 1 |
| Total: | 1 |

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load
Arms: Not supported

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load

Legs and Feet Rating

Seated, Legs and feet well supported. Weight even.

Grand Score: 2
Action: Posture acceptable if not maintained or repeated for long periods.

Update Analysis

Usage Dismiss

Gambar IV.11 Analisis RULA

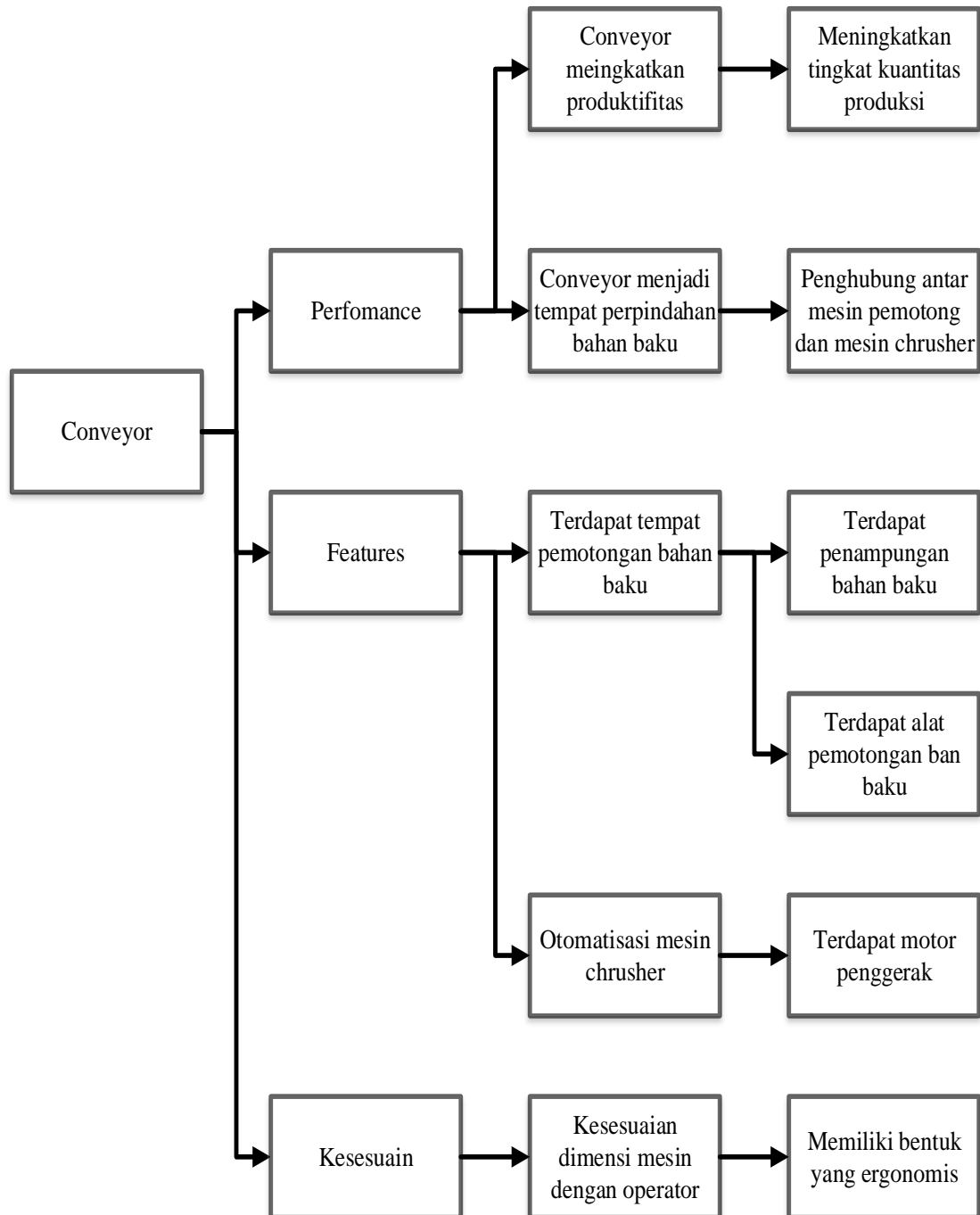
Penggunaan alat bantu dapat mengurangi jumlah operato yang semula dua bagian menjadi satu bagian. Semula pemotongan bahan baku menggunakan satu pegawai dan satu operator bertugas membawa bahan baku kedalam mesin *crusher*.

BAB V ANALISIS DAN EVALUASI HASIL PERANCANGAN

V.1 Analisa dan Validasi Implementasi Hasil

V.1.1 Analisis Clarifying Objective

Pada tahap *clarifying objective* didapatkan diagram *objective tree* yang memiliki tujuan dan sub tujuan pada perancangan kali ini. Diagram *objective tree* pada perancangan kali ini terdapat tiga atribut, yaitu perfoma, fitur dan kesesuaian yang dapat dilihat pada gambar V.1.



Gambar V.1 Diagram Objective Tree

Sesuai dengan gambar V.1, dapat dijelaskan mengenai tujuan dari perancangan alat bantu mesin crusher yang memiliki tiga atribut, yaitu performa, fitur dan kesesuaian. Kemudian dilakukan penjabaran kedalam bentuk tujuan dan setiap tujuan memiliki sub-tujuan dengan bentuk yang lebih detail dalam sebuah perancangan.

Berikut merupakan tujuan dan sub-tujuan dari atribut performa

1. Tujuan, conveyor dapat meningkatkan produktifitas dengan merubah sistem perpindahan bahan baku kedalam mesin crusher yang sebelumnya masih menggunakan sistem yang masih manual dan sub-tujuan dapat meningkatkan tingkat kuantitas produksi.
2. Tujuan, Conveyor dapat menjadi tempat perpindahan bahan baku dengan maksud conveyor dapat memindahkan bahan baku daritempat pemotongan ke dalam mesin *crusher* dan sub-tujuan conveyor menjadi penghubung antara mesin crusher dengan tempat pemotongan bahan baku

Berikut merupakan tujuan dan sub-tujuan dari atribut fitur.

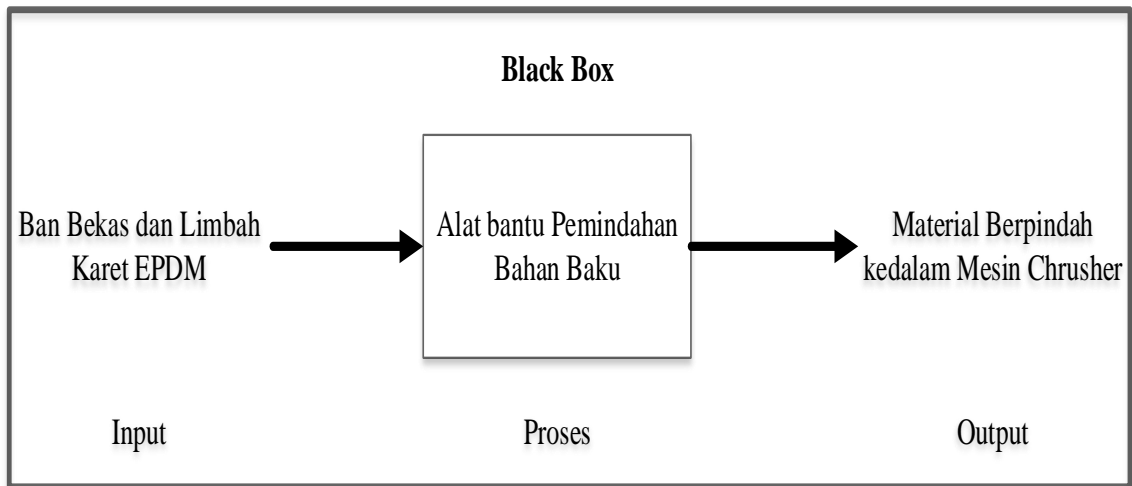
1. Terdapat tempat pemotongan bahan baku, yang dimaksud terdapat pemotongan bahan baku,yaitu conveyor memiliki alat pemotongan bahan bahan baku dan sub-tujuan conveyor memiliki tempat bahan baku yang telah dipotong di satu tempat yang sebelumnya tempat pemotongan bahan baku memiliki tempat yang berbeda dengan conveyor.

Berikut merupakan tujuan dan sub-tujuan dari atribut kesesuaian.

1. Memiliki bentuk yang dapat menyesuaikan dimensi tubuh operator, yang sebelumnya operator perlu memindahkan bahan baku secara manual dan mesin crusher memiliki dimensi yang tidak ergonomis dan sub-tujuan perlu diberikan alat bantu usulan yang memiliki dimensi yang ergonomis.

V.1.2 Analisis Establish Function

Pada tahap *establish function* memiliki hubungan terhadap masukan, proses dan keluaran penjelasan dibantu dengan menggunakan *blackbox diagram*. Penggunaan *black box diagram* pada perancangan kali ini memiliki *input*/masukan berupa ban bekas dan limbah karet EPDM kemudian diproses menggunakan alat bantu pemindahan, yaitu *conveyor* untuk berpindah tempat, perpindahan tempat bermula dari tempat pemotongan bahan baku dan pada akhirnya bahan baku sampai pada tahap keluaran/*output* yaitu bahan baku telah berpindah tempat, yaitu bahan baku berpindah masuk kedalam mesin *crusher*.



Gambar V.2 Black Box Diagram

V.1.3 Analisis Setting Requirement

Performance specification digunakan untuk menentukan kebutuhan yang harus dipenuhi oleh *material handling* yang akan dirancang. Matriks bertujuan untuk mempermudah target perancangan tercapai. Target untuk masing-masing kebutuhan memiliki nilai kuantitatif terdapat juga beberapa parameter yang bersifat biner.

1. Alat bantu dapat meningkatkan Produktivitas, dengan pengukuran penggunaan conveyor dapat meningkatkan perpindahan bahan baku menjadi 350 kg/jam.
2. Mampu menjadi alat transportasi bahan baku, perpindahan bahan baku yang sebelumnya masih menggunakan manual dan nantinya dapat digunakan untuk memindahkan bahan baku dari tempat pemotongan ke mesin *crusher*.
3. Mengurangi penggunaan operator dalam produksi mesin *crusher* dari dua operator menjadi satu. Sebelum penggunaan alat bantu menggunakan Dua operator, yaitu satu sebagai orang yang memotong bahan baku dan kedua bertugas memasukan bahan baku.
4. Bahan baku telah terpotong sebelum memasuki mesin *crusher*, bahan baku harus dipotong menggunakan alat pemotong yang telah di berikan. Sesuai dengan permintaan perusahaan bahan baku yang masuk kedalam mesin *crusher* harus sudah dalam ukuran kurang dari 1:10. Hasil granul 8 mm maka bahan baku 8 cm. pemotongan bahan baku bertujuan untuk mengurangi panas yang beerlebih didalam proses pencacahan mesin *crusher*.
5. Memiliki dimensi yang ergonomis, diukur dengan menghitung jarak perpindahan bahan baku yang sudah terpotong kedalam conveyor, pada perpindahan baku operator tidak perlu melakukan perpindahan karena bahan baku yang telah terpotong langsung jatuh ke *conveyor* untuk diangkut kedalam mesin *crusher* dan tinggi tempat pemotongan bahan baku adalah 84 cm

V.1.4 Analisis Generating Alternative

Pada tahap generating alternatives memiliki tujuan mendapatkan alternative-alternatif yang tersusun dari kombinasi konsep-konsep yang telah diidentifikasi dari menentukan komponen-komponen penting dan muncul 8 fungsi penting didalam alat bantu disetiap fungsi memiliki konsep. Kemudian sampai ke dalam tahap mereduksi konsep yang memiliki kemungkinan mengalami permasalahan jika dikombinasikan dengan konsep-konsep yang lain. Sehingga pada akhir dari tahap ini muncul 32 kombinasi konsep

| fungsi | Alternatif | | |
|--------------------------|--|---|----------|
| | konsep 1 | konsep 2 | konsep 3 |
| motor |  Gearbox Variable 3 hp |  Gearbox Variable 4 hp | |
| Belt |  Diamond Top |  Chevron Top | |
| Pillow Block Adjuster |  FYH UTCH | | |
| Drive Pulley |  Drum Style Pulleys | | |
| idler |  Flar Roller Idler | | |
| Kerangka |  Vertical Conveyor |  Z Belt Conveyor | |
| Kerangka Tempat Pemotong |  Vertical Style |  Straight Style | |
| Drive unit |  Geared Motor |  Motor Geared Coupling | |

Gambar V.3 Kombinasi konsep setelah reduksi

Setelah melakukan reduksi atau eliminasi kombinasi konsep ditahap *concept screening* dengan menggunakan konsep Pugh. Konsep 4 dijadikan sebagai referensi kombinasi konsep dan

Didapatkan 5 kombinasi konsep dengan peringkat tertinggi yang dapat meneruskan ketahap penilaian dengan menggunakan *concept scoring*. Berikut 5 kombinasi konsep yang dapat diteruskan ke tahap *concept scoring*.

- Konsep 6

Tabel V.1 Konsep 6

| Konsep 6 | |
|--------------------------|---------------------|
| Fungsi | Alternatif |
| motor | 4 hp |
| Belt | Chevron Top |
| Pillow Block Adjuster | FYH UTCH |
| Drive Pulley | Drum Style Pulleys |
| idler | Flat Carrying Idler |
| Kerangka | Vertical Conveyor |
| Kerangka Tempat Pemotong | Vertical style |
| Drive Unit | Geared Motor |

- Konsep 7

Tabel V.2 Konsep 7

| Konsep 7 | |
|--------------------------|---------------------|
| Fungsi | Alternatif |
| motor | 4 hp |
| Belt | Diamond Top |
| Pillow Block Adjuster | FYH UTCH |
| Drive Pulley | Drum Style Pulleys |
| idler | Flat Carrying Idler |
| Kerangka | Z Belt Conveyor |
| Kerangka Tempat Pemotong | Vertical Style |
| Drive Unit | Geared Motor |

- Konsep 16

Tabel V.3 Konsep 16

| Konsep 16 | |
|-----------|------------|
| Fungsi | Alternatif |

| Konsep 16 | |
|--------------------------|---------------------|
| motor | 4 hp |
| Belt | Chevron Top |
| Pillow Block Adjuster | FYH UTCH |
| Drive Pulley | Drum Style Pulleys |
| idler | Flat Carrying Idler |
| Kerangka | Vertical Conveyor |
| Kerangka Tempat Pemotong | Vertical Style |
| Drive Unit | Coupling Motor |

- Konsep 24

Tabel V. 4 Konsep 24

| Konsep 24 | |
|--------------------------|---------------------|
| Fungsi | Alternatif |
| motor | 4 hp |
| Belt | Chevron Top |
| Pillow Block Adjuster | FYH UTCH |
| Drive Pulley | Drum Style Pulleys |
| idler | Flat Carrying Idler |
| Kerangka | Vertical Conveyor |
| Kerangka Tempat Pemotong | Vertical Style |
| Drive Unit | Geared Motor |

- Konsep 32

Tabel V.5 Konsep 32

| Konsep 32 | |
|-----------------------|---------------------|
| Fungsi | Alternatif |
| motor | 3 hp |
| Belt | Chevron Top |
| Pillow Block Adjuster | FYH UTCH |
| Drive Pulley | Drum Style Pulleys |
| idler | Flat Carrying Idler |
| Kerangka | Vertical Conveyor |

| | |
|--------------------------|----------------|
| Konsep 32 | |
| Kerangka Tempat Pemotong | Vertival Style |
| Drive Unit | Coupling Motor |

V.1.5 Analisis Evaluation Alternative

Setelah menyelesaikan tahapan-tahapan dari perancangan produk rasional Nigel dan Cross, mulai dari pengumpulan dan pengolahan data, mulai dari klarifikasi tujuan, penetapan fungsi, menetapkan kebutuhan, menentukan karakteristik, generalisasi alternatif dan evaluasi alternatif, diperoleh hasil akhir rancangan alat bantu mesin *crusher* sesuai dengan tujuan dan kebutuhan desain dari PT. XYZ. Didapatkan konsep terpilih yang sesuai dengan tabel V.6.

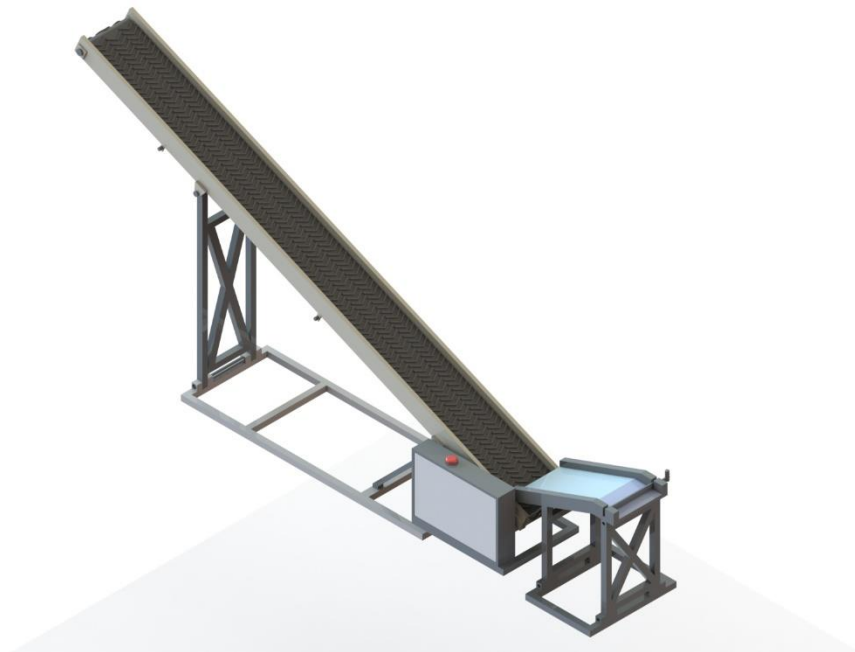
Tabel V. 6 Konsep 6 Terpilih

| Fungsi | Konsep Terpilih | Fungsi | Konsep Terpilih |
|-----------------------|---|------------|---|
| motor |  | Kerangka |  |
| | Gearbox Variable 3 hp | | Vertical Conveyor |
| Belt |  | Kerangka |  |
| | Rough Top | | Vertikal Style |
| Pillow Block Adjuster |  | Drive unit |  |
| | FYH UTCH | | Geared Motor |
| Drive Pulley |  | Idler |  |
| | Drum Style Pulleys | | Flat Idler Roller |

Setelah mendapatkan final konsep yang sesuai dengan tabel V.6. kemudian diterjemahkan kedalam bentuk 3D dengan bantuan *software* Autodesk Inventor 2018. Gambar final konsep 6 dapat dilihat pada gambar 5.4.

- Jenis Conveyor : Vertical Belt Conveyor
- Belt Type : Chevron Top
- Panjang Jalur *Conveyor* : 4.5 m

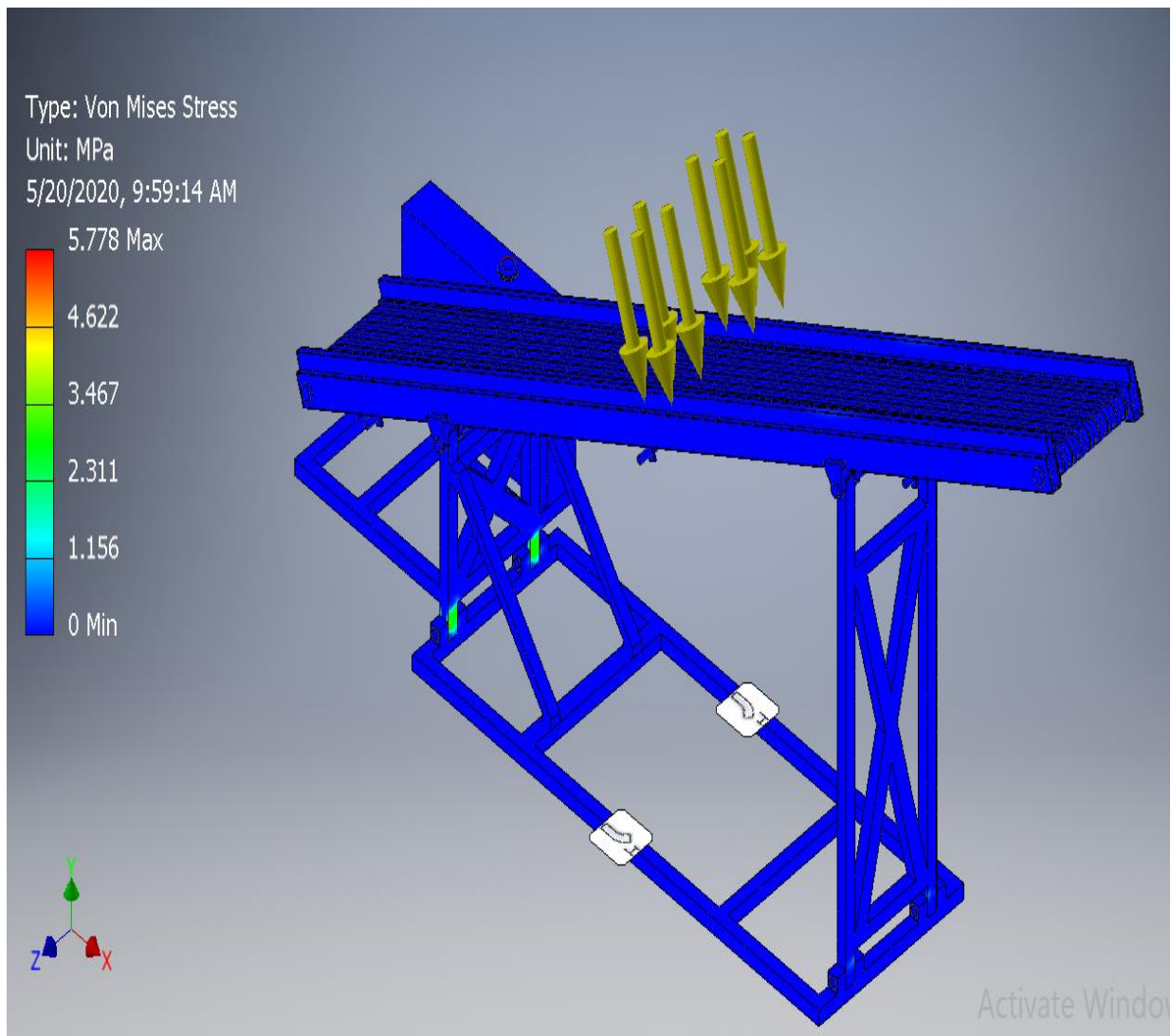
| | |
|----------------------------------|--|
| <i>Tinggi Conveyor</i> | : 2.6 m |
| <i>Sudut Inklinali Maksimum</i> | : 22 Derajat |
| <i>Kapasitas Conveyor</i> | : 350 kg/jam |
| <i>Kapasitas Motor Penggerak</i> | : 4 hp |
| <i>Kerangka Tempat pemotong</i> | : Vertical Style |
| <i>Drive Type</i> | : CeApproved Single Phase Induction Motor AC Motor Electric Motor |
| <i>Pillow Block Adjuster</i> | : FYH UTCH |
| <i>Idler</i> | : Flat Caring Idler |
| <i>Drive Pulleys</i> | : Drum Style Pulleys |



Gambar V.4 Final Konsep 6

V.2 Analisis Batasan

Pada tahap ini menganalisis hasil simulasi *stress* pada konsep terpilih. Analisis ini diperlukan untuk mengetahui tingkat kesiapan konsep, karena konsep yang terpilih nantinya akan memiliki beban dari proses perpindahan bahan baku yang dimana merupakan fungsi utama dari pembuatan *belt conveyor* di PT. XYZ. Analisis yang digunakan adalah analisis *Stress Analysis* dengan menggunakan software Autodesk Inventor



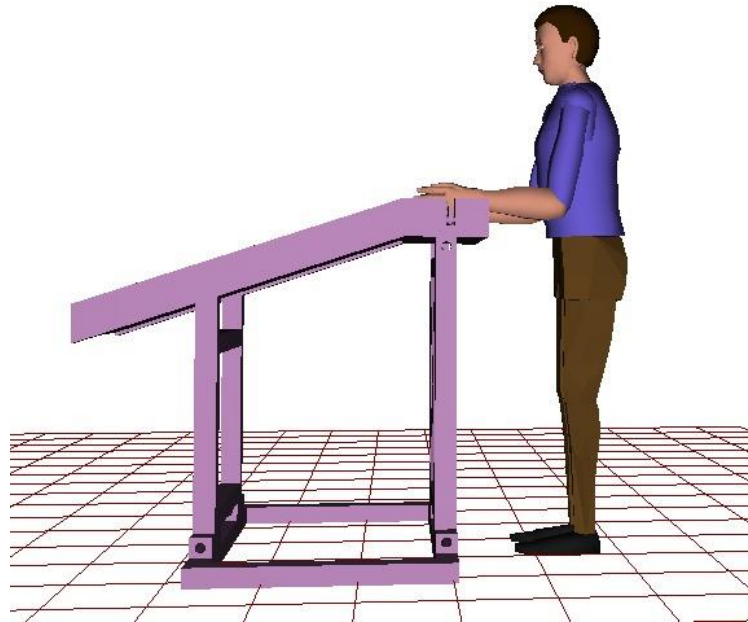
Gambar V.5 Analisis Stress pada MHE usulan

Didapatkan Bar sebelah kiri berwarna biru sampai merah menunjukkan nilai stress pada MHE yang telah diberi tekanan sebesar 0.533 psi atau $37,5 \text{ kg/m}^2$ dirancang. Didapatkan stress analisis pada MHE berwarna biru sehingga masih dikondisikan dalam posisi aman dan terdapat warna hijau di daerah sambungan yang berada di bawah sambungan antara tiang peyangga dengan alas *conveyor*.

V.3 Analisis Sensitivitas

V.3.1 Analisa RULA

Gambar V.6 merupakan tempat pemotong bahan baku mesin *crusher* dengan bantuan *software Jack 8.2*. *Software Jack 8.2* dibutuhkan untuk menghitung nilai RULA pada rancangan MHE terpilih di PT.XYZ.



Gambar V.6 Pekerja Menggunakan Alat Pemotong Bahan Baku

Pada gambar V.6 menggambarkan pekerja operator pria dengan tinggi 1.7 m sedang menggunakan alat pemotong dengan tinggi 90 cm sesuai dengan tinggi pinggang antropometri pada persentil 50.

Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title: Job Number:
 Location: Analyst:
 Comments: Date:

Body Group A Posture Rating

Upper arm: 1
 Lower arm: 2
 Wrist: 2
 Wrist Twist: 1
 Total: 2

Body Group B Posture Rating

Neck: 1
 Trunk: 1
 Total: 1

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load
 Arms: Not supported

Muscle Use: Normal, no extreme use
 Force/Load: < 2 kg intermittent load

Legs and Feet Rating

Seated, Legs and feet well supported. Weight even.

Grand Score: 2
 Action: Posture acceptable if not maintained or repeated for long periods.

Update Analysis

Usage Dismiss

Gambar V. 7 Analisis RULA Software Jack 8.2

Pada tahap Analisa RULA gambar V.7 dengan bantuan *software Jack* pada tempat pemotongan ban atau karet didapatkan hasil *Grand Score 2* dengan nilai tersebut maka MHE dapat diterima untuk postur tubuh kerja operator dengan posisi yang tidak dipertahankan dan diulang dalam jangka waktu yang lama. Nilai RULA pada konsep rancangan produk dapat mengurangi risiko *Musculoskeletal Disorders* pada operator pengguna alat pemotong bahan baku mesin *crusher* di PT.XYZ.

V.4 Perbandingan Perancangan Terdahulu

Berikut merupakan tabel V.8, menjelaskan perbandingan yang dilakukan oleh perancang alat bantu mesin *crusher* dengan beberapa perancang yang telah melakukan perancangan terlebih dahulu. Dari ketiga perancangan memiliki perbedaan dan persamaan antara tiga perancangan dari segi judul perancangan, tahun perancangan, tujuan dilakukannya perancangan dan metode yang di gunakan dari ketiga rancangan alat bantu.

Tabel V.7 Perbandingan Perancangan Terdahulu

| Nama | Judul | Tahun | Tujuan | Metode |
|--|--|-------|--|---|
| Muhammad Hanif Imaduddin (Penelitian saat ini) | perancangan <i>material handling equipment</i> mesin <i>crusher</i> dengan menggunakan perancangan produk rasional di PT. YXZ. | 2021 | Memberikan usulan rancangan material handling equipment untuk membantu proses pemindahan bahan baku di PT. XYZ | Metode Perancangan Produk Rasional, <i>Quality Function Deployment</i> , <i>Morphological chart</i> |
| Gilang Ilham Pradana | Perancangan Mesin Pengering Pakaian Menggunakan Metode Rasional | 2019 | Mengembangkan produk mesin pengering pakaian untuk dapat memberikan cara penggunaan dan rancangan yang lebih optimal | Metode Perancangan Produk Rasional, <i>Quality Function Deployment</i> , <i>Morphological chart</i> |
| Reza Muhammad Zein | Perancangan Material Handling Equipment pada proses palletting galon air mineral | 2018 | Memberikan usulan rancangan material handling equipment untuk membantu | <i>Niosh Lifting Equation</i> , Metode Delphi, Metode |

| Nama | Judul | Tahun | Tujuan | Metode |
|------|--|-------|--|--|
| | untuk mengurangi beban operator dengan menggunakan metode perancangan produk rasional(Studi Kasus PT. Muawanah AlMa'soem | | proses palletting galon air mineral di PT.Muawanah AlMa'soem | Perancangan produk rasional, <i>Quality Function Deployment</i> , dan <i>Morphological chart</i> |

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1 Kesimpulan

Berdasarkan dengan pengolahan data, hasil data dari setiap langkahnya dan analisis didapatkan kesimpulan-kesimpulan. kesimpulan sebagai berikut.

1. Konsep *conveyor* terpilih menggunakan jenis *vertical belt conveyor* dengan tipe *belt chevron top*, memiliki panjang jalur 4.5 m, tinggi 2.6 m, sudut inklinasi maksimum berada di 22 derajat, kapasitas motor penggerak 4 hp dengan *drum style pulleys* dan *idler* menggunakan *flat carrying idler*
2. Terpilih MHE dapat meningkatkan batasan transportasi bahan baku menjadi 350 kg/jam. Penggunaan MHE juga dapat mengurangi beban kerja operator. Semula pekerja melakukan perpindahan bahan baku dari tempat pemotongan ke mesin *crusher* menggunakan proses manual berubah menggunakan *conveyor*. Jumlah pekerja juga dapat dikurangi menjadi satu pekerja yang semula menggunakan dua pekerja. Dua pekerja yaitu pekerja yang bertugas memotong bahan baku menjadi ukuran 1/10 dari ukuran *granul* yang telah ditentukan. Pekerja kedua bertugas memindahkan bahan baku yang telah terpotong ke mesin *crusher*. *Conveyor* memiliki dimensi ergonomis sehingga pekerja dapat melakukan variatif pekerjaan.

VI.2 Saran

Adapun saran yang dapat dikembangkan pada pengembangan selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Pada pengembangan *material handling equipment* dapat melakukan proses otomasi pada mesin *conveyor*. Dimana mesin *crusher* dapat mematikan dirinya sendiri dan *conveyor* pada saat mesin *crusher* mengalami *overhead*.
2. Penggunaan mesin pada tahap pemotongan bahan baku sebelum di transportasikan menggunakan *conveyor*.

REFERENSI

- Almeida, C., Neves, T., Arroyo, C., & Campos, P. (2019). Truck-and-Loader Versus Conveyor Belt System: An Environmental and Economic Comparison.
- Badan Pusat Statistika. (2019). *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis, 1949-2017*. Retrieved from <https://www.bps.go.id>:
<https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133>
- Bindzár, P., & Malindžák, D. (2008). *Number of conveyor belts optimization regarding to its type and logistical parameters in mining industry*. Acta Montanistica Slovaca.
- Bridgestone. (2019). *The Structure of Tires*. Retrieved from <https://www.bridgestone.com/>:
https://www.bridgestone.com/products/basic_knowledge/structure/
- Conveyor Equipment Manufacturers Association. (2002). *Belt Conveyors for Bulk Materials Published by the Conveyor Equipment Manufacturers Association* (Vol. 5). United States of America: Conveyor Equipment Manufacturers Association.
- Corey, J. B., Julia, S. W., & Sean, P. F. (2016). Grocery shelf stocking tool: analysis of productivity and human factors.
- Cross, N. (2000). *Engineering Design Methods Strategies for Product Design* (Vol. 3). Chichester: Jhon Wiley and Sons Ltd.
- Damayanti., K. (2000). *Ergonomic Function Deployment Sebuah Pengembangan Dari Quality Function Deployment*. surabaya: Lab APK dan Ergonomi Universitas Kristen Petra.
- Daniel J Fonseca, G. U. (2004). A knowledge-based system for conveyor equipment selection,. 615-623.
- Ergonomicfocus. (2019, February 14). Retrieved from www.ergonomicfocus.com:
<http://www.ergonomicfocus.com/ergonomic-focus/how-ergonomics-training-can-improve-your-greenhouse-worker-productivity/>
- Hamid Gilvari, C. H. (2021, September 2). Fragmentation of fuel pellets during transport via a belt conveyor: A design of experiment study.
- Hignett, L., & McAtamney, S. (1999). Rapid Entire Body Assessment (REBA). 3.
- Hignett, S., & McAtamney, L. (2000). Applied Ergonomics,. 201-205.
- Iftikar Z, S. (1999). *Teknik Perancangan Sistem Kerja*. Bandung.
- Industrial Rubber Goods. (2019). *Natural Rubber*. Retrieved from [industrialrubbergoods.com](http://www.industrialrubbergoods.com):
<http://www.industrialrubbergoods.com/natural-rubber.html>
- International Ergonomics Association. (2019). www.iea.cc. Retrieved from <https://www.iea.cc/whats/index.html>: <https://www.iea.cc/whats/index.html>
- Kleiner, B. M. (2008). Macroergonomics: Work System Analysis and Design.

- Kroemer K.H.E, K. K. (1994). *Ergonomis : How to Design for Ease*. New Jersey: Prentice Hall International, Inc.
- Lehto, M. L., & Buck, J. R. (2008). Introduction to human factors and ergonomics for engineers. In *Introduction to human factors and ergonomics for engineers*. New York: Lawrence Erlbaum.
- Ma, L., Chablat, D., Bennis, F., & Zhang, W. (2009). A new simple dynamic muscle fatigue model and its ,. In *International Journal of Industrial, Ergonomics*, (pp. 211-220).
- Nurmianto, E. (2004). "Ergonomi : Konsep Dasar dan Aplikasinya", edisi kedua. In E. Nurmianto. Penerbit Guna Widya.
- Prataman, R. (2018, 10 4). *Jumlah Kendaraan Kian Banyak, Membanggakan Tapi bikin Nggak Sehat*. Retrieved from detikoto: <https://oto.detik.com/mobil/d-4242211/jumlah-kendaraan-kian-banyak-membanggakan-tapi-bikin-nggak-sehat>
- PT Santo Rubber. (2019). *Karet EPDM / Karet Sintetis Tahan Cuaca*. Retrieved from [industrikaret.com: https://www.industrikaret.com/karet-epdm.html](https://www.industrikaret.com/karet-epdm.html)
- Sanders, M. S. (1993). *Human factors in engineering and design* (Vol. 7th ed). McGraw-Hill Book Company.
- Silicone Engineering.Ltd. (2019). *EPDM vs Silicone*. Retrieved from [silicone.co.uk: https://silicone.co.uk/news/silicone-rubber-vs-epdm/](https://silicone.co.uk/news/silicone-rubber-vs-epdm/)
- Thai Hua Rubber Public Company Limited. (1999). *Ribbed Smoked Sheets (RSS)*. Retrieved from [thaihua.com: http://www.thaihua.com/v5/products/ribbed-smoked-sheets-rss](http://www.thaihua.com/v5/products/ribbed-smoked-sheets-rss)
- Tiresafety. (2019). *TIRE CONSTRUCTION*. Retrieved from [tiresafety.com: https://www.tiresafety.com/en_us/tires-101/tire-design/tire-construction](https://www.tiresafety.com/en_us/tires-101/tire-design/tire-construction)
- Wignjosoebroto, S. (2008). Ergonomi, Studi Gerak Dan Waktu. In E. P. K. Gunarta, *Ergonomi, Studi Gerak Dan Waktu*. Surabaya: Prima Printing.
- Wilson, J. a. (1995). *Evaluation of Human Work*. Taylor and Franchis Ltd,.

LAMPIRAN A
FORMULIR VALIDASI TINGKAT
KEPENTINGAN

Kepada

Yth. Saudara

Di Tempat

Kami mengucapkan terimakasih atas kesedian Saudara menerima kuesioner ini. dengan penuh harapan saya, saudara dapat untuk memberikan penilaian terhadap tingkat kepentingan dari setiap pertanyaan dibawah ini sebagai informasi bagi penulis terhadap pengolahan data pada perancangan kali ini dengan memberikan tanda (v) pada kotak pilihan yang mewakili jawaban saudara.

Bandung, 23 Februari 2020

Hormat saya,

Muhammad Hanif Imaduddin

Pentunjuk Dalam Pengisian Data

1. Pilihlah jawaban yang menurut saudara sesuai dengan dengan yang saudara harapkan
2. Berilah tanda (v) pada kotak pilihan jawaban
3. Jawaban yang diperbolehkan cukup satu untuk setiap pertanyaan

| Nilai | Tingkat Kepentingan |
|-------|----------------------|
| 1 | Sangat tidak penting |
| 2 | Tidak Penting |
| 3 | Cukup penting |
| 4 | Penting |
| 5 | Sangat penting |

Nama : Joko Ridwan

Jabatan : Pemilik PT.XYZ

| No | Variabel | Tingkat Kepentingan | | | | |
|----|--|---------------------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Convenyor dapat memindahkan bahan baku mesin <i>crusher</i> | | | | | v |
| 2 | <i>Conveyor</i> dapat meningkatkan Produktivitas | | | v | | |
| 3 | <i>Conveyor</i> dapat melakukan pemotongan bahan baku | | | | v | |
| 4 | <i>Conveyor</i> dapat melalukan otomatisasi pekerjaan | | | v | | |
| 5 | <i>Conveyor</i> dapat menyesuaikan dimensi mesin dengan operator | | | v | | |

Pentunjuk Dalam Pengisian Data

1. Pilihlah jawaban yang menurut saudara sesuai dengan dengan yang saudara harapkan
2. Berilah tanda (v) pada kotak pilihan jawaban
3. Jawaban yang diperbolehkan cukup satu untuk setiap pertanyaan

| Nilai | Tingkat Kepentingan |
|-------|----------------------|
| 1 | Sangat tidak penting |
| 2 | Tidak Penting |
| 3 | Cukup penting |
| 4 | Penting |
| 5 | Sangat penting |

Nama : Waras Handoko

Jabatan : Ketua RnD

| No | Variabel | Tingkat Kepentingan | | | | |
|----|--|---------------------|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Convenyor dapat memindahkan bahan baku mesin <i>crusher</i> | | | v | | |
| 2 | <i>Conveyor</i> dapat meningkatkan Produktivitas | | | | | v |
| 3 | <i>Conveyor</i> dapat melakukan pemotongan bahan baku | | v | | | |
| 4 | <i>Conveyor</i> dapat melalukan otomatisasi pekerjaan | | | v | | |
| 5 | <i>Conveyor</i> dapat menyesuaikan dimensi mesin dengan operator | | | v | | |

LAMPIRAN B
KUESIONER *NORDIC BODY MAP*

Kepada

Yth. Saudara

Di Tempat

Kami mengucapkan terimakasih atas kesedian Saudara menerima kuesioner ini. dengan penuh harapan saya, saudara dapat untuk memberikan penilaian terhadap tingkat rasa sakit, sehingga penulis dapat memetakan keluhan rasa sakit yang diderita oleh pekerja menggunakan hasil kuesioner *Nordic body map* yang saudara isi .Setiap pertanyaan dibawah ini sebagai informasi bagi penulis terhadap pengolahan data pada perancangan kali ini dengan memberikan tanda (v) pada kotak pilihan yang mewakili jawaban saudara.

Bandung, 14 November 2019

Hormat saya,

Muhammad Hanif Imaduddin

Pentunjuk Dalam Pengisian Data

1. Pilihlah jawaban yang menurut saudara sesuai dengan yang saudara rasakan
2. Berilah tanda (v) pada kotak pilihan jawaban
3. Jawaban yang diperbolehkan cukup satu untuk setiap pertanyaan

| Tingkat Keluhan | Skor |
|-----------------|------|
| Tidak Sakit | 1 |
| Agak Sakit | 2 |
| Sakit | 3 |
| Sangat Sakit | 4 |

Nama Rustandi

Nilai 56

| KUESIONER NORDIC BODY MAP | | | | | |
|---------------------------|-------------------------------------|-----------------|----|---|----|
| NO | Jenis Keluhan | Tingkat Keluhan | | | |
| | | TS | AS | S | SS |
| 0 | sakit kaku pada bagian leher atas | | | V | |
| 1 | sakit kaku pada bagian leher bawah | | | V | |
| 2 | sakit di bahu kiri | | | V | |
| 3 | sakit di bahu kanan | | | v | |
| 4 | sakit pada lengan atas kiri | | V | | |
| 5 | sakit di punggung | | | V | |
| 6 | sakit pada lengan atas kanan | | v | | |
| 7 | sakit di pinggang | | | v | |
| 8 | sakit dibagian atas pantat | | | | V |
| 9 | sakit pada pantat | V | | | |
| 10 | sakit pada siku kiri | V | | | |
| 11 | sakit pada siku kanan | V | | | |
| 12 | sakit lengan bawah kiri | | V | | |
| 13 | sakit lengan bawah kanan | | v | | |
| 14 | sakit pada pergelangan tangan kiri | V | | | |
| 15 | sakit pada pergelangan tangan kanan | V | | | |
| 16 | sakit pada tangan kiri | | V | | |
| 17 | sakit pada tangan kanan | | | v | |
| 18 | sakit pada paha kiri | V | | | |
| 19 | sakit pada paha kanan | V | | | |
| 20 | sakit pada lutut kiri | | V | | |
| 21 | sakit pada lutut kanan | | V | | |
| 22 | sakit pada betis kiri | V | | | |
| 23 | sakit pada betis kanan | V | | | |
| 24 | sakit pada pergelangan kaki kiri | | | V | |
| 25 | sakit pada pergelangan kaki kanan | | | v | |
| 26 | sakit pada kaki kiri | V | | | |
| 27 | sakit pada kaki kanan | v | | | |

Pentunjuk Dalam Pengisian Data

1. Pilihlah jawaban yang menurut saudara sesuai dengan yang saudara rasakan
2. Berilah tanda (v) pada kotak pilihan jawaban
3. Jawaban yang diperbolehkan cukup satu untuk setiap pertanyaan

| Tingkat Keluhan | Skor |
|-----------------|------|
| Tidak Sakit | 1 |
| Agak Sakit | 2 |
| Sakit | 3 |
| Sangat Sakit | 4 |

Nama Ujang S

Nilai 59

| KUESIONER NORDIC BODY MAP | | | | | |
|---------------------------|-------------------------------------|-----------------|----|---|----|
| NO | Jenis Keluhan | Tingkat Keluhan | | | |
| | | TS | AS | S | SS |
| 0 | sakit kaku pada bagian leher atas | | | V | |
| 1 | sakit kaku pada bagian leher bawah | | | V | |
| 2 | sakit di bahu kiri | | | V | |
| 3 | sakit di bahu kanan | | | v | |
| 4 | sakit pada lengan atas kiri | | v | | |
| 5 | sakit di punggung | | | v | |
| 6 | sakit pada lengan atas kanan | | v | | |
| 7 | sakit di pinggang | | | v | |
| 8 | sakit dibagian atas pantat | | | | v |
| 9 | sakit pada pantat | v | | | |
| 10 | sakit pada siku kiri | | v | | |
| 11 | sakit pada siku kanan | | v | | |
| 12 | sakit lengan bawah kiri | | | v | |
| 13 | sakit lengan bawah kanan | | | v | |
| 14 | sakit pada pergelangan tangan kiri | V | | | |
| 15 | sakit pada pergelangan tangan kanan | | v | | |
| 16 | sakit pada tangan kiri | | | V | |
| 17 | sakit pada tangan kanan | | v | | |
| 18 | sakit pada paha kiri | V | | | |
| 19 | sakit pada paha kanan | V | | | |
| 20 | sakit pada lutut kiri | | V | | |
| 21 | sakit pada lutut kanan | | v | | |
| 22 | sakit pada betis kiri | V | | | |
| 23 | sakit pada betis kanan | V | | | |
| 24 | sakit pada pergelangan kaki kiri | | V | | |
| 25 | sakit pada pergelangan kaki kanan | | v | | |
| 26 | sakit pada kaki kiri | V | | | |
| 27 | sakit pada kaki kanan | v | | | |

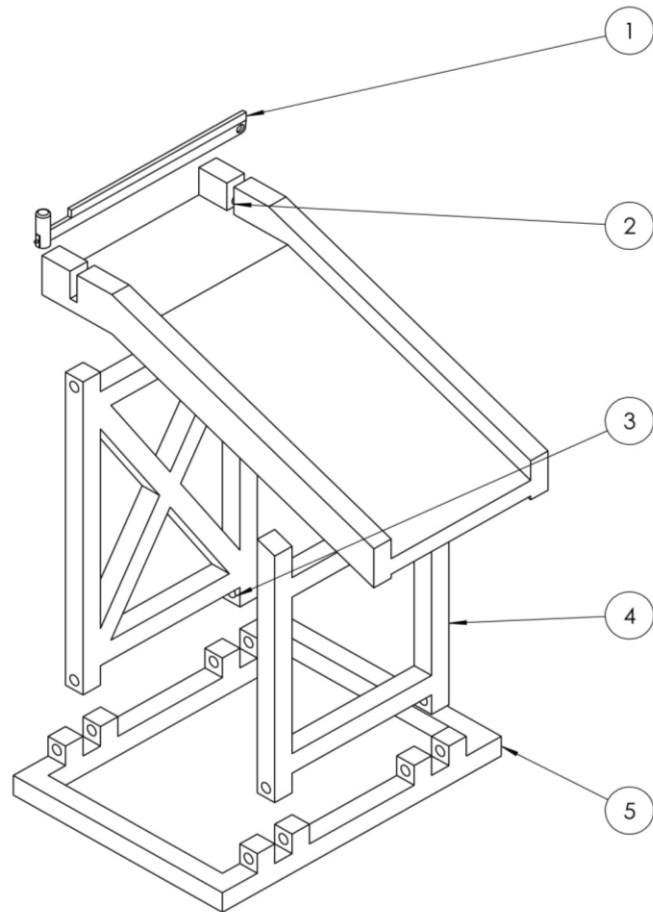
LAMPIRAN C
KOMBINASI KONSEP
MORPHOLOGICAL CHART

| Konsep | motor | Belt | Pillow Block Adjuster | Drive Pulley | idler | Kerangka | Kerangka Tempat Pemotong | Drive Unit |
|-----------|-------|-------------|-----------------------|--------------------|------------|-------------------|--------------------------|----------------|
| Konsep 1 | 4 hp | Diamond Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Z Belt Conveyor | Straight Style | Geared Motor |
| Konsep 2 | 4 hp | Chevron Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Z Belt Conveyor | Straight Style | Geared Motor |
| Konsep 3 | 4 hp | Diamond Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Vertical Conveyor | Vertical Style | Geared Motor |
| Konsep 4 | 4 hp | Diamond Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Vertical Conveyor | Straight Style | Geared Motor |
| Konsep 5 | 4 hp | Chevron Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Vertical Conveyor | Straight Style | Geared Motor |
| Konsep 6 | 4 hp | Chevron Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Vertical Conveyor | Vertical Style | Geared Motor |
| Konsep 7 | 4 hp | Diamond Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Z Belt Conveyor | Vertical Style | Geared Motor |
| Konsep 8 | 4 hp | Chevron Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Z Belt Conveyor | Vertical Style | Geared Motor |
| Konsep 9 | 4 hp | Diamond Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Z Belt Conveyor | Straight Style | Coupling Motor |
| Konsep 10 | 4 hp | Chevron Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Z Belt Conveyor | Straight Style | Coupling Motor |
| Konsep 11 | 4 hp | Diamond Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Vertical Conveyor | Straight Style | Coupling Motor |
| Konsep 12 | 4 hp | Chevron Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Vertical Conveyor | Straight Style | Coupling Motor |
| Konsep 13 | 4 hp | Diamond Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Z Belt Conveyor | Vertical Style | Coupling Motor |
| Konsep 14 | 4 hp | Chevron Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Z Belt Conveyor | Vertical Style | Coupling Motor |

| | | | | | | | | |
|-----------|------|-------------|----------|--------------------|------------|-------------------|----------------|----------------|
| Konsep 15 | 4 hp | Diamond Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Vertical Conveyor | Vertical Style | Coupling Motor |
| Konsep 16 | 4 hp | Chevron Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Vertical Conveyor | Vertical Style | Coupling Motor |
| Konsep 17 | 3 hp | Diamond Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Z Belt Conveyor | Straight Style | Geared Motor |
| Konsep 18 | 3 hp | Chevron Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Z Belt Conveyor | Straight Style | Geared Motor |
| Konsep 19 | 3 hp | Diamond Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Vertical Conveyor | Straight Style | Geared Motor |
| Konsep 20 | 3 hp | Chevron Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Vertical Conveyor | Straight Style | Geared Motor |
| Konsep 21 | 3 hp | Diamond Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Z Belt Conveyor | Vertical Style | Geared Motor |
| Konsep 22 | 3 hp | Chevron Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Z Belt Conveyor | Vertical Style | Geared Motor |
| Konsep 23 | 3 hp | Diamond Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Vertical Conveyor | Vertical Style | Geared Motor |
| Konsep 24 | 3 hp | Chevron Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Vertical Conveyor | Vertical Style | Geared Motor |
| Konsep 25 | 3 hp | Diamond Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Z Belt Conveyor | Straight Style | Coupling Motor |
| Konsep 26 | 3 hp | Chevron Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Z Belt Conveyor | Straight Style | Coupling Motor |
| Konsep 27 | 3 hp | Diamond Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Vertical Conveyor | Straight Style | Coupling Motor |
| Konsep 28 | 3 hp | Chevron Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Vertical Conveyor | Straight Style | Coupling Motor |
| Konsep 29 | 3 hp | Diamond Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Z Belt Conveyor | Vertical Style | Coupling Motor |
| Konsep 30 | 3 hp | Chevron Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Z Belt Conveyor | Vertical Style | Coupling Motor |

| | | | | | | | | |
|-----------|------|-------------|----------|--------------------|------------|-------------------|----------------|----------------|
| Konsep 31 | 3 hp | Diamond Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Vertical Conveyor | Vertical Style | Coupling Motor |
| Konsep 32 | 3 hp | Chevron Top | FYH UTCH | Drum Style Pulleys | Flat Idler | Vertical Conveyor | Vertical Style | Coupling Motor |

Lampiran D
Engineering Drawing



| 5 | Alas Tempat Pemotong | Cast Iron | 1 |
|----------|----------------------|-----------|------|
| 4 | Penyangga Tiang 2 | Cast Iron | 1 |
| 3 | Penyangga Tiang 1 | Cast Iron | 1 |
| 2 | Tatakan Bahan Baku | Cast Iron | 1 |
| 1 | Pisau Pemotong | Cast Iron | 1 |
| ITEM NO. | PART NUMBER | MATERIAL | QTY. |



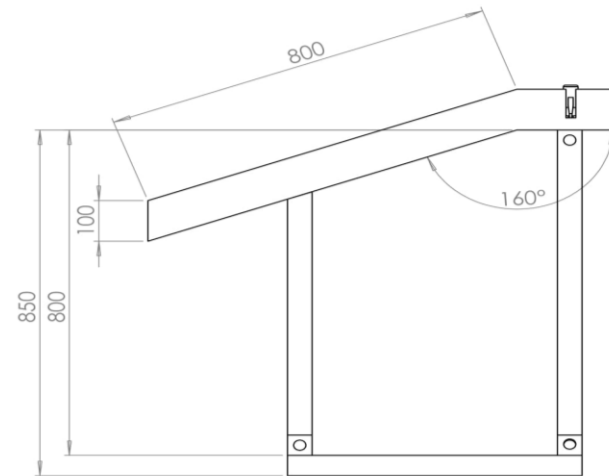
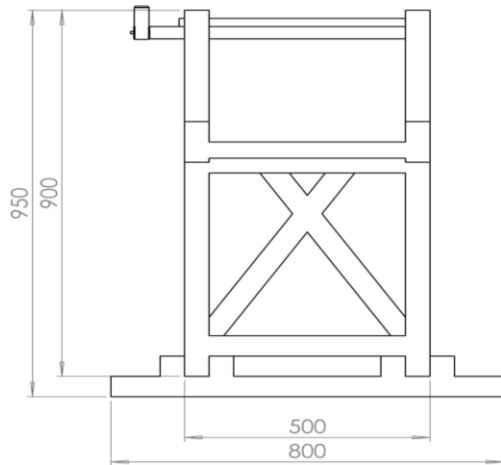
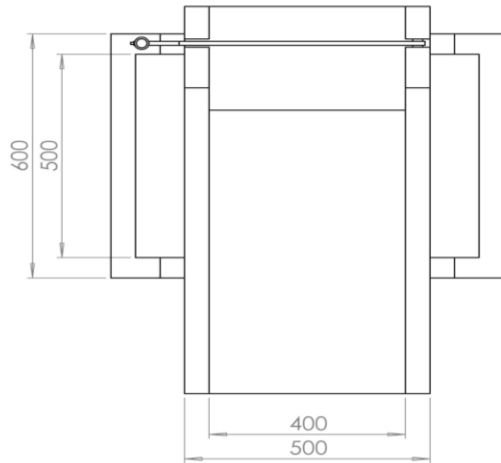
SKALA : 1 : 10
 SATUAN : MM
 TANGGAL : 8/9/2021

DIGAMBAR : MUHAMMAD HANIF PERINGATAN:
 DIPERIKSA : MRY & MUF
 NIM : 1201162369

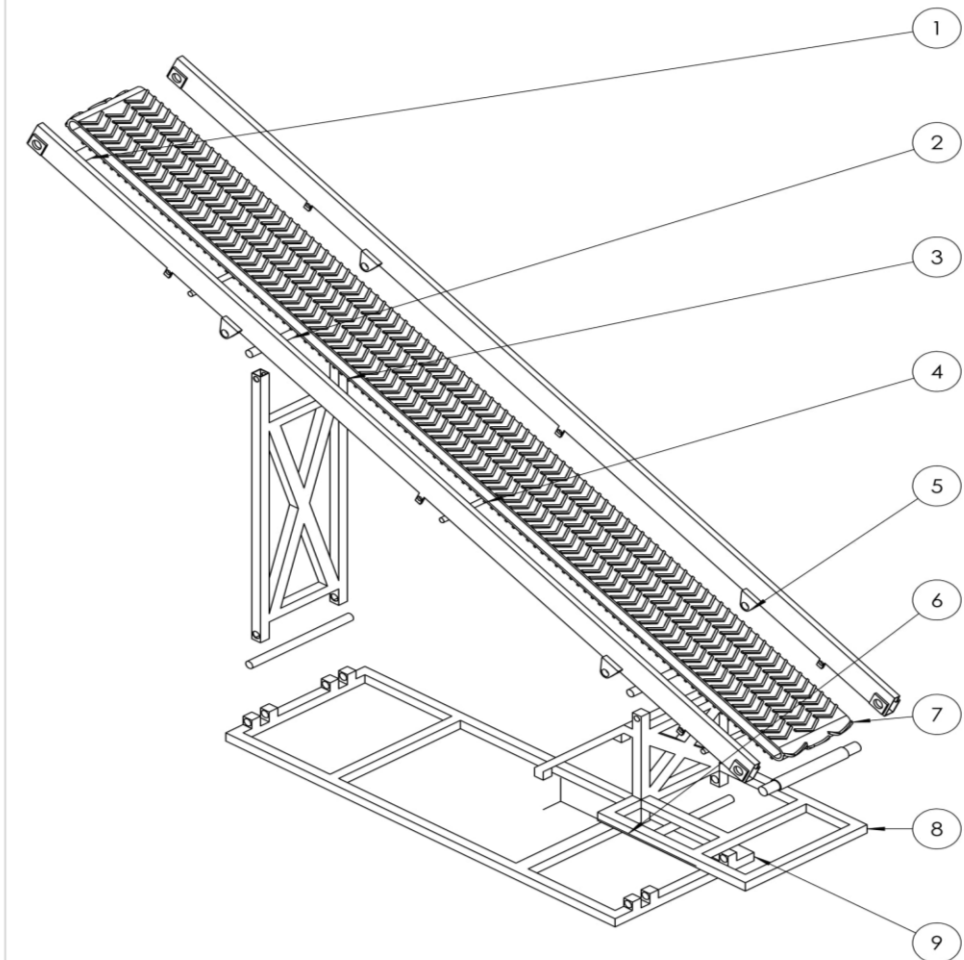
UNIV TELKOM

ALAT PEMOTONG

A3



| | | | |
|-------------|--------------------|---------------------------|-------------|
| | SKALA : 1 : 10 | DIGAMBAR : MUHAMMAD HANIF | PERINGATAN: |
| | SATUAN : MM | DIPERIKSA : MRY & MUF | |
| | TANGGAL : 8/9/2021 | NIM : 1201162369 | |
| UNIV TELKOM | ALAT PEMOTONG | | A3 |



| 9 | Alas Conveyor | Malleable Iron | 1 |
|----------|--------------------|-----------------|------|
| 8 | Kerangka penyangga | Cast Iron | 1 |
| 7 | Belt | Silicone Rubber | 1 |
| 6 | Box Mesin | Iron | 1 |
| 5 | Pembatas Conveyor | Iron | 2 |
| 4 | Roller Belt 2 | Iron | 3 |
| 3 | Tiang Penyangga | Cast Iron | 1 |
| 2 | Roller Belt 1 | Iron | 4 |
| 1 | Roller | Iron | 2 |
| ITEM NO. | PART NUMBER | MATERIAL | QTY. |



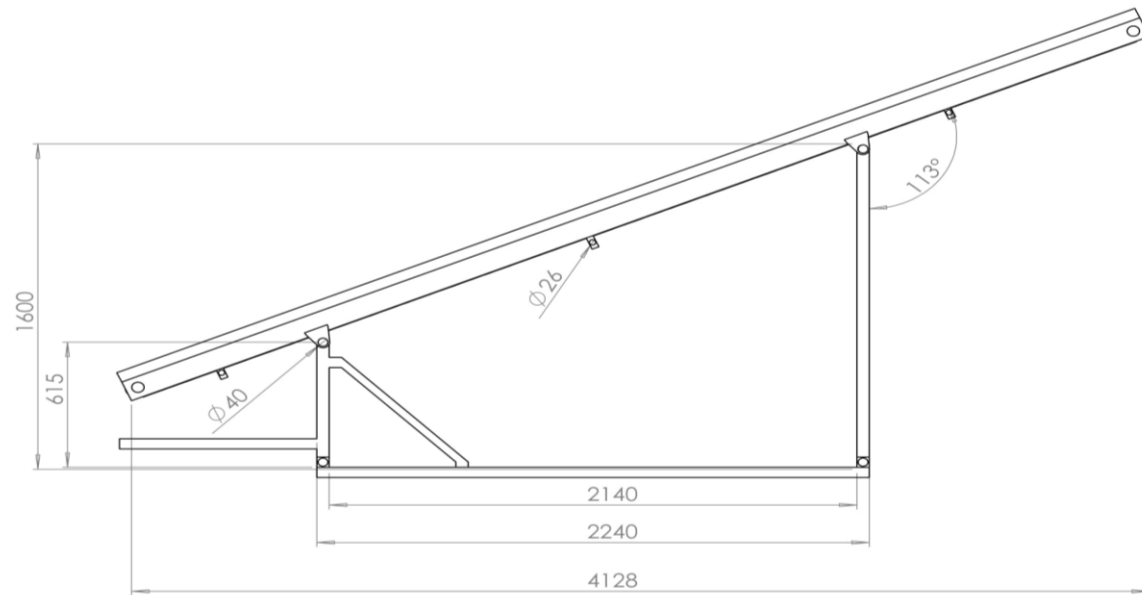
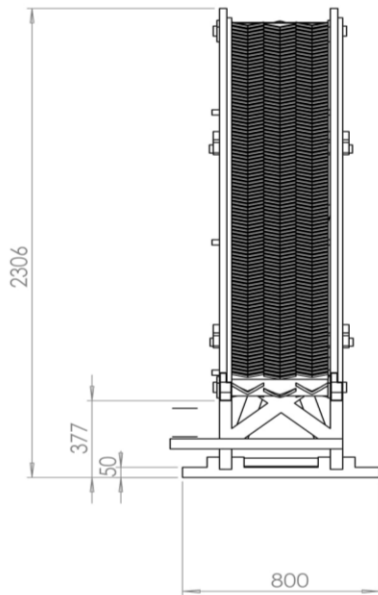
SKALA : 1 : 20
 SATUAN : MM
 TANGGAL : 8/9/2021

DIGAMBAR : MUHAMMAD HANIF PERINGATAN:
 DIPERIKSA : MRY & MUF
 NIM : 1201162369

UNIV TELKOM

CONVEYOR

A3



SKALA : 1 : 20
 SATUAN : MM
 TANGGAL : 8/9/2021

DIGAMBAR : MUHAMMAD HANIF PERINGATAN:
 DIPERIKSA : MRY & MUF
 NIM : 1201162369

UNIV TELKOM

CONVEYOR

A3