

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Selama beberapa dasawarsa terakhir, industri perikanan telah menjadi kontributor penting terhadap penerimaan devisa, produk domestik bruto, dan penyerapan tenaga kerja di Indonesia. Nilai ekspor hasil Industri kayu berfluktuasi selama periode 1980 - 2010 dan mencapai puncaknya pada tahun 1997, yaitu sebesar US\$ 6,24 milyar (atau 17,8% dari nilai ekspor barang-barang industri atau 11,7% total nilai ekspor). Nilai ekspor hasil hutan kemudian menurun akibat krisis ekonomi yang terjadi dimana pada tahun 2010 nilainya menjadi US\$ 5,41 milyar atau 9,7% dari nilai ekspor barang-barang industri atau 6,3% dari total nilai ekspor (BPS, 2010). Kontribusi sektor industri kayu terhadap produk domestik bruto berkisar 1,7% sampai 3,1% selama periode 1993-2005. Angka ini lebih besar bila dibandingkan rata-rata Asia, yaitu 1,1% (FAO, 2005). Hal tersebut dapat dipahami karena sebagian besar Produk dari Industri pengolahan kayu ditujukan untuk pasar Ekspor. Selain itu, Industri pengolahan kayu juga memberikan Disamping kontribusi devisa bagi negara yang sangat signifikan. Pada tahun 2007, tercatat investasi untuk industri Kayu yang memiliki kapasitas diatas 6.000 m³ mencapai 14 Triliun Rupiah. Selain sektor keuangan dan investasi, sektor Industri pengolahan kayu juga memberikan penyerapan tenaga kerja yang besar. Badan Revitalisasi Industri Kehutanan (BRIK) mencatat bahwa sampai tahun 2009, industri ini menyerap tenaga kerja sebesar 3.845.150

orang. Dengan asumsi masing-masing tenaga kerja menanggung 2 anak dan 1 istri, maka jumlah jiwa yang tergantung dari industri pengolahan kayu sebesar 15.380.600 orang atau $\pm 6,84\%$ penduduk Indonesia. Sebagian besar dari jumlah tersebut, termasuk dalam pendudukan dengan kelas ekonomi menengah dan bawah mengingat modernisasi dalam industri pengolahan kayu di Indonesia yang masih rendah.

Dilain pihak, seiring dengan perkembangan industri global saat ini aspek Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K-3) menjadi salah satu isu yang sangat penting bagi setiap perusahaan industri. Munculnya standar ISO 18000 dan berbagai regulasi pemerintah tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja, menjadikan aspek ini menjadi hal penting yang harus diperhatikan baik dari sisi perusahaan maupun pekerja. Penataan ruang yang tidak tepat, penggunaan alat yang tidak sesuai dengan prinsip ergonomi, akan dapat berakibat pada buruknya kesehatan seorang pekerja. Sebaliknya, dengan terciptanya lingkungan kerja yang sehat dan bebas dari resiko kecelakaan kerja, tentu akan membuat suasana kerja menjadi lebih baik bagi pekerja yang pada akhirnya akan meningkatkan Produktifitas Perusahaan yang bersangkutan.

Islam, sebagai agama yang menjadi rahmat bagi seluruh alam tidak luput memperhatikan masalah kesehatan dan keselamatan dalam bekerja. Diantara ayat-ayat dan hadits yang memberikan kepada kita hikmah tentang keselamatan kerja adalah sebagai berikut:

1. Allah memerintahkan melakukan yang terbaik ketika bekerja.

إن الله كتب الإحسان على كل شيء

“Sesungguhnya Allah SWT memerintahkan untuk berbuat ihsan dalam semua hal”.

Salah satu contoh berbuat ihsan dalam beramal adalah menyempurnakan penyembelihan dengan menajamkan pisau. Di sini berarti dalam hal peralatan yang digunakan dalam bekerja hendaklah menggunakan peralatan yang baik, yang tidak cacat sehingga pekerja akan dapat melakukan pekerjaan dengan baik.

2. Allah SWT memberikan perintah untuk mempermudah urusan.

حَدَّثَنَا آدَمُ حَدَّثَنَا شُعْبَةُ عَنْ أَبِي التَّيَّاحِ قَالَ سَمِعْتُ أَنَسَ بْنَ
 مَالِكٍ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُ قَالَ قَالَ النَّبِيُّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ
 يَسِّرُوا وَلَا تُعَسِّرُوا وَسَكِّنُوا وَلَا تُنْفِرُوا

“Telah menceritakan kepada kami Adam telah menceritakan kepada kami Syu’bah dari Abu At Tayyah dia berkata; saya mendengar Anas bin Malik r.a berkata; Nabi Shallallahu’alaihi wasallam bersabda: Mudahkanlah setiap urusan dan jangan kalian mempersulitnya, buatlah mereka tenang dan jangan membuat mereka lari.” Sumber: Shahih Bukhari No. 5660

Dalam K3, salah satu tujuan yang perlu diperhatikan adalah melindungi tenaga kerja. Dengan menciptakan lingkungan dan peralatan yang membuat mereka tenang maka hal ini akan dapat meningkatkan produktifitas kerja.

3. Islam memberikan perintah untuk menggunakan peralatan yang dapat menyelamatkan kita dari suatu bahaya. Salah satu contoh yang

menguatakan hal ini adalah penggunaan baju perang untuk melindungi dari bahaya musuh.

حَدَّثَنَا أَبُو الْوَلِيدِ حَدَّثَنَا مَالِكٌ عَنْ الزُّهْرِيِّ عَنْ أَنَسٍ رَضِيَ اللَّهُ
عَنْهُ أَنَّ النَّبِيَّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ دَخَلَ مَكَّةَ عَامَ الْفَتْحِ وَعَلَى
رَأْسِهِ الْمُغْفَرُ

“Telah menceritakan kepada kami Abu Al Walid telah menceritakan kepada kami Malik dari Zuhri dari Anas r.a bahwa Nabi Shallallahu ‘alaihi wasallam masuk kota Makkah ketika penaklukan kota Makkah dengan mengenakan topi baju besi di kepalanya.” Sumber: Shahih Bukhari No. 5361

Saat ini, penggunaan alat keselamatan kerja seperti sepatu boot, baju pelindung, helm proyek, merupakan alat-alat yang penting bagi pekerja demi keselamatan dalam bekerja.

4. Nabi Nuh a.s menggunakan peralatan berupa kapal yang dapat menyelamatkan beliau dan kaumnya dari badai/ banjir bandang. Hal ini seperti yang digambarkan Allah SWT dalam surat Daud ayat 37:

وَأَصْحَابُ الْفُلْكِ بِأَعْيُنِنَا ۖ وَوَحَيْنَا وَلَا خُطْبَةَ فِي الَّذِينَ ظَلَمُوا إِنَّهُمْ مُغْرَقُونَ ﴿٣٧﴾

Artinya:

*“Dan **buatlah bahtera** itu dengan pengawasan dan petunjuk wahyu Kami, dan janganlah kamu bicarakan dengan aku tentang orang-orang yang zalim itu; Sesungguhnya mereka itu akan ditenggelamkan.”*

Dari sini dapat kita ambil suatu hikmah bahwa desain produk, inovasi merupakan hal yang dapat membuat manusia hidup lebih baik , dan dapat digunakan untuk melewati masa-masa sulit.

Selanjutnya, perlu ditambahkan bahwa sebagian besar mode operasi pada industri pengolahan kayu adalah kerja manual maupun berbantuan perlatan sederhana. Dari *preliminary study* yang telah dilakukan, didapatkan suatu keadaan dimana tingkat kecelakaan kerja yang terjadi pada sektor industri ini masih relatif tinggi, terutama pada beberapa bagian pekerjaan yang masih menggunakan mode operasi manual.

Untuk itu, diperlukan sebuah solusi untuk meningkatkan tingkat keselamatan kerja atau mengurangi resiko kecelakaan kerja yang terjadi pada beberapa proses kerja manual di industri pengolahan kayu. Dalam penelitian kali ini, akan diusulkan sebuah prototipe alat bantu (Mesin bantu) yang diharapkan dapat membuat hal tersebut dapat lebih mudah dicapai dalam rangka meingkatkan kualitas hidup para buruh / pekerja manual di lingkungan kerja dengan memberikan tiugkat keselamatan kerja yang lebih baik.

Pada umumnya, setiap indutsri pengolahan kayu memiliki cakupan proses pembuatan dari bahan baku menjadi barang jadi siap pakai. Hal ini menjadi sebuah rangkaian proses yang cukup panjang. Dimulai dari proses awal kayu datang. Pada mulanya perusahaan pengolahan kayu menerima kayu log (masih berupa batang kayu) ataupun kayu potongan (berupa kayu yang sudah dipotong-potong).

Namun, dalam perkembangan saat ini, semua proses tersebut dituntut untuk lebih efektif dan efisien. Maka, sebagian perusahaan hanya menerima kayu potongan dan komponen (kayu yang siap di bentuk tidak melalui proses pengeringan dan pencucian kayu). Kayu potongan yang sudah diterima masuk di gudang basah dan diteliti kadar airnya. Kemudian, disesuaikan dengan kebutuhan dimasukkan di unit pengeringan pada mesin boiler/*kiln dry*. Kayu tersebut setelah proses pengeringan dengan mesin Mc 8, dipindah ke gudang kering dan diukur serta dikelompokkan kayu sesuai panjang pendeknya. Kemudian, kayu melalui proses Unit Pencucian Kayu (UPK) yaitu proses pengukuran kayu, penyerutan tebal, potong panjang, pembelahan lebar, penyambungan kayu, pelebaran kayu dan pembentukan awal. Unit ini berguna untuk mengetahui kayu yang dibutuhkan ukuran kayu, panjang kayu, lebar kayu dan tinggi kayu.

Setelah itu, proses selanjutnya melalui proses pengolahan kayu dibentuk sesuai gambar yang mana kayu yang sudah diketahui ukurannya. Kemudian, kayu dikirim ke gudang siap produksi. Setelah bahan terkumpul yang terdiri dari bahan pendukung dan kayu sebagai bahan baku. Maka, di unit proses akan dipoles disesuaikan dengan bentuk dari perusahaan. Kayu telah berubah menjadi komponen dan dilanjutkan di unit gosok awal, pada unit gosok awal komponen akan lebih halus. Setelah itu, komponen dikirim ke gudang siap *assembly*. Saat seluruh komponen sudah siap di rakit maka proses selanjutnya perakitan atau *assembly*. Lalu, komponen yang telah berubah menjadi produk dikirim ke unit gosok akhir atau gosok putih. Produk diolesi dengan bahan pendukung menghasilkan produk yang siap *finishing*. Pada unit *finishing*, produk di cat dan

dicek kesiapan produk untuk di kemas. Kemudian, di lanjutkan ke unit *packaging* untuk mengemas produk sebelum siap di kirim ke pasar baik untuk keperluan ekspor (Sebagian besar) maupun lokal.

Unit Pencucian Kayu (UPK) merupakan unit yang mempunyai peran inti, yaitu mengolah kayu mentah menjadi kayu yang berkualitas dengan memerlukan beberapa proses. Sesuai dengan data yang diperoleh dari lapangan baik melalui pengamatan langsung di sebuah perusahaan pengolahan maupun dari studi literatur, didapat kenyataan bahwa bahwa UPK juga unit yang mempunyai tingkat kecelakaan kerja yang paling tinggi diantara unit lainnya. Hal ini dipengaruhi dengan banyaknya proses operasi maunal yang menggunakan mesin bermata pisau tajam pada prosesnya. Walaupun seringkali pihak manajemen telah menginstruksikan untuk menggunakan alat pendukung keselamatan yang sesuai dengan pabrik pengolahan kayu, serinkali operator lalai dalam bekerja. Selain itu, posisi kerja operator dalam bekerja juga cenderung berbahaya yang menyebabkan seringkali kecelakaan kerja terjadi baik karena kelalaian operator maupun posisi kerja yang tidak efisien.



Gambar 1.1. Posisi Awal Mengambil Kayu (Sumber : Data Observasi Langsung, 2013)

Dalam penelitian ini dilakukan perancangan alat bantu untuk dapat meningkatkan keselamatan dan kesehatan kerja. Perancangan alat bantu menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD). Menurut Gasperz (2002) *Quality Function Deployment* (QFD) dapat digunakan untuk menerjemahkan kebutuhan pelanggan ke dalam spesifikasi teknikal tertentu. Teknik QFD membantu dalam mendefinisikan unit pengukuran dan memberikan suatu kerangka kerja untuk mengevaluasi *trade-off* di antara berbagai kombinasi dari *features* desain. QFD dikembangkan pertama kali pada tahun 1972 oleh Mitsubishi's Shipyard di Kobe, Jepang. Inti dari QFD adalah suatu matriks besar yang menghubungkan apa keinginan pelanggan (**WHAT**) dan bagaimana suatu produk akan didesain dan diproduksi agar memenuhi keinginan pelanggan itu (**HOW**). Untuk perbaikan posisi sebelum alat bantu dibuat dan setelah ada alat bantu menggunakan metode biomekanika, dengan perhitungan analisis menggunakan *Maximum Permissible Limit* (MPL). MPL merupakan batas besarnya gaya tekan pada segmen Lumbar nomer 5 dan Sacrum nomer 1 (L5/S1) dari kegiatan pengangkatan dalam satuan Newton yang distandarkan oleh NIOSH (*National Institute of Occupational Safety and Health*) tahun 1981. Besar gaya tekannya adalah di bawah 6500N pada L5/S1. Sedangkan batasan gaya angkatan normal (*Action Limit/AL*) sebesar 3500N pada L5/S1. Sehingga, apabila Gaya tekan/FC < AL (aman), AL < FC < MPL (perlu hati hati) dan apabila FC > MPL (berbahaya). Batasan gaya angkat maksimum yang diijinkan, yang direkomendasikan NIOSH adalah berdasarkan gaya tekan sebesar 6500N pada

L5/S1, namun hanya 1% wanita dan 25% pria yang diperkirakan mampu melewati batasan angkat.

QFD dan Biomekanika dipilih menjadi metode karena korelasi antara QFD dan biomekanika sangat membantu dalam penyelesaian masalah tentang kecelakaan kerja. QFD dapat memberikan kontribusi penting dalam menentukan produk yang akan diciptakan, dibanding dengan metode lain dalam menentukan produk, QFD mampu membuat tahapan-tahapn dalam proses perancangan dan metode QFD telah banyak digunakan oleh beberapa peneliti lain. Biomekanika dapat menganalisis sudut-sudut penting dalam postur kerja yang sering terjadi keluhan operator dan kecelakaan kerja. Dengan perhitungan tersebut, dapat diketahui tingkat kelayakan operator dalam bekerja. Pada posisi postur kerja yang tidak layak, maka dapat membahayakan operator jika melakukan kegiatan bekerja dengan resiko kelelahan kerja yang lebih cepat atau bahkan kecelakaan kerja yang pada akhirnya membuat proses secara keseluruhan tidak produktif.

QFD dan Biomekanika menjadi metode dalam menyelesaikan permasalahan tentang perancangan alat bantu dengan posisi kerja yang benar. Diawali dengan menghitung MPL sebelum ada produk. Kemudian, dari hasil tersebut dilanjutkan dengan melakukan metode QFD untuk mendapatkan keinginan dari operator dan dari pihak perusahaan. QFD yang digunakan sampai QFD level I yaitu menentukan kebutuhan teknis dari suara konsumen dan QFD level II yaitu menghasilkan suatu kebutuhan komponen untuk perancangan alat bantu. Setelah alat bantu tercipta, proses selanjutnya menghitung posisi kerja saat

terdapat alat bantu. Sehingga, hasilnya adalah alat bantu yang sesuai dengan posisi kerja yang benar.

B. Pokok Masalah

Beberapa permasalahan yang coba dipecahkan melalui penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana analisis potensi kecelakaan kerja tanpa alat bantu dengan menggunakan alat bantu.
2. Bagaimana Menciptakan alat bantu kerja bagi proses kerja manual pada industri pengolahan kayu yang dapat mengurangi resiko kecelakaan kerja.
3. Bagaiman menciptakan lingkungan kerja yang sesuai dengan prinsip-prinsip muamalah.

C. Tujuan dan Kegunaan

Berikut adalah beberapa tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini:

1. Menciptakan rancangan alat bantu kerja bagi proses produksi kayu yang paling beresiko
2. Menganalisis potensi kecelakaan kerja tanpa alat bantu dengan menggunakan alat bantu
3. Menciptakan lingkungan kerja yang sesuai dengan prinsip-prinsip muamalah.

4. Menciptakan sebuah karya yang berpotensi mendapatkan Hak atas Kekayaan Intelektual (HAKI) berupa desain industri alat bantu kerja manual pada industri kayu.

D. Tinjauan Pustaka

Dalam melakukan penelitian dibutuhkan adanya review terkait tentang penelitian terdahulu, guna dapat membedakan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Berikut deskripsi penelitian-penelitian sebelumnya, yaitu :

Tabel 1.1 Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
1.	Chaffin, (2005)	<i>Primary Prevention of Low Back Pain Through the Application of Biomechanics in Manual Materials Handling Tasks</i>	<i>Biomechanical Model, Low Back, Manual Material Handling Tasks.</i>	Desain tempat kerja usulan dan instruksi kepada operator kerja
2.	Sweet, et al., (2010)	<i>Applying Quality Function Deployment in Food Safety Management</i>	<i>Quality Function Deployment Level II, Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP)</i>	Hasil dari <i>pilot study</i> dapat mensugesti untuk digunakan di perusahaan
3.	Norina dan Sari (2010)	Perbaikan Sistem Kerja Pemandahan Kayu Secara Manual Melalui Perancangan Alat Angkut dan Penyangga Mesin Saw Mill di Perusahaan Furniture PT Dwipapuri Asri	Pengangkatan dan pemindahan produk secara manual, <i>Nordic Body Map</i> dan QFD	Rancangan fasilitas kerja usulan dan alat bantu kerja

No.	Peneliti	Judul	Metode	Hasil
4.	Wicaksono dan Singgih (2011)	Manajemen Risiko K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) pada Proyek Pembangunan Apartemen Puncak Permai Surabaya	AS/NZS 4360:2004 <i>Risk Management</i> , RCA (<i>Root Cause Analysis</i>), Analisis Biaya	Usulan perbaikan dan analisis biaya pengendalian risiko terhadap manajemen risiko
5.	Mustathiryani, (2013)	Perancangan Alat Bantu Kerja Untuk Meningkatkan Keselamatan dan Kesehatan Kerja dengan Metode <i>Quality Function Deployment</i> dan Biomekanika	Metode <i>Quality Function Deployment</i> dan Biomekanika	Alat bantu kerja dengan dilengkapi analisis biaya produk dan kebutuhan komponen produk

Chaffin, (2005) melakukan penelitian dengan judul “*Primary Prevention of Low Back Pain Through the Application of Biomechanics in Manual Materials Handling Tasks*”. Metode yang digunakan *Biomechanical Model, Low Back, Manual Material Handling Tasks*. Model biomekanik dari batang tubuh telah menjadi sangat unggul dalam beberapa tahun terakhir. Penelitian ini menggambarkan bagaimana tekanan merugikan pada punggung bawah dapat diprediksi oleh model tersebut selama fase awal merancang bahan menangani tugas-tugas di industri. Hal ini menunjukkan bahwa model biomekanik dapat digunakan untuk mensimulasikan bahan baru menangani tugas-tugas, dan dengan demikian dapat digunakan untuk memandu desain tugas tersebut untuk mengurangi tekanan berbagai pinggang. Selain itu, simulasi biomekanik dijelaskan yang terus memainkan peran utama dalam memahami tekanan yang kompleks yang dapat menyebabkan nyeri punggung bawah.

Sementara itu, Sweet, et al., (2010). Melakukan penelitian dengan judul “*Applying Quality Function Deployment in Food Safety Management*”. Metode yang digunakan *quality function deployment* untuk prioritas prosesnya, sedangkan untuk implementasi menggunakan Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP). Sehingga, hasilnya ada hubungan yang diakui dan prioritas jadwal diperoleh melalui *house of quality*, pelaksanaan program yang disarankan akan memungkinkan fasilitas untuk mencapai kemajuan yang lebih cepat dan lebih efektif terhadap pembentukan prosedur keamanan pangan, dengan menciptakan lingkungan HACCP seperti ini menggunakan metode yang efektif.

Lebih jauh, Norina dan Sari (2010). Melakukan penelitian dengan judul “Perbaikan Sistem Kerja Pemandahan Kayu Secara Manual Melalui Perancangan Alat Angkut dan Penyangga Mesin Saw Mill di Perusahaan Furniture PT Dwipapuri Asri. Metode yang digunakan Pengangkatan dan pemindahan produk secara manual, *Nordic Body Map* dan QFD. Pada aktivitas mengangkat, dirancang fasilitas kerja berupa penyangga penyimpanan kayu sehingga posisi kerja pada saat mengangkat berdiri tegak. Kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan software *ergo-easer* didapat nilai *lifting index* sebesar 0,1 yang berarti bahwa sistem kerja tersebut aman. Pada aktivitas membawa, dirancang alat bantu pemindahan. Dengan adanya alat bantu pemindahan ini frekuensi pemindahan berkurang menjadi 80 kali perhari. Kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan software *SNOOK TABLE* didapatkan nilai *Externa Load To MAW Ratio* =0,98 yang berarti bahwa sistem kerja tersebut aman.

Selanjutnya, Wicaksono dan Singgih (2011). Melakukan penelitian dengan judul “Manajemen Risiko K3 (Keselamatan Dan Kesehatan Kerja) Pada Proyek Pembangunan Apartemen Puncak Permai Surabaya”. Metode yang digunakan AS/NZS 4360:2004 *Risk Management*, RCA (*Root Cause Analysis*), dan Analisis Biaya. Pada penelitian ini akan diteliti mengenai identifikasi risiko K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) yang berkaitan dengan kegiatan proyek pembangunan Apartemen Puncak Permai Surabaya, penilaian risiko-risiko K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) yang terjadi pada kegiatan proyek pembangunan Apartemen Puncak Permai Surabaya. Dari penelitian ini diperoleh lima risiko tertinggi, yaitu: *lifting material* menggunakan tower crane terdapat risiko material terjatuh/sebagian besar dari material yang diangkat dengan total indeks risiko sebesar 13,95, *Steel fixing, formwork installation, concreting*, dan pekerjaan *eksternal wall* memiliki risiko terjatuh dari ketinggian dengan total indeks risiko sebesar 13,16, *installation electrical pipe*, pasang pintu dan kusen kayu, *eksternal wall*, pasang keramik dan *finishing (grinding, chipping, cutting)* dengan total indeks risiko sebesar 12,76, *excavation* terdapat risiko longsornya galian dengan total indeks risiko sebesar 12,47, *eksternal wall* terdapat risiko gondola jatuh dengan total indeks risiko sebesar 11,88.

Akhirnya, Mustathiriyyani, (2013) yang diperkuat oleh Sahirul Alim, (2013), melakukan penelitian dengan tema Perancangan Alat Bantu Kerja Untuk Meningkatkan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Dengan Metode *Quality Function Deployment* dan Biomekanika”. Meneliti tentang kecelakaan kerja yang terjadi dan posisi kerja di seluruh bagian unit kerja.

Dalam konteks penelitian ini, dari *preliminary study* yang dilakukan, diperoleh data bahwa Unit Pencucian Kayu (UPK) sebagai unit yang banyak terjadi kecelakaan kerja. Kemudian, dengan metode *quality function deployment* dan biomekanika digunakan untuk menghasilkan alat bantu kerja yang ergonomi dan posisi kerja yang aman dan nyaman. Penggabungan metode QFD dan biomekanika menghasilkan hasil yang sangat memuaskan. Dikarenakan metode ini sangat berkaitan dan bisa bersinergi.

E. Landasan Teori

1. Perancangan Alat Bantu Kerja

Alat adalah benda yang dipakai untuk mengerjakan sesuatu (Kamus Besar Bahasa Indonesia, 1989). Bantu artinya tolong (Kamus Besar Bahasa Indonesia, 1989). Kerja adalah kegiatan melakukan sesuatu (Kamus Besar Bahasa Indonesia, 1989). Alat bantu kerja berupa produk yang akan membantu operator dalam mengerjakan tugasnya untuk meningkatkan keselamatan dan kesehatan kerja. Perancangan atau pengembangan produk dibutuhkan oleh produsen dalam rangka mempertahankan atau meningkatkan pangsa pasar dengan cara mengidentifikasi kebutuhan-kebutuhan konsumen akan manfaat, desain, hingga ke tingkat perencanaan pembuatan produk tersebut (Ginting, 2010). Produk harus didesain sedemikian rupa sehingga harga bahan, ongkos memproduksi, dan biaya penyimpanan dapat ditekan seminimal mungkin. Disain yang baik ada kalanya mencakup pemilihan cara

penyelesaiannya, karena orang sering memilih suatu produk berdasarkan fungsi, cara operasi dan penampilannya (Amstead et al, 1997).

2. Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Pasal 1, PP No. 50/2012 mendefinisikan Keselamatan dan Kesehatan Kerja sebagai segala kegiatan untuk menjamin dan melindungi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja melalui upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja. Setiap pekerja/buruh mempunyai hak untuk memperoleh perlindungan atas : keselamatan dan kesehatan kerja, moral dan kesusilaan, dan perlakuan yang sesuai dengan harkat dan martabat manusia serta nilai-nilai agama. Untuk melindungi keselamatan pekerja/buruh guna mewujudkan produktivitas kerja yang optimal diselenggarakan upaya keselamatan dan kesehatan kerja (Pasal 86, UU No. 13 Tahun 2003).

Menurut Hughes and Ferret (2007), Kesehatan dan keselamatan kerja relevan untuk semua cabang industri, bisnis dan perdagangan termasuk industri tradisional, perusahaan teknologi informasi, rumah sakit umum, ruang isolasi, sekolah, universitas, fasilitas rekreasi dan kantor. Hal ini sangat penting untuk industri konstruksi. Kesehatan dan keselamatan kerja mempengaruhi semua aspek pekerjaan. Dalam sebuah organisasi dengan bahaya rendah, kesehatan dan keselamatan dapat diawasi oleh seorang manajer yang mempunyai kompetensi tunggal.

Dalam sebuah pabrik manufaktur dengan bahaya tinggi, pada spesialis yang berbeda seperti insinyur (listrik, mekanik dan sipil), pengacara, dokter dan perawat, pelatih, perencana dan pengawas pekerjaan, mungkin diperlukan

bantuan seorang profesional kesehatan dan praktisi keamanan dalam memastikan adanya kesehatan yang memuaskan dan standar keselamatan pada perusahaan.

Sedangkan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja adalah bagian dari sistem manajemen secara keseluruhan yang meliputi struktur organisasi, perencanaan, tanggung jawab, pelaksanaan, penerapan, pencapaian, pengkajian dan pemeliharaan kebijakan keselamatan dan kesehatan kerja dalam rangka pengendalian resiko yang berkaitan dengan kegiatan kerja guna terciptanya tempat kerja yang aman, efisien dan produktif (Pasal 1, PERMENAKER NO : PER.05/MEN/1996).

3. Quality Function Deployment (QFD)

QFD adalah suatu cara untuk meningkatkan kualitas barang atau jasa dengan memahami kebutuhan konsumen kemudian menggabungkannya dengan teknis untuk menghasilkan suatu barang atau jasa pada setiap tahap pembuatan barang atau jasa yang dihasilkan. Penyebaran fungsi mutu (*Quality Function Deployment*) adalah alat perencanaan yang digunakan untuk membantu bisnis memusatkan perhatian pada kebutuhan para pelanggan mereka ketika menyusun spesifikasi desain dan pabrikan (Ginting, 2010). *Quality Function Deployment (QFD)* dapat digunakan untuk menerjemahkan kebutuhan pelanggan ke dalam spesifikasi teknis tertentu. Teknik QFD membantu dalam mendefinisikan unit pengukuran dan memberikan suatu kerangka kerja untuk mengevaluasi *trade-offs* di antara berbagai kombinasi dari *features* (Gasperz, 2002).

Titik awal (*starting point*) dari QFD adalah pelanggan serta keinginan dan kebutuhan dari pelanggan itu. Dalam QFD hal ini disebut sebagai “suara dari pelanggan” (*voice of customer*). Pekerjaan dari tim QFD adalah mendengarkan suara dari pelanggan itu. Isu-isu utama dalam “suara dari pelanggan” adalah (Gasperz, 2002):

- Memikirkan kebutuhan dan keinginan pelanggan.
- Sebagai titik awal untuk merancang produk dan proses operasional.
- Berfokus dan mengendalikan proses.
- Harus dimonitori secara terus-menerus.
- Merupakan tanggung jawab untuk semua area fungsional agar memahami/mengerti.
- Memberikan basis untuk pengukuran kritis.

Beberapa kelebihan kelebihan QFD menurut Hurst, (1999) antara lain:

- QFD sederhana dan terstruktur;
- QFD membantu memfokuskan keputusan-keputusan;
- QFD menyediakan sarana pengusutan keputusan-keputusan;
- QFD menyediakan suatu format umum untuk keseluruhan proyek.

Analisis QFD (QFD tahap 1) dimulai dengan penentuan mengenai siapakah target konsumennya dan pengidentifikasi kebutuhan-kebutuhan mereka. Untuk setiap ketentuan konsumen tersier yang teridentifikasi, metode untuk mencapai ketentuan konsumen tersier ini akan menciptakan daftar atribut-atribut desain. Selanjutnya, beberapa ketentuan konsumen target, merefleksikan ketidakakuratan dalam mekanisme (Hurst, 1999).

		Ketentuan-ketentuan desain										
		Fungsi otomatis	Desain tertutup	Gaya Penyesuaian	Kerumitan Penyesuaian	Waktu untuk menyesuaikan	Peredam Vibrasi	Berat bagian-bagian	Alat Instalasi	Waktu untuk instalasi	Kerumitan instalasi	Stabilitas
Pendapat Konsumen	↓											
Ketentuan konsumen												
Mudah disesuaikan		△	○	●	●		△					△
Kenyamanan operator			△	△	△	●						
Keamanan operator		●	●	△	△	△						
Kemudahan Instalasi			△					○	●	●		
Biaya rendah		△	○		△		○	○	△	△	△	

→ Lebih banyak lagi dalam matriks yang lengkap

↓ Lebih banyak lagi dalam matriks yang lengkap

Gambar 1.1 Hasil QFD Level I (Sumber : Hurst, 1999)

Ketentuan desain menetapkan atribut-atribut desain sehingga juga menentukan karakteristik produk akhir. QFD tahap 2, yang merupakan suatu matriks ketentuan-ketentuan dan atribut-atribut desain. Tahap ini mengidentifikasi seberapa jauh hubungan kritis antara ketentuan desain dan karakteristik produk. Suatu daftar karakteristik produk yang telah dikembangkan secara penuh, ditempatkan untuk memandu perencanaan dan kontrol produksi (Hurst, 1999).

Pendapat konsumen
↓

	Atribut-atribut desain								
	Penyeimbang	Ringan	Tuas pengunci	Pegas	Blok Elastis	Peredam	Pengaman/Pelindung	Pemasangan di lantai	Low C of G
Ketentuan-ketentuan desain									
Fungsi Otomatis	△		●						
Tutupan Rangka Desain							●		
Gaya-gaya Penyesuaian				○	○	○			
Kerumitan penyesuaian	○		○						
Waktu untuk menyesuaikan	○	△	○	△	△	△			
Peredam Vibrasi	○	△		●	●	●			
Berat bagian-bagian	○	●					○		
Alat Instalasi							△	○	
Waktu pemasangan							△	○	△
Kerumitan Instalasi								○	△
Stabilitas	○							△	●

↓ Lebih banyak lagi dalam matriks yang lengkap

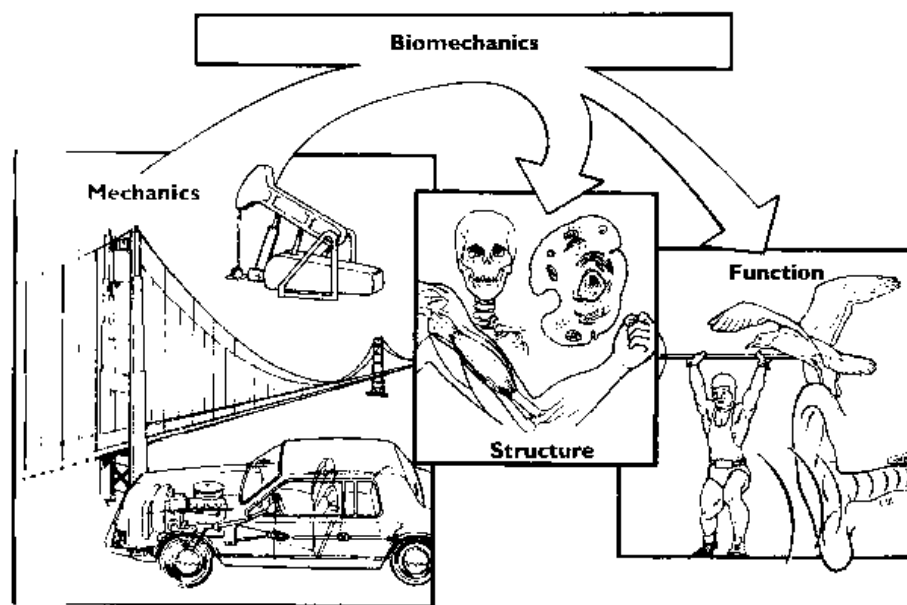
Gambar 1.2 Hasil QFD level II (Sumber : Hurst, 1999)

4. Biomekanika

Hall , (2003) menyampaikan bahwa

“...During the early 1970s, the international community adopted the term *biomechanics* to describe the science involving the study of biological systems from a mechanical perspective..”. Pengertian dari pernyataan diatas adalah pada waktu awal 1970-an, masyarakat internasional mengadopsi istilah biomekanika untuk menggambarkan ilmu yang melibatkan studi tentang

sistem biologis dari perspektif mekanik. Biomekanika adalah ilmu pengetahuan yang menerapkan hukum-hukum mekanika terhadap struktur hidup, terutama sistem lokomotor dari tubuh. (lokomotor=kegiatan dimana seluruh tubuh bergerak karena tenaganya sendiri dan umumnya dibantu oleh gaya beratnya) (Hidayat, 1998).



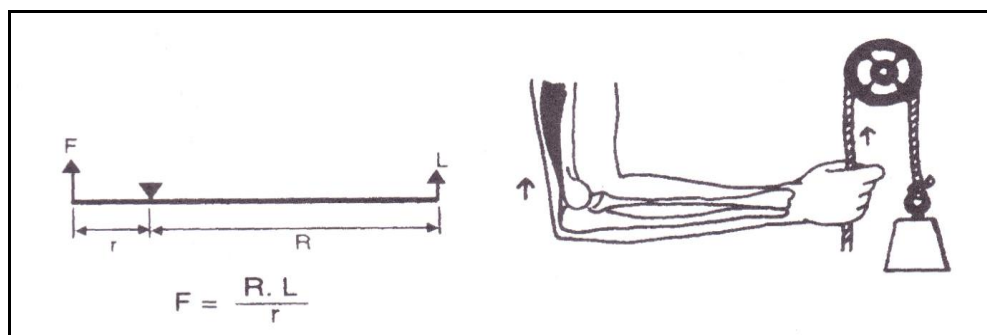
Gambar 1.3 Struktur Biomekanika (Sumber: Hall, 2003)

Dalam rangka untuk meminimumkan kelelahan dan resiko terhadap rusaknya tulang dan otot dalam kondisi kerja yang repetitive (berulang-ulang), maka dalam penempatan dan pengoperasian posisi pengendalian (control) harus seergonomis mungkin sehingga pengoperasiannya dalam keadaan yang paling efisien. (Nurmianto, 2008). Melalui biomekanika kita akan membiasakan diri untuk melakukan kegiatan dengan cara yang efisien, berjalan dengan efisien, berlari, melempar, melompat dan segala aktivitas olahraga dengan efisien pula. Bila gerak itu efisien, maka kita dapat

mengontrol dan menguasai sikap, baik dalam keadaan diam/istirahat maupun dalam keadaan bergerak. Gerak itu efisien bila (Hidayat, 1998) :

- Kelompok otot yang besar bekerja lebih dahulu.
- Melakukan kegiatan/tugas dengan penuh gairah.
- Mengeluarkan tenaga secara intelijen, artinya ada koordinasi yang baik dan saat yang tepat.
- Bergerak secara proporsional, artinya dilakukan dengan ekonomis dan adanya otomasi. Efisiensi erat kaitannya dengan kesempurnaan gerak dan keindahan gerak. Sebaliknya gerakan yang tidak efisien akan menimbulkan penghamburan tenaga dan ketegangan yang berlebihan; kelelahan fisik yang terlalu cepat dan kelalahan fisik; kelesuan; rasa nyeri; dan frustrasi.

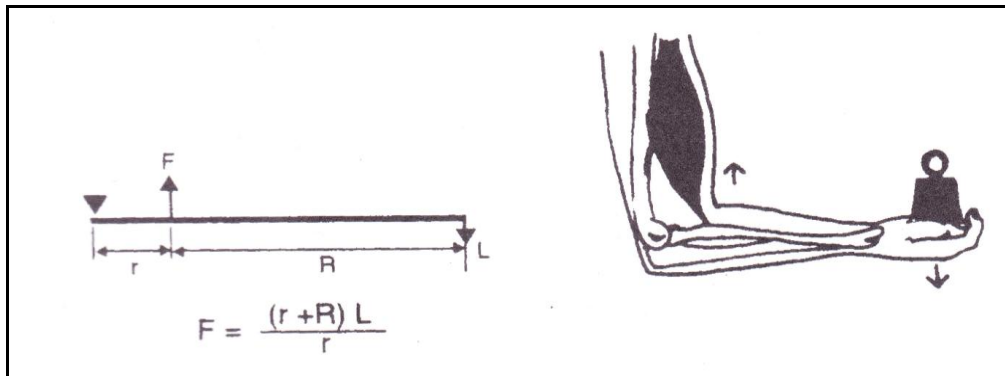
Dalam gerakan pada sistem kerangka-otot, otot bereaksi terhadap tulang untuk mengendalikan gerak rotasi di sekitar sambungan tulang. Beberapa sistem pengungkit menjelaskan hal tersebut. Dalam sistem ini otot bertindak sebagai sistem mekanis yang berfungsi untuk suplai energi kinetik dan gerakan angular (Nurmianto, 2008).



Gambar 1.4 Sistem Pengungkit I (Sumber : Nurmianto, 2008)

Sistem pengungkit I, contoh :

- Otot Triceps menarik ulna untuk menggerakkan siku.
- Otot Quadriceps menarik tibia melalui patella untuk menggerakkan lutut.



Gambar 1.5 Sistem Pengungkit II Sumber : Nurmianto, 2008

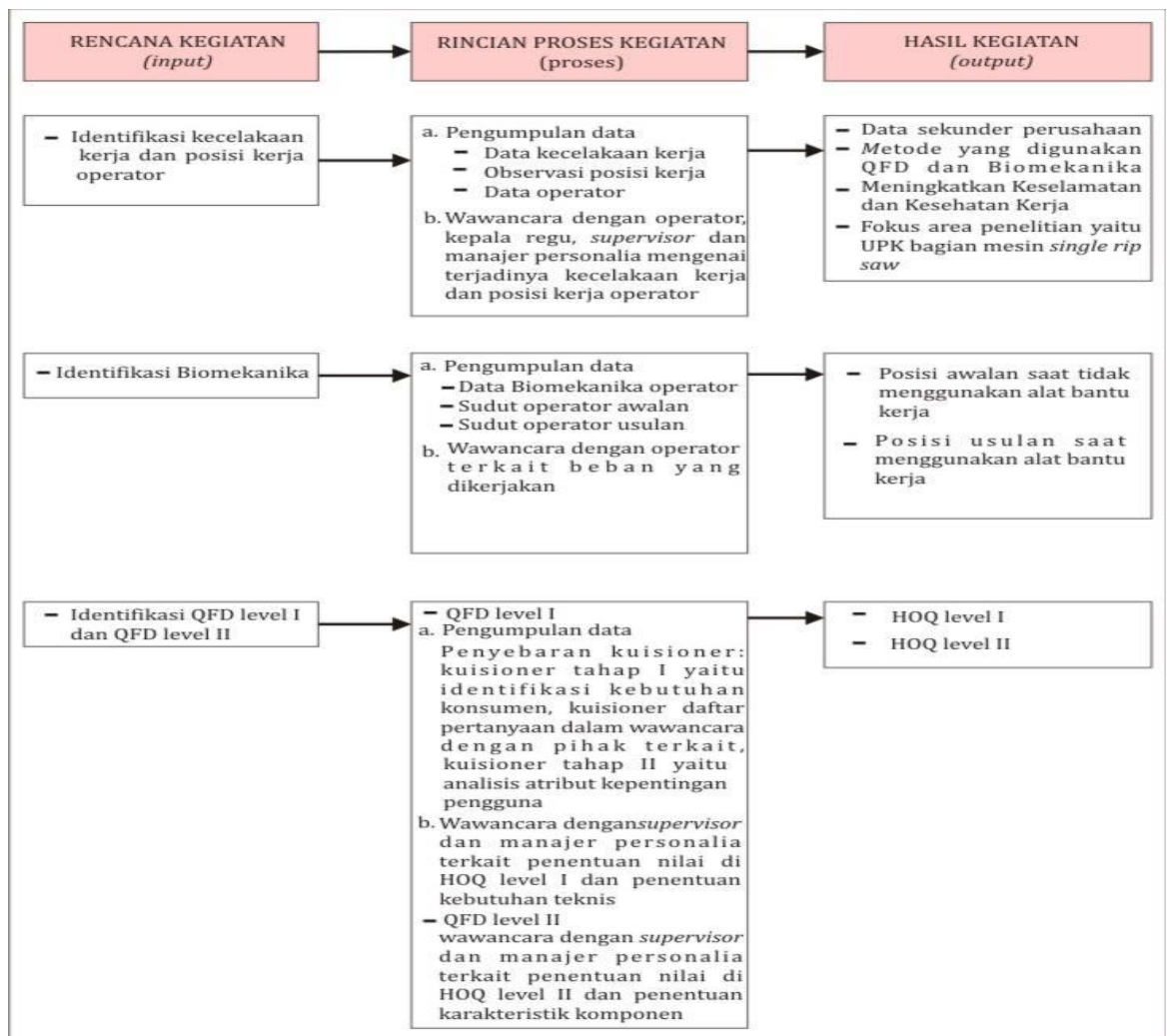
Sistem pengungkit II, contoh :

- Otot Biceps menarik radius untuk mengangkat siku.
- Otot Brachialis menarik ulna untuk mengangkat siku.
- Otot Deltoid menarik humerus untuk mengangkat bahu.

Bila kita memegang sebuah barbel seberat 50 Kg, tanpa mengerakkannya, kita dikatakan tidak melakukan kerja. Walaupun setelah beberapa lamanya kita menahan barbel tersebut akan terasa kelelahan yang cukup berat, kita tidak dianggap melakukan kerja yang berarti (sebab dengan hanya memegang saja tidak ada perpindahan/perubahan) atau hasil kerja yang tidak nampak. Jadi disini ada perbedaan kerja yaitu kerja mekanis (ada perpindahan) dan kerja kimiawi (tak ada perpindahan) (Hidayat, 1998).

F. Metode Penelitian

Sebuah penelitian senantiasa membutuhkan rencana kegiatan (*input*), rincian proses kegiatan (proses) dan hasil kegiatan (*output*). Hal ini menjelaskan deskripsi penelitian. Sehingga, dengan adanya tata laksana (framework) penelitian dapat diketahui arah tujuan penelitian. Berikut tata laksana penelitian:



Gambar 1.6 Tata Laksana Penelitian

1. Pengumpulan Data

Data-data yang digunakan dalam penelitian yaitu data primer dan sekunder yang bersifat kualitatif maupun kuantitatif adapun data-data tersebut adalah sebagai berikut :

a. Data primer

Data primer adalah data yang diperoleh seorang peneliti langsung dari objeknya (Kamus Besar Bahasa Indonesia, 1989). Selain itu data primer juga dapat diperoleh dari hasil observasi secara langsung ataupun dari wawancara sehingga didapat informasi sesuai dengan kondisi fakta yang ada. Data primer yang dilakukan yaitu membuat kuesioner tahap 1 (kuesioner terbuka yaitu memberikan ruang jawaban seluas-luansnya untuk menjawab dari pertanyaan yang diajukan) dan tahap 2 (kuesioner tertutup). Kemudian, pengamatan langsung juga dilakukan di Unit Pencucian Kayu (UPK) untuk mengetahui terkait sering terjadinya kecelakaan kerja dan posisi kerja, diselingi juga dengan wawancara langsung dengan pihak terkait.

b. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh seorang peneliti secara tidak langsung dari objeknya, tetapi melalui sumber lain, baik lisan maupun tertulis (Kamus Besar Bahasa Indonesia, 1989). Selain itu dapat diperoleh dari data hasil penelitian oleh peneliti terdahulu, pernyataan ahli yang tidak secara langsung didapatkan. Termasuk juga dengan referensi yang diambil dari buku-buku sebagai pendukung dari penelitian ini.

2. Metode Pengumpulan Data

a. Penentuan Sumber Data

Menurut Arikunto (1990), di dalam sebuah penelitian, subjek penelitian merupakan sesuatu yang kedudukannya sangat sentral karena pada subjek penelitian itulah data tentang variabel yang diteliti berada dan diamati oleh peneliti. Sumber data yang digunakan yaitu hasil wawancara, pengamatan langsung, dokumentasi dan kuesioner operator kerja. Jumlah populasi UPK bagian mesin *single rip saw* terdapat 30 orang.

b. Teknik Pengumpulan Data

Dalam penentuan teknis pengumpulan data ini, metode yang digunakan dalam pengumpulan data adalah sebagai berikut:

1) Wawancara

Melakukan wawancara dengan pihak terkait diantaranya kepala operator atau stakeholder dari sebuah perusahaan pengolahan kayu. Wawancara dilakukan untuk mengetahui kecelakaan kerja yang sering terjadi dan perlunya suatu alat bantu kerja dalam meningkatkan produktivitas pekerja.

2) Pengamatan langsung

Teknis selanjutnya pengamatan langsung, dengan cara langsung observasi lapangan keadaan sampel perusahaan pengolahan kayu. Pengamatan langsung juga sebagai cara untuk membuktikan hasil wawancara dengan pihak terkait tentang kondisi nyata perusahaan pengolahan kayu.

3) Studi dokumen

Studi dokumen dilakukan dengan mencari dokumen data penunjang penelitian yaitu data kecelakaan kerja, data operator kerja, dan dokumentasi kerja UPK. Kemudian, ditunjang oleh buku, jurnal dan literatur lain untuk membantu menganalisis data yang berkaitan tentang perancangan alat bantu, keselamatan dan kesehatan kerja, QFD dan biomekanika.

4) Kuesioner

Kuesioner adalah alat riset atau survei yang terdiri atas serangkaian pertanyaan tertulis, bertujuan mendapatkan tanggapan dari kelompok orang terpilih melalui wawancara pribadi atau melalui pos (Kamus Besar Bahasa Indonesia, 1989). Kuesioner dilaksanakan 2 tahap yaitu tahap 1 kuesioner terbuka dan tahap 2 kuesioner tertutup. Kuesioner tahap 1 disebarkan untuk mengetahui gambaran awal keinginan operator yang ada. Pertanyaan yang dibuat mengacu kepada dimensi kualitas David Garvin yang mendefinisikan delapan dimensi yang dapat digunakan untuk menganalisis karakteristik kualitas produk yaitu performansi, *features*, keandalan, konformansi, *durability*, kemampuan pelayanan, estetika, dan kualitas yang dirasakan (Gasperz, 2002). Pada penelitian ini, 4 dimensi kualitas yang digunakan yaitu performansi, *features*, keandalan, dan kemampuan pelayanan. Alasannya, untuk dimensi lain tidak dapat disesuaikan pada penelitian ini seperti dimensi konformansi yang merefleksikan derajat dimana

karakteristik desain produk dan karakteristik operasi memenuhi standar yang telah ditetapkan, serta sering didefinisikan sebagai konformansi terhadap kebutuhan. Begitu pula *durability*, karakteristik ini berkaitan dengan daya tahan dari produk tersebut. Kemudian estetika, merupakan karakteristik yang bersifat subjektif sehingga berkaitan dengan pertimbangan pribadi dan refleksi dari preferensi atau pilihan individual dan yang terakhir kualitas yang dirasakan, bersifat subjektif yang berkaitan dengan perasaan pelanggan dalam mengkonsumsi produk (Gasperz, 2002). Pertimbangan lain adalah untuk mengefektifkan dan mengefesienkan waktu, tenaga, dan biaya yang dimiliki peneliti. Setelah itu, didapat beberapa atribut dari kuesioner tahap 1. Atribut tersebut menjadi bahan untuk kuesioner tahap 2 untuk disebarkan. Lalu, dari kuesioner tahap 2 akan diketahui keinginan operator secara pasti. Kuesioner tahap 2 berbentuk tertutup yaitu telah disediakan jawabannya sehingga responden hanya tinggal memilih sesuai pilihan yang ada. Jawaban yang disediakan dengan skala penilaian likert. Menurut Ginting (2010), skala likert digunakan untuk mengukur sikap, pendapat, dan persepsi seseorang atau sekelompok orang tentang fenomena sosial. Dengan skala likert, variabel yang akan diukur dijabarkan menjadi indikator variabel. Kemudian indikator tersebut dijadikan sebagai titik tolak untuk menyusun item-item instrumen yang dapat berupa pertanyaan atau pernyataan. Jawaban setiap item instrumen yang menggunakan Skala Likert mempunyai

gradasi dari sangat positif sampai sangat negatif, yang dapat berupa kata-kata antara lain : sangat penting (SP), penting (P), ragu-ragu (R), tidak penting (TP), sangat tidak penting (STP).

Untuk penilaian ekspektasi pelanggan, maka jawaban itu dapat diberi skor, misalnya :

- a. Sangat penting (SP) : 5
- b. Penting (P) : 4
- c. Ragu-ragu (R) : 3
- d. Tidak Penting (TP) : 2
- e. Sangat Tidak Penting (STP) : 1

Untuk penilaian persepsi pelanggan, maka jawaban itu dapat diberi skor, misalnya:

- a. Sangat Baik (SB) : 5
- b. Baik (B) : 4
- c. Ragu-ragu (R) : 3
- d. Tidak Baik (TB) : 2
- e. Sangat Tidak Baik (STB) : 1

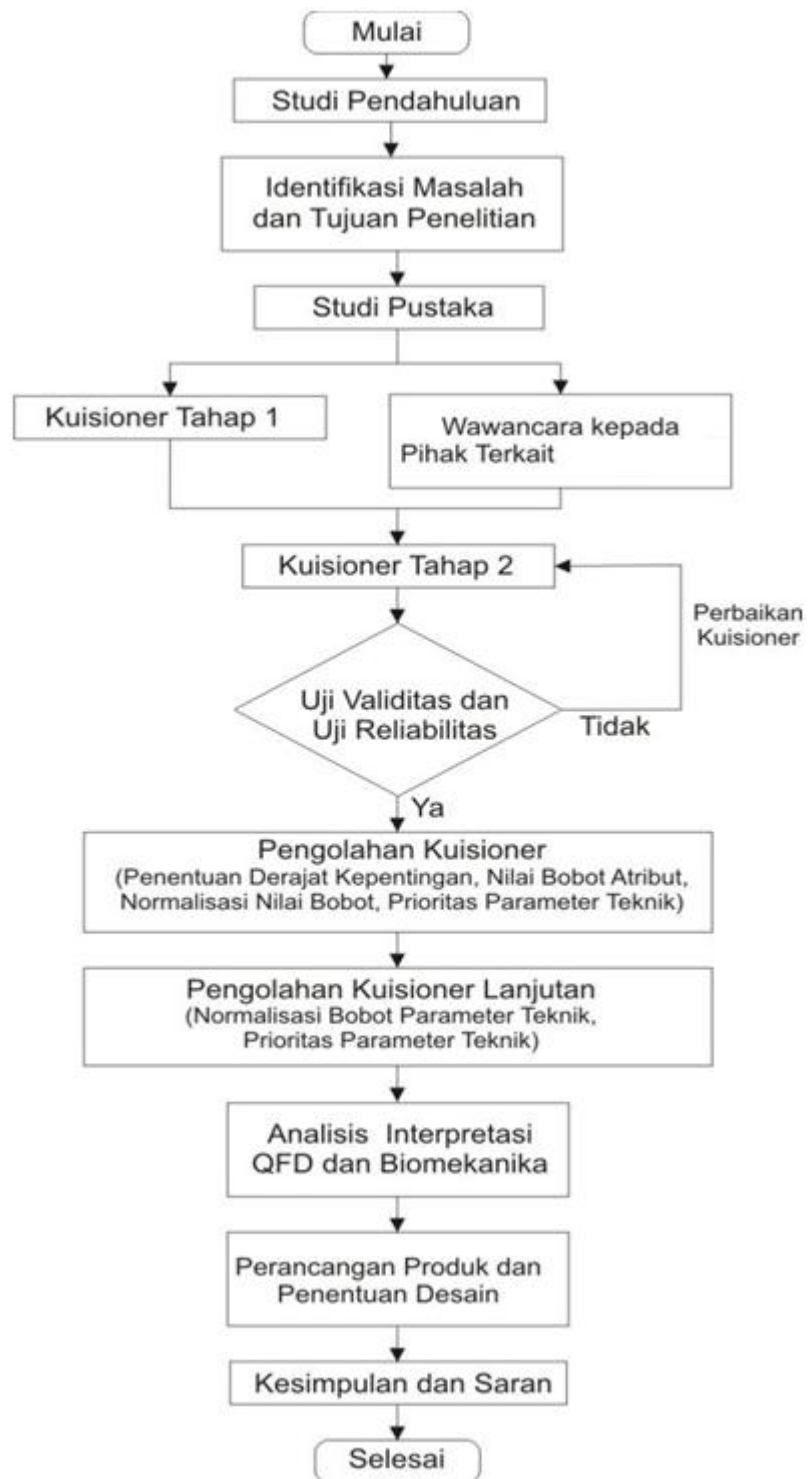
Instrumen penelitian yang menggunakan skala likert dapat dibuat dalam bentuk *checklist* ataupun pilihan ganda. Keuntungan skala likert adalah (Ginting, 2010):

- a. Mudah digunakan dan diterapkan.
- b. Terdapat kebebasan dalam memasukkan pertanyaan-pertanyaan, asalkan masih sesuai dengan konteks permasalahan.

- c. Jawaban suatu item dapat berupa alternatif, sehingga informasi mengenai item tersebut diperjelas.
- d. Reliabilitas pengukuran bisa diperoleh dengan jumlah item tersebut diperjelas.

G. Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan dalam pemecahan masalah tersebut dapat dilihat dalam diagram alir (*flow chart*) penelitian seperti pada gambar berikut ini:



Gambar 1.7 Diagram Alir Penelitian

BAB II

SETTING OBJEK

Untuk lebih memperjelas objek yang akan menjadi pokok bahasan dalam penelitian ini, maka berikut objek dalam penelitian ini:

1. Industri kayu yang dimaksud adalah furniture
2. Alat bantu ini biasa digunakan pada pekerjaan yang memiliki tingkat resiko yang tinggi pada industri kayu, yaitu bagian “pecucian kayu”
3. Alat ini disesuaikan dengan ukuran rata-rata pekerja pada industri kayu bagian “pencucian kayu”
4. Analisis beban kerja secara kuantitatif menggunakan biomekanika, kualitatifnya menggunakan cause-effect diagram dan diagram pareto.

BAB III

OBJEK

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknologi untuk proses perancangan dan simulasi. Sementara untuk data antropometri digunakan bank data yang ada di Laboratorium, Ergonomi Prodi Teknik Industri. Untuk kuesioner dan pengamatan lapangan dilakukan pada beberapa perusahaan pengolahan kayu di Yogyakarta dan sekitarnya serta dari data sekunder yang didapat dari beberapa penelitian terdahulu. Penelitian ini dilakukan pada bulan September – November 2013.

BAB IV

ANALISIS OBJEK

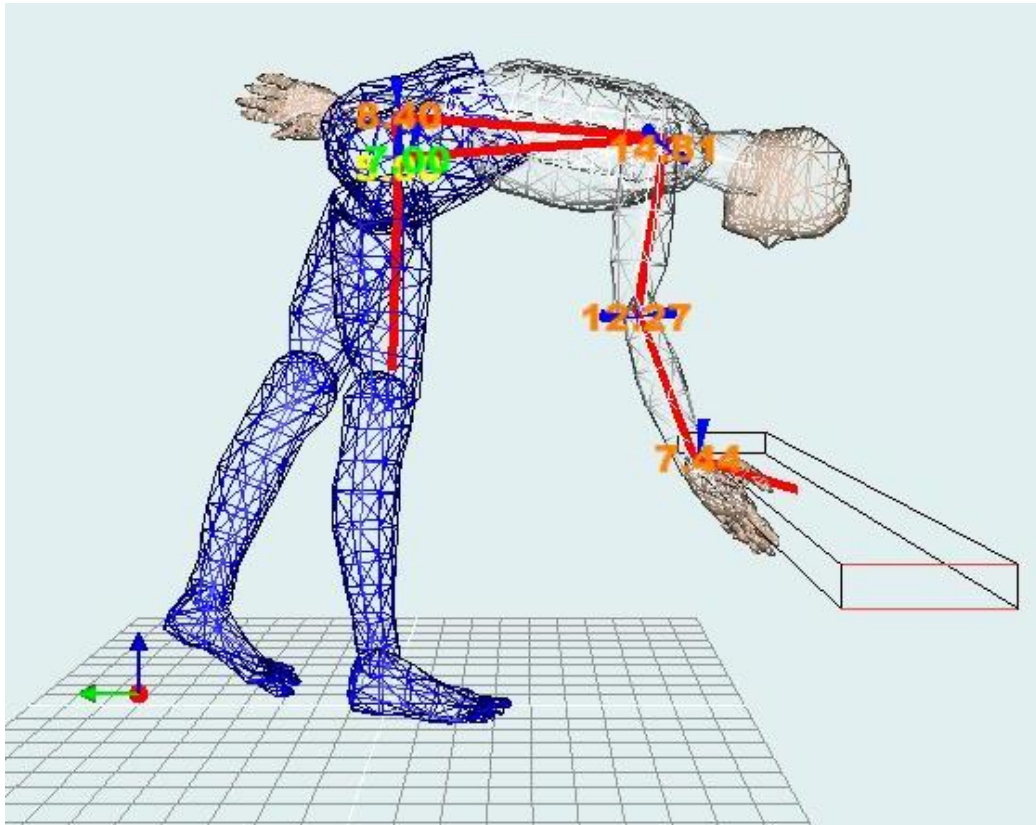
A. Pengumpulan Data

Perancangan produk membutuhkan data-data autentik untuk membantu merancang produk. Data tersebut didapat dari observasi secara langsung, wawancara dan media kuesioner. Observasi secara langsung dilakukan guna meninjau secara cermat keadaan yang ada di lokasi yang sering terjadi kecelakaan kerja. Wawancara merupakan proses dialog dengan pemangku jabatan di perusahaan untuk mendapatkan pemahaman terkait permasalahan yang ada. Media kuesioner juga dilakukan untuk mengetahui keinginan konsumen dalam hal ini operator kerja, dalam rangka meningkatkan kualitas kerja. Data-data tersebut dikumpulkan untuk menjadi bahan dalam penelitian. Adapun operator kerja pada Unit Pencucian Kayu bagian mesin *Single Rip Saw* yang dijadikan sampel sejumlah 30 orang (dari 700 orang populasi yang diteliti).

1. Posisi Awal Operator dan Kecelakaan Kerja

Menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja No. PER.05/MEN/1996 yaitu setiap perusahaan yang mempekerjakan tenaga kerja sebanyak seratus orang atau lebih dan atau mengandung potensi bahaya yang ditimbulkan oleh karakteristik proses atau bahan produksi yang dapat mengakibatkan kecelakaan kerja seperti peledakan, kebakaran, pencemaran dan penyakit akibat kerja wajib menerapkan Sistem Manajemen K3. Oleh sebab itu, butuh adanya perbaikan terkait kecelakaan kerja. Perilaku yang terjadi, posisi kerja operator tidak baik. Kemudian adanya kurang kesadaran akan penting kesehatan dan

keselamatan kerja. Berikut gambar posisi kerja dengan menggunakan *software Human Cad 1.01*:



Gambar 4.1 Posisi Operator

Dari gambar diketahui sudut dari pergelangan tangan ke pusat massa benda = $85,34^\circ$, sudut dari pergelangan tangan ke siku = $81,85^\circ$, sudut dari siku ke bahu = $9,46^\circ$, sudut dari bahu ke Lumbar 5/Sacrum 1 (L5/S1) = $13,06^\circ$, sudut inklinasi perut $4,77^\circ$, sudut inklinasi paha = $16,50^\circ$. Lalu, dari data sudut akan diolah melalui biomekanika dengan metode *maximum permissible limit*.

2. Data Keinginan Konsumen

Konsumen dalam hal ini operator, merupakan bagian dari perusahaan yang mempunyai peran penting dalam menghasilkan suatu produk.

Permasalahan di PT. Iga Abadi yaitu salah satunya terkait keluhan sakit operator dan seringnya terjadi kecelakaan kerja. Data keinginan konsumen menjadi alat untuk mendapatkan saran dan keinginan dari operator dalam rangka meningkatkan kesehatan dan keselamatan kerja. Dari data keinginan konsumen akan menjadi masukan pembuatan HOQ.

Pada pelaksanaannya, data keinginan konsumen dilakukan dengan media kuesioner dan wawancara. Penyebaran media kuesioner dilakukan dua tahap yaitu tahap pertama menyebarkan kuesioner terbuka (bebas menjawab) dan tahap kedua menyebarkan kuesioner tertutup (memilih salah satu). Tahap pertama dilaksanakan pada hari Jumat tanggal 21 Desember 2012 dengan menyebarkan kuesioner ke operator yang berjumlah 30 orang. Pertanyaan yang diajukan ke operator menyesuaikan dari dimensi kualitas menurut David Garvin gunanya untuk memberikan ruang pendapat seluas-luasnya bagi operator (daftar pertanyaan terdapat di lampiran). Hasil dari kuesioner tahap pertama yaitu :

Tabel 4.1 Hasil Kuesioner Tahap Pertama

No	Pernyataan
1.	Alat angkat kayu
2.	Alat meletakkan kayu
3.	Alat pengaman badan saat proses
4.	Alat dapat bergerak otomatis
5.	Ada pelindung diri
6.	Dapat menyesuaikan dengan posisi kerja
7.	Meringankan kerja operator
8.	Alat mempunyai rangka kokoh
9.	Mempercepat proses kerja

No	Pernyataan
10.	Gampang digunakan operator
11.	Tidak terjadi keluhan saat menggunakan
12.	Mudah perawatan

Kemudian dari hasil kuesioner tahap pertama, menjadi referensi selanjutnya untuk menyebarkan media kuesioner tahap kedua. Sedangkan hasil wawancara dengan pihak *supervisor* untuk dapat mengetahui pendapatnya. Hasil tersebut yaitu :

Tabel 4.2 Hasil Wawancara

No	Pernyataan
1.	Adanya alat bantu yang dapat mengurangi kecelakaan kerja
2.	Posisi kerja operator, kurangnya kesadaran akan pentingnya kesehatan dan keselamatan kerja dan perlunya alat bantu
3.	Alat bantu yang dapat meningkatkan keselamatan dan kesehatan kerja serta meningkatkan produktivitas kerja

3. Derajat Kepentingan dari Atribut Produk

Hasil media kuesioner tahap pertama menjadi atribut di kuesioner tahap kedua. Pelaksanaan penyebaran kuesioner tahap kedua dilaksanakan pada hari sabtu tanggal 22 Desember 2012 berjumlah 30 orang. Kuesioner tahap kedua menggunakan sistem tertutup yang telah disediakan jawabannya sehingga responden hanya tinggal memilih sesuai pilihan yang ada (Ginting, 2010). Skala yang digunakan adalah skala likert. Hasil dari kuesioner tahap kedua diuji dengan uji validitas dan reliabilitas. Adapun rekapitulasi pengisian kuesioner terdapat di lampiran.

4. Data Perhitungan Keinginan Perusahaan

Wawancara yang dilakukan dengan *supervisor* dalam rangka dengan pendapat terkait kecelakaan kerja. Kemudian, menyebarkan kuesioner untuk menentukan kinerja perancangan produk dan harapan terkait kondisi yang ada sekarang. Adapun data yang dibutuhkan sesuai dengan metode pengelolaan yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

a. Nilai Target.

Nilai target berguna untuk berasumsi dalam penelitian akan menjadi rujukan seberapa besar tujuan akan tercapai. Pembobotan nilai target ini ditentukan oleh pihak PT. Iga Abadii dengan menggunakan skala likert.

b. *Sales Point*

Titik jual yaitu kontribusi suatu kebutuhan konsumen terhadap daya jual produk. Didalam penentuan nilai *sales point* ini menggunakan penilaian sebagai berikut.

Tabel 4.3 Sales Point

Nilai	Keterangan
1	Tidak Terdapat Penjualan
1,2	Titik Penjualan Menengah
1,5	Titik Penjualan Tinggi

c. Kebutuhan teknis

Kebutuhann teknis merupakan terjemahan terhadap apa yang menjadi kebutuhan operator. Kebutuhan teknis inilah yang menjadi penyambung inspirasi antara perancangan produk dengan operator.

B. Pengujian Data

Menurut Priyatno (2010), uji validitas dan reliabilitas biasanya digunakan untuk menguji penelitian yang menggunakan kuesioner dalam pengambilan datanya. Uji validitas adalah pengujian yang dilakukan guna untuk mengetahui seberapa cermat suatu instrumen dalam mengukur apa yang ingin diukur, sedangkan uji reliabilitas yaitu untuk menguji konsistensi alat ukur, apakah hasilnya tetap konsisten jika pengukuran diulang. Item kuesioner yang tidak valid berarti tidak dapat mengukur apa yang ingin diukur sehingga hasil yang didapat tidak dapat dipercaya, sehingga item yang tidak valid harus dibuang atau diperbaiki. Sedangkan instrumen kuesioner yang tidak reliabel maka tidak dapat konsisten untuk pengukuran sehingga hasil pengukuran tidak dapat dipercaya. Berikut pengolahan data uji validitas dan reliabilitas.

1. Uji Validitas Data

Rekapitulasi media kuesioner tertutup diolah dengan metode uji validitas. Adapun uji validitas menggunakan metode *Corrected item total correlation* yaitu mengkorelasikan antar skor tiap item dengan skor total dengan melakukan koreksi terhadap nilai koefisien korelasi yang overestimasi. Hal ini dikarenakan agar tidak terjadi koefisien item total yang overestimasi (estimasi nilai yang lebih tinggi dari yang sebenarnya). Dalam hal perhitungan menggunakan *software* SPSS versi 17.

Hasil uji validitas sebagai berikut:

Tabel 4.4 Uji Validitas

No	Pernyataan	r hitung	Kesimpulan
1	Alat angkat kayu	0.616	Valid
2	Alat meletakkan kayu	0.640	Valid
3	Alat pengaman badan saat proses	0.371	Valid
4	alat dapat bergerak otomatis	0.657	Valid
5	ada pelindung diri	0.688	Valid
6	Dapat menyesuaikan dengan posisi kerja	0.739	Valid
7	Meringankan kerja operator	0.501	Valid
8	Alat mempunyai rangka kokoh	0.595	Valid
9	Mempercepat proses kerja	0.519	Valid
10	Gampang digunakan operator	0.704	Valid
11	Tidak terjadi keluhan saat menggunakan	0.762	Valid
12	Mudah perawatan	0.717	Valid

Menurut Azwar (1999) dalam buku Priyatno (2010) menjelaskan bahwa metode pengambilan keputusan pada uji validitas yaitu menggunakan r tabel dengan signifikasnsi 0,05 dan uji 2 sisi, atau menggunakan batasan 0,3. Untuk batasan r tabel maka dengan $n = 30$ maka didapat r tabel sebesar 0,361. Artinya jika nilai korelasi lebih dari batasan yang ditentukan maka item dianggap valid, sedang jika kurang dari batasan yang ditentukan maka item dianggap tidak valid.

Dari hasil *output* SPSS, semua hasil lebih dari batasan yaitu 0,361. Dengan demikian semua pernyataan data tersebut dikatakan valid dan dapat diproses lebih lanjut.

2. Uji Reliabilitas Data

Menurut Priyatno (2010), uji reliabilitas yaitu untuk menguji konsistensi alat ukur, apakah hasilnya tetap konsisten jika pengukuran

diulang. Instrumen kuesioner yang tidak reliabel maka tidak dapat konsisten untuk pengukuran sehingga hasil pengukuran tidak dapat dipercaya. Uji reliabilitas yang banyak digunakan pada penelitian yaitu menggunakan metode *cronbach alpha*.

Tabel 4.5 Uji Reliabilitas

No	Atribut	Cronbach's Alpha	Kesimpulan
1	Performansi	0.715	Reliabel
2	Features	0.769	Reliabel
3	Keandalan	0.717	Reliabel
4	Kemampuan Pelayanan	0.850	Reliabel

Tabel 4.6 Uji Reliabilitas Tingkat Kepentingan

No	Pernyataan	Cronbach's Alpha	Kesimpulan
1.	Alat angkat kayu	0.715	Reliabel
2.	Alat meletakkan kayu	0.715	Reliabel
3.	Alat pengaman badan saat proses	0.715	Reliabel
4.	alat dapat bergerak otomatis	0.769	Reliabel
5.	ada pelindung diri	0.769	Reliabel
6.	Dapat menyesuaikan dengan posisi kerja	0.769	Reliabel
7.	Meringankan kerja operator	0.717	Reliabel
8.	Alat mempunyai rangka kokoh	0.717	Reliabel
9.	Mempercepat proses kerja	0.717	Reliabel
10.	Gampang digunakan operator	0.850	Reliabel
11.	Tidak terjadi keluhan saat menggunakan	0.850	Reliabel
12.	Mudah perawatan	0.850	Reliabel

Menurut Sekaran (1992) dalam buku Priyatno (2010) menjelaskan bahwa reliabilitas kurang dari 0,6 adalah kurang baik, sedangkan 0,7 dapat diterima dan di atas 0,8 adalah baik.

Dari data hasil *output* SPSS terdapat nilai untuk performansi adalah 0,715, nilai untuk *features* adalah 0,769, nilai untuk keandalan adalah 0,717 dan nilai untuk kemampuan pelayanan adalah 0,850. Sehingga ada tiga dimensi mempunyai nilai 0,7 (0,715, 0,769 dan 0,717) dikatakan diterima. Sedangkan ada 1 dimensi mempunyai nilai 0,8 (0,850) dikatakan baik.

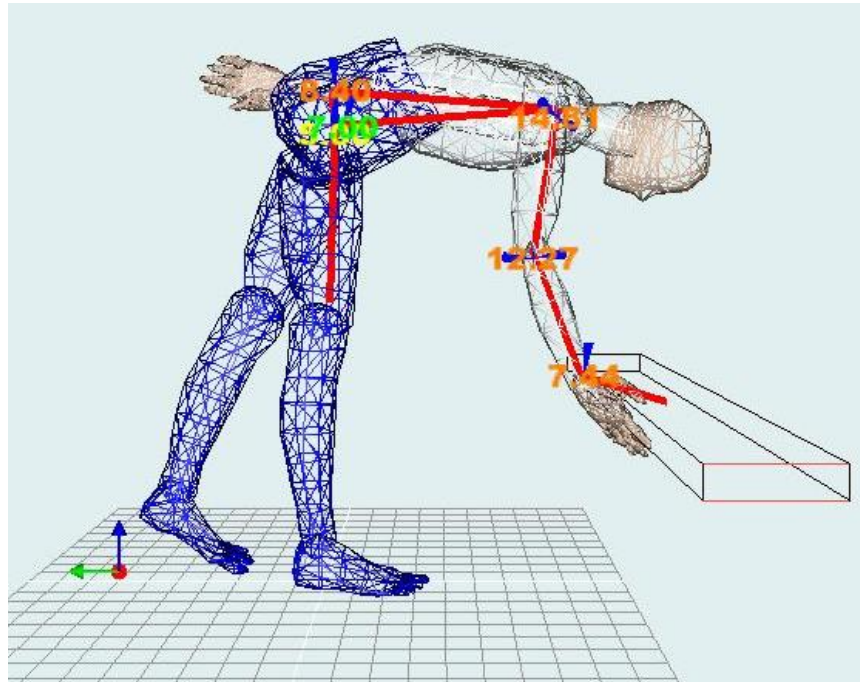
C. Pengelolaan Data

Pengelolaan data dilakukan menghitung dengan metode biomekanika menghasilkan sudut-sudut awalan operator. Hasil tersebut membuktikan bahwa operator merasa sering kelelahan, dikarenakan sudut yang dihasilkan termasuk dalam kategori hati-hati. Kemudian, dilanjutkan dengan metode QFD level I dan II yang menghasilkan kebutuhan komponen. Menurut Hurst (1999), dua proses utama dalam QFD adalah penempatan kualitas produk, yang menerjemahkan keinginan konsumen kedalam spesifikasi teknis dan penempatan kualitas fungsi, mendefinisikan keseluruhan proses pabrikasi. Ini merupakan metode yang digunakan untuk mengontrol seluruh proses desain dan pabrikasi. Berikut pengelolaan data QFD level 1 dan level 2. Lalu, dilanjutkan dengan menghitung sudut-sudut operator saat menggunakan alat bantu kerja.

1. Pengelolaan Data dengan Biomekanika awalan

Posisi awal ini didapat dari posisi operator. Kemudian, dari posisi tersebut diterjemahkan ke dalam *software HumanCad versi 1.01* untuk mendapatkan sudut-sudut yang dibutuhkan dalam proses perhitungan

biomekanika. Gambar berikut dibuat dengan menggunakan *software HumanCad versi 1.01*.



Gambar 4.2 Posisi Kerja Operator Awal

Hasil dari Gambar diatas yaitu sudut dari pergelangan tangan ke pusat massa benda = 5.34° , sudut dari pergelangan tangan ke siku = 1.85° , sudut dari siku ke bahu = 9.46° , sudut bahu ke Lumbar 5/Sacrum 1 (L5/S1) = 13.06° , sudut inklinasi perut = 4.77° dan sudut inklinasi paha = 16.50° . Berikut Tabel untuk Data ukuran operator di PT. Iga Abadi Unit Pencucian Kayu Bagian Mesin *Single Rip Saw*, sebagai berikut:

Tabel 4.7 Data Ukuran Operator

No	Nama	Tinggi Badan	Berat Badan	Jarak $\Theta 1$	Jarak $\Theta 2$	Jarak $\Theta 3$	Jarak $\Theta 4$
1	Muallim	157	56	0.07	0.24	0.29	0.36
2	Udin	169	55	0.09	0.27	0.3	0.48
3	Yono	160	58	0.08	0.25	0.29	0.39
4	Mustakim	159	59	0.08	0.25	0.29	0.38

No	Nama	Tinggi Badan	Berat Badan	Jarak $\Theta 1$	Jarak $\Theta 2$	Jarak $\Theta 3$	Jarak $\Theta 4$
5	Joni	157	52	0.07	0.24	0.29	0.36
6	Riono	161	58	0.08	0.25	0.29	0.4
7	Sugeng A	156	53	0.07	0.24	0.29	0.35
8	Heru B	156	60	0.07	0.24	0.29	0.35
9	Iwan	158	51	0.08	0.24	0.29	0.37
10	Nanang I	166	50	0.08	0.26	0.3	0.45
11	Muslim	170	57	0.09	0.27	0.3	0.49
12	Eko	160	57	0.08	0.25	0.29	0.39
13	Mahmudi	168	50	0.09	0.27	0.3	0.47
14	Hidayat	157	52	0.07	0.24	0.29	0.36
15	Heru A	169	58	0.09	0.27	0.3	0.48
16	Taslimin	162	55	0.08	0.25	0.29	0.41
17	Rizal	168	56	0.09	0.27	0.3	0.47
18	Sugeng B	167	50	0.08	0.27	0.3	0.46
19	Wiwik	170	59	0.09	0.27	0.3	0.49
20	Mahmut	166	51	0.08	0.26	0.3	0.45
21	Agus	168	50	0.09	0.27	0.3	0.47
22	Anas Tasius	156	51	0.07	0.24	0.29	0.35
23	Saiful	155	60	0.07	0.24	0.29	0.34
24	Kasmiati	167	56	0.08	0.26	0.3	0.67
25	Samursi	165	60	0.08	0.26	0.3	0.44
26	Sampun	157	52	0.07	0.24	0.29	0.36
27	Sumarto	169	50	0.09	0.27	0.3	0.48
28	Tosim	163	58	0.08	0.26	0.29	0.42
29	Suparman	166	55	0.08	0.26	0.3	0.45
30	Saiman	164	58	0.08	0.26	0.29	0.43
	Jumlah	4886	1647	2.4	7.66	8.84	12.77
	Jumlah rata-rata	162.87	54.90	0.08	0.26	0.29	0.43

Keterangan :

1. Jarak $\Theta 1$ = Jarak pergelangan tangan ke pusat massa benda
2. Jarak $\Theta 2$ = Jarak pergelangan tangan ke siku
3. Jarak $\Theta 3$ = Jarak siku ke bahu
4. Jarak $\Theta 4$ = Jarak bahu ke L5/S1

Adapun operator melakukan kegiatan mengambil kayu yang berada pada ketinggian 20cm di atas lantai dan mengangkat ke mesin dengan ketinggian 80cm di atas lantai. Berat kayu 10 kg. Jumlah rata-rata berat operator 54.90 kg.

Penyelesaian :

Ketinggian benda = 20cm

Ketinggian mesin = 80cm

$W_{benda}/W_O = 10\text{kg} = 100\text{N}$

$W_{berat\ operator}/W_{bda} = \sum W_{bda} = 54.90\text{kg} = 549\text{N}$

Sudut dari pergelangan tangan ke pusat massa benda/ $\Theta = 7.44^\circ$

Jarak rata-rata operator dari pergelangan tangan ke pusat massa benda/ $SL_1 = 0.08\text{m}$

Sudut dari pergelangan tangan ke siku/ $\Theta = 12.27^\circ$

Jarak rata-rata operator dari pergelangan tangan ke siku/ $SL_2 = 0.26\text{m}$

Sudut dari siku ke bahu/ $\Theta = 14.48^\circ$

Jarak rata-rata operator sudut dari siku ke bahu/ $SL_3 = 0.29\text{m}$

Sudut dari bahu ke Lumbar 5/Sacrum 1 (L5/S1) / $\Theta = 8.44^\circ$

Jarak rata-rata operator bahu ke Lumbar 5/Sacrum 1 (L5/S1) / $SL_4 = 0.43\text{m}$

Sudut inklinasi perut/ $\Theta = 7.00^\circ$

Sudut inklinasi paha/ $\Theta = 5.00^\circ$

$W_H = 0,6 \% \times W_{badan} = 0,6 \% \times 549 = 3,294\text{N}$

$W_{LA} = 1,7 \% \times W_{badan} = 1,7 \% \times 549 = 9,333\text{N}$

$W_{UA} = 2,8 \% \times W_{badan} = 2,8 \% \times 549 = 15,372\text{N}$

$$W_T = 50 \% \times W_{\text{badan}} = 50 \% \times 549 = 274,5N$$

$$\lambda_2 = 43\% = 0.43$$

$$\lambda_3 = 43.6\% = 0.436$$

$$\lambda_4 = 67\% = 0.67$$

$$D = 0.11m$$

$$E = 0.05m$$

$$AA = 465\text{cm}^2$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} W_{\text{TOT}} &= W_0 + 2W_H + 2W_{\text{LA}} + 2W_{\text{UA}} + W_T \\ &= 100 + (2 \times 3,294) + (2 \times 9,333) + (2 \times 15,372) + 274,5 \\ &= 430,498N \end{aligned}$$

a. Telapak Tangan

$$F_{yw} = \frac{W_0}{2} + W_H = \frac{100}{2} + 3,249 = 53,294N$$

$$\begin{aligned} M_w &= \left(\frac{W_0}{2} + W_H \right) \times SL_1 \times \text{Cos } \Theta_1 \\ &= \left(\frac{100}{2} + 3,249 \right) \times 0.08 \times 0.9915810044 \\ &= 4,227625444Nm \end{aligned}$$

b. Segmen Lengan Bawah

$$F_{ye} = F_{yw} + W_{\text{LA}} = 53,294 + 9,333 = 62,627N$$

$$\begin{aligned} M_e &= M_w + (W_{\text{LA}} \times \lambda_2 \times SL_2 \times \text{Cos } \Theta_2) + (F_{yw} \times SL_2 \times \text{Cos } \Theta_2) \\ &= 4,227625444 + 1,019594324 + 13,5399171 \\ &= 18,78713687Nm \end{aligned}$$

c. Segmen Lengan Atas

$$F_{ys} = F_{ye} + W_{UA} = 62,627 + 15,371 = 77,999\text{N}$$

$$\begin{aligned} M_s &= M_e + (W_{UA} \times \lambda_3 \times SL_3 \times \cos \Theta_3) + (F_{ye} \times SL_3 \times \cos \Theta_3) \\ &= 18,78713687 + 1,8790657513 + 17,5584720352 \\ &= 38,2246746589\text{Nm} \end{aligned}$$

d. Segmen Punggung

$$F_{yt} = 2F_{ys} + W_T = (2 \times 77,999) + 274,5 = 430,498\text{N}$$

$$\begin{aligned} M_t &= 2M_s + (W_T \times \lambda_4 \times SL_4 \times \cos \Theta_4) + (2F_{ys} \times SL_4 \times \cos \Theta_4) \\ &= 76,44934932 + 78,23506908 + 66,35953732 \\ &= 221,0439557\text{Nm} \end{aligned}$$

$$M_t = M(L5/S1) = 221,0439557\text{Nm}$$

- Kemudian perhitungan Gaya perut (PA) dan Tekanan perut (FA)

$$\begin{aligned} PA &= \frac{10x^{-4} [43 - 0,36 (\Theta_H + \Theta_T)]}{75} \left[M \left(\frac{L5}{S1} \right) \right]^{1,8} \\ &= 0,856025617\text{N/Cm}^2 \end{aligned}$$

$$FA = PA \times AA$$

$$= 0,856025617 \times 465 = 398,0519117\text{N}$$

- Kemudian Gaya Otot pada spinal Erector

$$F_M \times E = M_{(L5/S1)} - FA \times D$$

$$F_M = \frac{M_{(L5/S1)} - FA \times D}{E}$$

$$F_M = \frac{221,0439557 - 398,0519117 \times 0,11}{0,05}$$

$$= 3545,165N$$

- Gaya Tekan/Kompresi pada L5/S1

$$F_C = W_{TOT} \times \cos \Theta_4 - F_A + F_M$$

$$= 430,498 \times 0,9892723330 - 398,0519117 + 3545,165$$

$$= 3572,993N$$

Hasil berikut adalah 3572.993N. Dari penjelasan metode MPL dijelaskan bahwa apabila $F_c > AL/F_c > 3500N$, harus ada tindak lanjut. Sehingga, 3572.993N lebih besar dari 3500N dapat dikategorikan perlu hati-hati. Dalam hal ini berat yang dibawa operator yaitu 10Kg. Akan tetapi, jika pekerjaan ini sering terjadi dan berlangsung lama akan berakibat fatal terhadap kesehatan operator. Oleh sebab itu, butuh posisi kerja yang lebih baik. Selanjutnya, akan dilakukan pengelolaan data QFD level 1 menerjemahkan keinginan konsumen kedalam spesifikasi teknis.

2. Pengelolaan Data QFD Level I

- a. Derajat kepentingan atribut menurut konsumen

Derajat kepentingan atribut digunakan untuk mengidentifikasi kebutuhan pemakai produk agar dapat menyatakan posisi tingkat kepentingan atribut. Pemberian pembobotan dengan skala likert dimulai dari angka 5 yang menyatakan atribut sangat penting sampai dengan angka 1 yang menyatakan atribut sangat tidak penting.

Rekapitulasi perhitungan dari media kuesioner tertutup dari masing-masing atribut dihitung dengan mencari nilai rata-rata. Kemudian, terdapat nilai rata-rata dari masing-masing atribut dikatakan sebagai nilai tingkat kepentingan atribut produk. Berikut hasil perhitungan:

Tabel 4.8 *Tingkat Kepentingan Menurut Pengguna*

Performansi		tingkat kepentingan
1.	Alat angkat kayu	4
2.	Alat meletakkan kayu	5
3.	Alat pengaman badan saat proses	5
<i>Features</i>		
1.	alat dapat bergerak otomatis	4
2.	ada pelindung diri	5
3.	Dapat menyesuaikan dengan posisi kerja	5
Keandalan		
1.	Meringankan kerja operator	5
2.	Alat mempunyai rangka kokoh	4
3.	Mempercepat proses kerja	5
Kemampuan Pelayanan		
1.	Gampang digunakan operator	5
2.	Tidak terjadi keluhan saat menggunakan	5
3.	Mudah perawatan	5

b. Nilai rata-rata tingkat kepentingan (*Importance*)

Nilai rata-rata tingkat kepentingan merupakan gambaran dari kuesioner yang dibagikan bahwa menurut responden kepentingan tiap

atribut dibandingkan dengan yang lain. Untuk menentukan rata-rata tingkat kepentingan adalah dengan rumusan dibawah ini:

$$x = \frac{\sum_{i=1}^n DK_i}{n}$$

DK_i = derajat kepentingan ke i

n = jumlah responden

Contoh perhitungan:

$$x = \frac{124}{30}$$

$$x = 4,1$$

Berdasarkan rumus diatas maka derajat kepentingan tiap atribut sebagai berikut :

Tabel 4.9 Rata-Rata Tingkat Kepentingan

Performansi		Rata-Rata Tingkat Kepentingan
1.	Alat angkat kayu	4.1
2.	Alat meletakkan kayu	4.2
3.	Alat pengaman badan saat proses	4.3
<i>Features</i>		
1.	alat dapat bergerak otomatis	4.3
2.	ada pelindung diri	4.6
3.	Dapat menyesuaikan dengan posisi kerja	4.6
<i>Keandalan</i>		
1.	Meringankan kerja operator	4.3
2.	Alat mempunyai rangka kokoh	4
3.	Mempercepat proses kerja	4.4

Kemampuan Pelayanan		
1.	Gampang digunakan operator	4.5
2.	Tidak terjadi keluhan saat menggunakan	4.4
3.	Mudah perawatan	4.2

c. Nilai Target

Nilai target merupakan menjadi rujukan terkait penelitian seberapa besar tujuan akan tercapai. Pemberian nilai pada masing-masing item ditentukan oleh pihak perusahaan PT. Iga Abadi, dalam hal ini yang diberi kepercayaan yaitu *supervisor* dan manajer personalia. Rekapitulasi nilai target, sebagai berikut:

Tabel 4.10 Nilai Target

Performansi		Nilai Target
1.	Alat angkat kayu	5
2.	Alat meletakkan kayu	4
3.	Alat pengaman badan saat proses	5
<i>Features</i>		
1.	alat dapat bergerak otomatis	5
2.	ada pelindung diri	5
3.	Dapat menyesuaikan dengan posisi kerja	4
Keandalan		
1.	Meringankan kerja operator	5
2.	Alat mempunyai rangka kokoh	4
3.	Mempercepat proses kerja	5

Kemampuan Pelayanan		
1.	Gampang digunakan operator	5
2.	Tidak terjadi keluhan saat menggunakan	5
3.	Mudah perawatan	5

d. Nilai *Sales Point*

Sales point dapat memberi gambaran mengenai daya jual produk berdasarkan pada seberapa jauh kebutuhan konsumen dapat terpenuhi. Sama halnya dengan nilai target, nilai *sales point* ditentukan oleh pihak perusahaan P.T. Iga Abadi, Penilaian dikerjakan oleh supervisor dan manajer personalia.

Tabel 4.11 Nilai *Sales Point*

Performansi		Nilai <i>Sales Point</i>
1.	Alat angkat kayu	1.5
2.	Alat meletakkan kayu	1.2
3.	Alat pengaman badan saat proses	1.5
<i>Features</i>		
1.	alat dapat bergerak otomatis	1.5
2.	ada pelindung diri	1.5
3.	Dapat menyesuaikan dengan posisi kerja	1
Keandalan		
1.	Meringankan kerja operator	1.5
2.	Alat mempunyai rangka kokoh	1.2
3.	Mempercepat proses kerja	1.5

Kemampuan Pelayanan		
1.	Gampang digunakan operator	1.5
2.	Tidak terjadi keluhan saat menggunakan	1.5
3.	Mudah perawatan	1.5

Sebagai contoh pada atribut performansi nomer 1 yaitu alat angkut kayu mempunyai nilai rata-rata tingkat kepentingan 1,5 dapat dikatakan bahwa produk tersebut mempunyai titik penjualan tinggi.

e. *Scale Up Factor (Improvement Ratio)*

Scale Up Factor atau Improvement ratio yaitu perbandingan antara nilai target yang akan dicapai pihak perusahaan dengan tingkat kepuasan konsumen terhadap suatu produk. Untuk menghitung rasio perbaikan digunakan rumus :

$$\text{Scale Up Factor} = \frac{\text{Goal}}{\text{Our Product performance}} = \frac{5}{4,1} = 1.22$$

Tabel 4.12 Nilai *Scale Up Factor*

Performansi		nilai <i>scale up factor</i>
1.	Alat angkat kayu	1.22
2.	Alat meletakkan kayu	0.95
3.	Alat pengaman badan saat proses	1.16
<i>Features</i>		
1.	alat dapat bergerak otomatis	1.16
2.	ada pelindung diri	1.09
3.	Dapat menyesuaikan dengan posisi kerja	0.87

Keandalan		
1.	Meringankan kerja operator	1.16
2.	Alat mempunyai rangka kokoh	1.00
3.	Mempercepat proses kerja	1.14
Kemampuan Pelayanan		
1.	Gampang digunakan operator	1.11
2.	Tidak terjadi keluhan saat menggunakan	1.14
3.	Mudah perawatan	1.19

f. *Raw Weight*

Raw Weight merupakan nilai keseluruhan dari data-data yang dimasukkan dalam *Planning matrix* tiap kebutuhan konsumen/operator untuk proses perbaikan selanjutnya dalam pengembangan produk. Perhitungan menggunakan rumus :

$$\text{Raw Weight} = (\text{Importance to Customer}).(\text{Improvement Ratio}).(\text{Sales Point})$$

Tabel 4.13 Nilai *Raw Weight*

Performansi		Nilai <i>Raw Weight</i>
1.	Alat angkat kayu	7.32
2.	Alat meletakkan kayu	5.71
3.	Alat pengaman badan saat proses	8.72
<i>Features</i>		
1.	alat dapat bergerak otomatis	6.98
2.	ada pelindung diri	8.15
3.	Dapat menyesuaikan dengan posisi kerja	4.35

Keandalan		
1.	Meringankan kerja operator	8.72
2.	Alat mempunyai rangka kokoh	4.80
3.	Mempercepat proses kerja	8.52
Kemampuan Pelayanan		
1.	Gampang digunakan operator	8.33
2.	Tidak terjadi keluhan saat menggunakan	8.52
3.	Mudah perawatan	8.93

g. Normalisasi Bobot Baris

Normalisasi bobot baris digunakan dalam rangka normalisasi bobot di masing-masing baris yang mempunyai nilai akhir yaitu 1. Nilai dari Raw Weight yang dibuat dalam skala antara 0 – 1 atau dibuat dalam bentuk persentase. Dihitung dengan rumusan sebagai berikut :

$$\text{normalized raw weight} = \frac{\text{raw weight}}{\sum \text{raw weight}} = \frac{7,32}{89,06} = 0,08$$

Adapun hasil perhitungan adalah sebagai berikut :

Tabel 4.14 Nilai Normalisasi Bobot

Performansi		Nilai Normalisasi Bobot
1.	Alat angkat kayu	0.08
2.	Alat meletakkan kayu	0.06
3.	Alat pengaman badan saat proses	0.10
<i>Features</i>		
1.	alat dapat bergerak otomatis	0.08
2.	ada pelindung diri	0.09

3.	Dapat menyesuaikan dengan posisi kerja	0.05
Keandalan		
1.	Meringankan kerja operator	0.10
2.	Alat mempunyai rangka kokoh	0.05
3.	Mempercepat proses kerja	0.10
Kemampuan Pelayanan		
1.	Gampang digunakan operator	0.09
2.	Tidak terjadi keluhan saat menggunakan	0.10
3.	Mudah perawatan	0.10

h. Menentukan Karakteristik Teknik

Karakteristik teknik merupakan hasil penerjemahan dari data keinginan konsumen. Karakteristik teknik digunakan untuk menjadi bagian atribut di HOQ. Data keinginan konsumen tersebut kemudian diterjemahkan ke dalam bahasa teknik.

Dalam penentuan karakteristik teknik melibatkan unsur pihak perusahaan. Agar, hasil yang dicapai dari atribut karakteristik dapat diterima oleh pihak perusahaan. Metode yang digunakan diawali dengan brainstorming terlebih dahulu, kemudian dilakukan wawancara dan koordinasi lebih intens terkait hasil yang lebih baik. Pihak perusahaan tetap menginstruksikan kepada *supervisor* UPK dan manajer personalia. Adapun hasil penentuan karakteristik teknik sebagai berikut:

Tabel 4.15 Hasil Penentuan Karakteristik Teknik

No.	Pernyataan	Kebutuhan Teknis
1	Alat angkat kayu	Terdapat alat yang mampu mengangkat kayu, meletakkan kayu dan mengamankan badan saat proses (unit)
2	Alat meletakkan kayu	
3	Alat pengaman badan saat proses	
4	alat dapat bergerak otomatis	Operator cukup menekan tombol agar alat dapat bergerak (subj)
5	ada pelindung diri	Dapat menjaga keselamatan dan kesehatan kerja operator (subj)
6	Dapat menyesuaikan dengan posisi kerja	Alat tersebut bergerak dengan menyesuaikan posisi kerja (subj)
7	Meringankan kerja operator	Operator melakukan kerja sesuai dengan biomekanika (subj)
8	Alat mempunyai rangka kokoh	Alat tersebut mempunyai rangka dengan bahan kuat (kg)
9	Mempercepat proses kerja	Operator tidak melakukan banyak gerakan (subj)
10	Gampang digunakan operator	Operator menggunakan alat tersebut dengan mudah (subj)
11	Tidak terjadi keluhan saat menggunakan	Alat tersebut tidak menimbulkan efek sakit pada tubuh (subj)
12	Mudah perawatan	Mudah untuk dibersihkan dan menggunakan sumber energi listrik (subj)

i. Interaksi Antara Kebutuhan Pengguna dengan Karakteristik Teknik

Pada tahap ini merupakan bagian yang menghubungkan antara kebutuhan pengguna dengan karakteristik teknik. Sehingga, kita dapat melakukan usaha merancang produk yang lebih prioritas. Pada setiap kebutuhan konsumen akan berhubungan erat dengan kebutuhan teknis yang merupakan interpretasinya. Adapun tipe hubungan adalah sebagai berikut, Sweet (2010):

⊙ = tingkat hubungan kuat dengan nilai bobot 9

O = tingkat hubungan sedang dengan nilai bobot 3

Δ = tingkat kepentingan rendah dengan nilai bobot 1

j. Nilai Matrik Interaksi Kebutuhan Pengguna dengan Karakteristik Teknik

Nilai matrik pada interaksi kebutuhan pengguna dengan karakteristik merupakan hasil perpaduan dan keinginan yang menjadi prioritas utama. Hasil nilai yang dicapai akan pula dijadikan referensi untuk HOQ level II. Perhitungan nilai matrik yaitu nilai interaksi dikalikan dengan nilai bobot dan hasilnya berupa lambang. Adapun hasilnya yaitu:

Customer Attributes		Critical to Satisfaction										
		unit	unit	unit	subj	subj	subj	subj	kg	subj	subj	
Alat angkat kayu	4	0.08	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	
Alat meletakkan kayu	5	0.06		⊙		⊙						
Alat pengaman badan saat proses	5	0.10										
alat dapat bergerak otomatis	4	0.08	⊙		⊙							
ada pelindung diri	5	0.09		⊙								
Dapat menyesuaikan dengan posisi kerja	5	0.05	⊙	⊙		⊙						
Meringankan kerja operator	5	0.10	⊙			⊙		⊙	⊙			
Alat mempunyai rangka kokoh	4	0.05										
Mempercepat proses kerja	5	0.10	⊙						⊙			
Gampang digunakan operator	5	0.09	⊙						⊙			
Tidak terjadi keluhan saat menggunakan	5	0.10	⊙	⊙		⊙		⊙	⊙	⊙		
Mudah perawatan	5	0.10					⊙		⊙			
Total Normalisasi Bobot		1.00										
Prosentase	Tot. Ajabar	2.64	0.24	2.16	0.48	1.47	0.38	0.40	1.01	0.30	0.24	
	Tot. Absolut	2.64	2.88	5.04	5.52	6.99	7.37	7.77	8.78	9.08	9.32	
	Prosentase	0.28	0.03	0.23	0.05	0.16	0.04	0.04	0.11	0.03	0.03	

Gambar 4.3 hasil HOQ level I

k. Normalisasi bobot karakteristik teknik

Nilai bobot dari semua atribut karakteristik teknik yang sudah dihitung, kemudian dilakukan normalisasi bobot pada setiap atribut karakteristik teknik. Hasil dari normalisasi bobot, digunakan untuk memudahkan dalam menentukan prioritas keinginan pengguna. Rumus perhitungan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$KT_i = \sum BT_i \times H_i$$

Keterangan :

KT_i = nilai atribut karakteristik teknik untuk masing-masing atribut.

BT_i = kepentingan relatif (normalisasi bobot) atribut.

Hi = nilai hubungan antara kebutuhan pengguna dengan karakteristik teknis.

Adapun contoh perhitungan adalah sebagai berikut:

$$KT_i = \sum(0.08 \times 9) + (0.05 \times 3) + (0.1 \times 9) + (0.1 \times 3) + (0.09 \times 3) + (0.1 \times 3)$$

$$KT_i = 0.72 + 0.15 + 0.9 + 0.3 + 0.27 + 0.3 = 2.64$$

Untuk perhitungan tingkat prioritas dari karakteristik teknik diperoleh dari hasil pembagian antar masing-masing nilai karakteristik teknik *absolute*. Jumlah total nilai karakteristik teknik *absolute* yang dikalikan dikalikan 100%. Sebagai contoh perhitungan adalah sebagai berikut:

$$\text{prioritas pengembangan} = \frac{2.64}{9.32} \times 100 \%$$

$$\text{prioritas pengembangan} = 28 \%$$

1. Hubungan antara karakteristik teknik

Hubungan antar karakteristik teknik digunakan untuk mengetahui, pengaruh antar karakteristik teknik. Hubungan antar karakteristik teknik antara lain, Sweet (2010):

- 1) Hubungan positif kuat [☉] yaitu apabila dua atribut tersebut masing-masing saling mendukung.

- 2) Hubungan positif [○] yaitu apabila dua masing-masing saling mendukung dalam pelaksanaannya dan sifat hubungan sedang.
- 3) Hubungan Negatif [×] yaitu bila dua atribut masing-masing tidak saling mendukung hubungan dalam pelaksanaannya dan sifat hubungan dapat ditolerir.
- 4) Hubungan Negatif Kuat [✱] yaitu bila dua atribut masing-masing tidak saling mendukung dalam pelaksanaannya dan sifat hubungan tidak baik.

m. Matriks HOQ (*House of Quality*) *customer requirements to technical requirements.*

Matriks HOQ menerangkan tentang kebutuhan pengguna dan langkah-langkah dalam memenuhi kebutuhan tsb. Matrik HOQ merupakan pengelolaan data yang dilakukan sebelumnya. Matrik HOQ level I ini belum bisa menjelaskan secara sempurna akan kebutuhan apa saja yang diperlukan untuk pengembangan produk.

Maka, untuk dapat digunakan dalam pengembangan produk ini dilakukan tahap berikutnya sehingga *output* dari HOQ level I ini nantinya akan menjadi in-put pada HOQ level II dan nilai kebutuhan teknis akan menjadi normalisais bobot bagi matrik HOQ selanjutnya.

Hasil dari HOQ level I yaitu adanya atribut kebutuhan teknis yang merupakan hasil dari menerjemahkan keinginan konsumen dan prioritas-prioritas dalam perancangan produk. Untuk gambaran matrik

HOQ level I dapat dilihat pada lampiran. Selanjutnya, perhitungan data QFD Level II untuk mendapatkan kebutuhan komponen.

3. Pengelolaan Data QFD Level 2

Pada pengelolaan data level 2 mendefinisikan keseluruhan proses pabrikan.

a. Normalisasi Nilai Bobot HOQ Level II

Nilai normalisasi bobot kebutuhan teknik untuk HOQ level II berasal dari nilai prosentase pada HOQ level I. Normalisasi bobot dihitung dengan persamaan sebagai berikut

$$\text{normalisasi bobot} = \frac{\text{nilai bobot}}{\text{total nilai bobot}}$$

$$\text{normalisasi bobot} = \frac{2.64}{9.32} = 0.28$$

Hasil perhitungan nilai bobot adalah sebagai berikut :

Tabel 4.16 Normalisasi Bobot HOQ level II

Kebutuhan Teknik	Nilai Bobot	Normalisasi Bobot
Terdapat alat yang mampu mengangkat kayu, meletakkan kayu dan mengamankan badan saat proses (unit)	2.64	0.28
Dapat menjaga keselamatan dan kesehatan kerja operator (subj)	2.16	0.23
Operator melakukan kerja sesuai dengan biomekanika (subj)	1.47	0.16
Operator menggunakan alat tersebut dengan mudah (subj)	1.01	0.11
Alat tersebut bergerak dengan menyesuaikan posisi kerja (subj)	0.48	0.05
Operator tidak melakukan banyak gerakan (subj)	0.40	0.04
Alat tersebut mempunyai rangka dengan	0.38	0.04

Kebutuhan Teknik	Nilai Bobot	Normalisasi Bobot
bahan kuat (kg)		
Alat tersebut tidak mempunyai sudut tajam (subj)	0.30	0.03
Operator cukup menekan tombol agar alat dapat bergerak (subj)	0.24	0.03
Mudah untuk dibersihkan dan menggunakan sumber energi listrik (subj)	0.24	0.03

b. Karakteristik komponen

Atribut karakteristik komponen merupakan gambaran yang dibuat berdasarkan atas kesepakatan bersama antara peneliti dengan pihak perusahaan yang diwakili oleh *supervisor* UPK dan manajer personalia. Hasilnya adalah sebuah rancangan produk yang sesuai dengan kondisi saat sekarang. Kegiatan ini berguna untuk mengatasi kebutuhan teknis dari kebutuhan konsumen yang ada di HOQ level I. Atribut karakteristik komponen merupakan bagian dari perancangan lebih lanjut terkait konsep produk, berikut hasilnya :

Tabel 4.17 Kebutuhan Karakteristik Komponen

No	Kebutuhan Teknik	Karakteristik Komponen
1	Terdapat alat yang mampu mengangkat kayu, meletakkan kayu dan mengamankan badan saat proses	Terdapat alat 10 unit
2	Dapat menjaga keselamatan dan kesehatan kerja operator	Alat terdapat tombol menyesuaikan posisi operator saat berdiri
3	Operator melakukan kerja sesuai dengan biomekanika	Alat bebas polusi udara, polusi suara dan getaran

No	Kebutuhan Teknik	Karakteristik Komponen
		serta alat telah menyesuaikan posisi terbaik menurut biomekanika
4	Operator menggunakan alat tersebut dengan mudah	Alat dapat naik perlahan-lahan berefek operator cukup berdiri tegak dan alat dapat turun cepat saat kayu selesai dipindah
5	Alat tersebut bergerak dengan menyesuaikan posisi kerja	Operator melakukan sudut perbaikan biomekanika
6	Operator tidak melakukan banyak gerakan	Rangka terbuat dari plat bending tebal 4mm
7	Alat tersebut mempunyai rangka dengan bahan kuat	Operator cukup memindahkan kayu dari produk ke mesin tanpa bungkuk
8	Alat tersebut tidak mempunyai sudut tajam	Cukup menekan tombol pada saat bekerja
9	Operator cukup menekan tombol agar alat dapat bergerak	Alat tidak mempunyai sudut tajam
10	Mudah untuk dibersihkan dan menggunakan sumber energi listrik	Alat menggunakan dinamo motor 1 HP dan bentuk alat lebih sederhana

c. Hubungan antara karakteristik teknik dengan karakteristik komponen

Pada tahap ini merupakan bagian yang menghubungkan antara kebutuhan pengguna dengan karakteristik teknik. Sehingga, kita dapat melakukan usaha merancang produk yang lebih prioritas. Pada setiap kebutuhan konsumen akan berhubungan erat dengan kebutuhan teknis

yang merupakan interpretasinya. Adapun tipe hubungan adalah sebagai berikut, Sweet (2010):

⊙ = tingkat hubungan kuat dengan nilai bobot 9

O = tingkat hubungan sedang dengan nilai bobot 3

Δ = tingkat kepentingan rendah dengan nilai bobot 1

d. Bobot interaksi antara karakteristik teknik dengan karakteristik komponen

Matrik interaksi adalah untuk menghubungkan antara karakteristik teknik dengan karakteristik komponen yang telah ditetapkan. Lemah dan kuatnya interaksi dipengaruhi oleh tingkat kedekatan kedua atribut. Interaksi yang terjadi kemudian dinyatakan dalam angka dan simbol.

Nilai interaksi dikalikan dengan nilai normalisasi bobot dari setiap atribut karakteristik teknik. Sehingga menghasilkan nilai untuk setiap karakteristik komponen. Nilai dari perkalian antara nilai interaksi dan nilai normalisasi bobot kemudian dijumlahkan, sehingga diketahui nilai total setiap karakteristik komponen.

Setelah diketahui nilai setiap karakteristik komponen. Kemudian, menentukan karakteristik komponen yang menjadi prioritas pengembangan. Untuk menghitung digunakan rumusan sebagai berikut :

$$KT_i = \sum BT_i \times H_i$$

Keterangan:

KT_i = Nilai absolut karakteristik komponen untuk masing-masing atribut

BT_i = Kepentingan relatif (bobot) kebutuhan teknik

H_i = Nilai hubungan kebutuhan teknik yang memiliki hubungan dengan atribut karakteristik komponen

Adapun contoh perhitungan adalah sebagai berikut (Perhitungan selengkapnya dapat dilihat di lampiran):

$$KT_i = \sum(0.28 \times 9) \quad KT_i = 2.52$$

Untuk perhitungan tingkat prioritas dari karakteristik komponen diperoleh dari hasil pembagian antar masing-masing nilai karakteristik teknik *absolute*. Jumlah total nilai karakteristik teknik *absolute* yang dikalikan dikalikan 100%. Sebagai contoh perhitungan adalah sebagai berikut:

$$\text{prioritas pengembangan} = \frac{2.52}{11.33} \times 100 \%$$

$$\text{prioritas pengembangan} = 22 \%$$

e. Hubungan antar karakteristik komponen

Hubungan antar karakteristik teknik digunakan untuk mengetahui, pengaruh antar karakteristik teknik. Hubungan antar karakteristik teknik antara lain, Sweet (2010):

- 1) Hubungan positif kuat [☉] yaitu apabila dua atribut tersebut masing-masing saling mendukung.

- 2) Hubungan positif [○] yaitu apabila dua masing-masing saling mendukung dalam pelaksanaannya dan sifat hubungan sedang.
- 3) Hubungan Negatif [×] yaitu bila dua atribut masing-masing tidak saling mendukung hubungan dalam pelaksanaannya dan sifat hubungan dapat ditolerir.
- 4) Hubungan Negatif Kuat [✱] yaitu bila dua atribut masing-masing tidak saling mendukung dalam pelaksanaannya dan sifat hubungan tidak baik.

f. HOQ level II *technical characteristic to component characteristic*

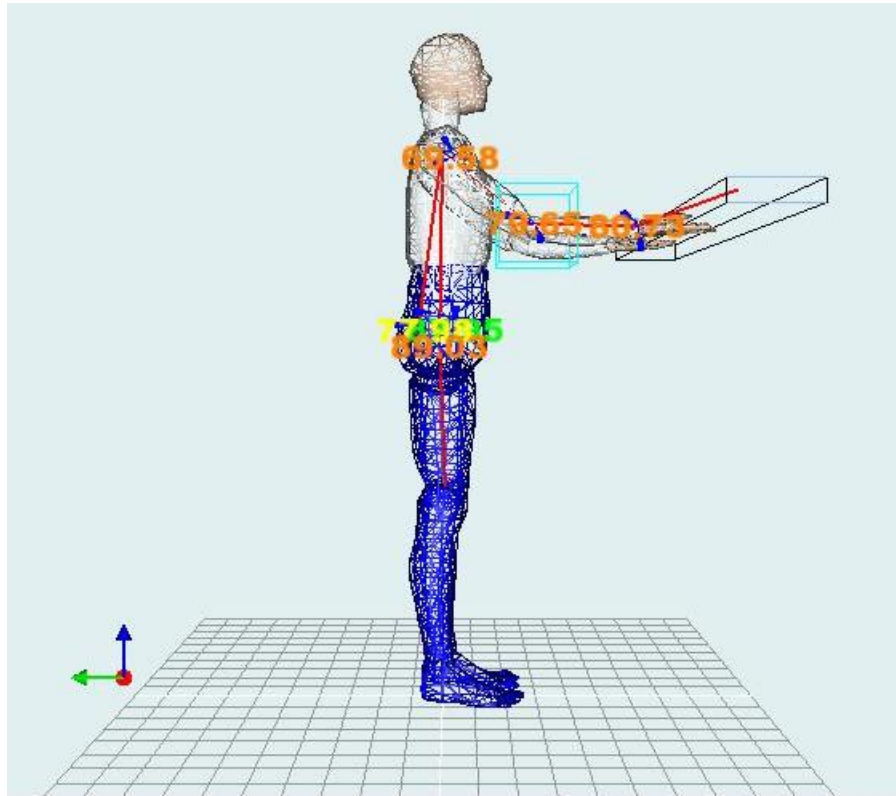
Matriks HOQ menerangkan tentang fasilitas fungsi dan mendefinisikan keseluruhan proses pabrikasi. Matrik HOQ merupakan pengelolaan data yang dilakukan sebelumnya. Matrik HOQ level II merupakan gabungan dari pengelolaan data sebelumnya sampai dengan pembobotan, normalisasi dari simbol, interaksi dalam matrik QFD dan prioritas karakteristik komponen. Dari matrik HOQ akan dapat dilihat pemenuhan kebutuhan konsumen tersebut dapat dilakukan dengan mengembangkan Analisis *output* QFD dan proses pembentukan produk. Sehingga, dapat mengetahui akan rencana perancangan akan menitik beratkan pada atribut produk dan cara penyelesaiannya.

4. Pengelolaan Data dengan Biomekanika Usulan

Kombinasi metode dengan menggunakan QFD dan Biomekanika menghasilkan suatu produk yang dapat mengubah posisi kerja operator.

Kemudian, dengan adanya usulan produk maka posisi kerja menjadi berdiri.

Gambar berikut dibuat dengan menggunakan *software HumanCad versi 1.01*.



Gambar 4.4 posisi kerja operator saat menggunakan alat bantu kerja

Hasil dari Gambar diatas yaitu sudut dari pergelangan tangan ke pusat massa benda = 80.73° , sudut dari pergelangan tangan ke siku = 79.65° , sudut dari siku ke bahu = 69.58° , sudut bahu ke Lumbar 5/Sacrum 1 (L5/S1) = 77.98° , sudut inklinasi perut = 87.95° dan sudut inklinasi paha = 89.03°

Berikut Tabel untuk Data ukuran operator di PT. Iga Abadi Unit Pencucian Kayu Bagian Mesin *Single Rip Saw*, sebagai berikut:

Tabel 4.18 Data ukuran operator

No	Nama	Tinggi Badan	Berat Badan	Jarak $\Theta 1$	Jarak $\Theta 2$	Jarak $\Theta 3$	Jarak $\Theta 4$
1	Muallim	157	56	0.07	0.24	0.29	0.36
2	Udin	169	55	0.09	0.27	0.3	0.48
3	Yono	160	58	0.08	0.25	0.29	0.39
4	Mustakim	159	59	0.08	0.25	0.29	0.38
5	Joni	157	52	0.07	0.24	0.29	0.36
6	Riono	161	58	0.08	0.25	0.29	0.4
7	Sugeng A	156	53	0.07	0.24	0.29	0.35
8	Heru B	156	60	0.07	0.24	0.29	0.35
9	Iwan	158	51	0.08	0.24	0.29	0.37
10	Nanang I	166	50	0.08	0.26	0.3	0.45
11	Muslim	170	57	0.09	0.27	0.3	0.49
12	Eko	160	57	0.08	0.25	0.29	0.39
13	Mahmudi	168	50	0.09	0.27	0.3	0.47
14	Hidayat	157	52	0.07	0.24	0.29	0.36
15	Heru A	169	58	0.09	0.27	0.3	0.48
16	Taslimin	162	55	0.08	0.25	0.29	0.41
17	Rizal	168	56	0.09	0.27	0.3	0.47
18	Sugeng B	167	50	0.08	0.27	0.3	0.46
19	Wiwik	170	59	0.09	0.27	0.3	0.49
20	Mahmut	166	51	0.08	0.26	0.3	0.45
21	Agus	168	50	0.09	0.27	0.3	0.47
22	Anas Tasius	156	51	0.07	0.24	0.29	0.35
23	Saiful	155	60	0.07	0.24	0.29	0.34
24	Kasmiasi	167	56	0.08	0.26	0.3	0.67
25	Samursi	165	60	0.08	0.26	0.3	0.44
26	Sampun	157	52	0.07	0.24	0.29	0.36
27	Sumarto	169	50	0.09	0.27	0.3	0.48

No	Nama	Tinggi Badan	Berat Badan	Jarak $\Theta 1$	Jarak $\Theta 2$	Jarak $\Theta 3$	Jarak $\Theta 4$
28	Tosim	163	58	0.08	0.26	0.29	0.42
29	Suparman	166	55	0.08	0.26	0.3	0.45
30	Saiman	164	58	0.08	0.26	0.29	0.43
	Jumlah	4886	1647	2.4	7.66	8.84	12.77
	Jumlah rata-rata	162.87	54.90	0.08	0.26	0.29	0.43

Keterangan :

1. Jarak $\Theta 1$ = Jarak pergelangan tangan ke pusat massa benda
2. Jarak $\Theta 2$ = Jarak pergelangan tangan ke siku
3. Jarak $\Theta 3$ = Jarak siku ke bahu
4. Jarak $\Theta 4$ = Jarak bahu ke L5/S1

Adapun operator melakukan kegiatan mengambil kayu yang berada pada ketinggian 20cm di atas lantai dan mengangkat ke mesin dengan ketinggian 80cm di atas lantai. Berat kayu 10 kg. Jumlah rata-rata berat operator 54.90 kg.

Penyelesaian :

Ketinggian benda = 20cm

Ketinggian mesin = 80cm

$W_{\text{benda}}/W_{\text{O}} = 10\text{kg} = 100\text{N}$

$W_{\text{berat operator}}/W_{\text{bda}} = \sum W_{\text{bda}} = 54.90\text{kg} = 549\text{N}$

Sudut dari pergelangan tangan ke pusat massa benda/ $\Theta = 80.73^\circ$

Jarak rata-rata operator dari pergelangan tangan ke pusat massa benda/ SL_1
=0.08m

Sudut dari pergelangan tangan ke siku/ $\Theta = 79.65^\circ$

Jarak rata-rata operator dari pergelangan tangan ke siku/ $SL_2 = 0.26m$

Sudut dari siku ke bahu/ $\Theta = 69.58^\circ$

Jarak rata-rata operator sudut dari siku ke bahu/ $SL_3 = 0.29m$

Sudut dari bahu ke Lumbar 5/Sacrum 1 (L5/S1) / $\Theta = 77.98^\circ$

Jarak rata-rata operator bahu ke Lumbar 5/Sacrum 1 (L5/S1) / $SL_4 = 0.43m$

Sudut inklinasi perut/ $\Theta = 87.95^\circ$

Sudut inklinasi paha/ $\Theta = 89.03^\circ$

$$W_H = 0,6 \% \times W_{badan} = 0,6 \ 100\% \times 549 = 3,249N$$

$$W_{LA} = 1,7 \% \times W_{badan} = 0,6 \ 100\% \times 549 = 9,333N$$

$$W_{UA} = 2,8 \% \times W_{badan} = 0,6 \ 100\% \times 549 = 15,372N$$

$$W_T = 50 \% \times W_{badan} = 50 \% \times 549 = 274,5N$$

$$\lambda_2 = 43\% = 0.43$$

$$\lambda_3 = 43.6\% = 0.436$$

$$\lambda_4 = 67\% = 0.67$$

$$D = 0.11m$$

$$E = 0.05m$$

$$AA = 465cm^2$$

Sehingga :

$$W_{TOT} = W_0 + 2W_H + 2W_{LA} + 2W_{UA} + W_T$$

$$= 100 + (2 \times 3,294) + (2 \times 9,333) + (2 \times 15,372) + 274,5$$

$$= 430.498N$$

a. Telapak Tangan

$$F_{yw} = \frac{W_o}{2} + W_H = \frac{100}{2} + 3,249 = 53.294\text{N}$$

$$\begin{aligned} M_w &= \left(\frac{W_o}{2} + W_H \right) \times SL_1 \times \text{Cos } \Theta_1 \\ &= \left(\frac{100}{2} + 3,249 \right) \times 0.08 \times 0.1610870825 \\ &= 0.686797998\text{Nm} \end{aligned}$$

b. Segmen Lengan Bawah

$$F_{ye} = F_{yw} + W_{LA} = 53,294 + 9,333 = 62,627\text{N}$$

$$\begin{aligned} M_e &= M_w + (W_{LA} \times \lambda_2 \times SL_2 \times \text{Cos } \Theta_2) + (F_{yw} \times SL_2 \times \text{Cos } \Theta_2) \\ &= 0.686797998 + 0.187463307 + 2.489458383 \\ &= 3.363719688\text{Nm} \end{aligned}$$

c. Segmen Lengan Atas

$$F_{ys} = F_{ye} + W_{UA} = 62,627 + 15,371 = 77,999\text{N}$$

$$\begin{aligned} M_s &= M_e + (W_{UA} \times \lambda_3 \times SL_3 \times \text{Cos } \Theta_3) + (F_{ye} \times SL_3 \times \text{Cos } \Theta_3) \\ &= 3.363719688 + 0.6781329323 + 6.3366479430 \\ &= 10.3785005637\text{Nm} \end{aligned}$$

d. Segmen Punggung

$$F_{yt} = 2F_{ys} + W_T = (2 \times 77,999) + 274,5 = 430,498\text{N}$$

$$\begin{aligned} M_t &= 2M_s + (W_T \times \lambda_4 \times SL_4 \times \text{Cos } \Theta_4) + (2F_{ys} \times SL_4 \times \text{Cos } \Theta_4) \\ &= 20.75700113 + 3.711553239 + 3.148165632 \\ &= 27.61672\text{Nm} \end{aligned}$$

$$M_t = M(L5/S1) = 27.61672\text{Nm}$$

- Kemudian perhitungan Gaya perut (PA) dan Tekanan perut (FA)

$$\begin{aligned}
 PA &= \frac{10x^{-4} [43-0,36 (\Theta_H + \Theta_T)]}{75} \left[M \left(\frac{L5}{S1} \right) \right]^{1,8} \\
 &= -0.010846443 \text{N/Cm}^2 \\
 FA &= PA \times AA \\
 &= -0.010846443 \times 465 = -5.043595811 \text{N}
 \end{aligned}$$

- Kemudian Gaya Otot pada spinal Erector

$$\begin{aligned}
 F_M \times E &= M_{(L5/S1)} - FA \times D \\
 F_M &= \frac{M_{(L5/S1)} - FA \times D}{E} \\
 F_M &= \frac{27.61672 - (-5.043595811) \times 0.11}{0.05} \\
 &= 563.4303108 \text{N}
 \end{aligned}$$

- Gaya Tekan/Kompresi pada L5/S1

$$\begin{aligned}
 F_C &= W_{TOT} \times \cos \Theta_4 - F_A + F_M \\
 &= 430.498 \times 0.04693211082 - (-5.043595811) + 563.4303108 \\
 &= 588.6780864 \text{N}
 \end{aligned}$$

- Hasil berikut adalah 588.6780864N. Sehingga, kurang dari 3500N dapat dikategorikan yaitu aman. Dengan demikian, posisi operator aman serta dapat meningkatkan keselamatan dan kesehatan kerja dengan menggunakan posisi usulan.

D. Analisis Pengelolaan Data

Hasil dari HOQ level II mendapatkan gambaran tentang produk yang diinginkan oleh operator dan yang diinginkan oleh pihak perusahaan. Produk tersebut tentunya memperbaiki posisi kerja awalan yang dikategorikan perlu hati-hati oleh metode biomekanika. Sehingga, QFD mampu membuat produk yang dapat menyesuaikan dengan metode biomekanika.

QFD mempunyai prioritas-prioritas dalam perancangan produk. Prioritas tersebut didapat dari nilai prosentase akhir HOQ level II. Berikut hasilnya:

Tabel 4.19 Nilai Prosentase HOQ level II

No.	Karakteristik Komponen	Nilai Prosentase
1	Terdapat alat 10 unit	0.22
2	Alat terdapat tombol menyesuaikan posisi operator saat berdiri	0.21
3	Alat bebas polusi udara, polusi suara dan getaran serta alat telah menyesuaikan posisi terbaik menurut biomekanika	0.21
4	Alat dapat naik perlahan-lahan berefek operator cukup berdiri tegak dan alat dapat turun cepat saat kayu selesai dipindah	0.09
5	Operator melakukan sudut perbaikan biomekanika	0.08
6	Rangka terbuat dari plat bending tebal 4mm	0.07
7	Operator cukup memindahkan kayu dari produk ke mesin tanpa bungkuk	0.04
8	Cukup menekan tombol pada saat bekerja	0.03
9	Alat tidak mempunyai sudut tajam	0.02
10	Alat menggunakan dinamo motor 1 HP dan bentuk alat lebih sederhana	0.02

Dari tabel dapat diketahui bahwa ada urutan prioritas perancangan produk. Urutan tersebut menjadi bahan pembuatan konsep dalam merancang produk. Prioritas perancangan produk di urutan pertama yaitu terdapat alat 10 unit dengan nilai 0.22 dan urutan kesepuluh yaitu alat menggunakan dinamo motor 1 HP dan bentuk alat lebih sederhana dengan nilai 0.02. Untuk lebih jelasnya akan dijelaskan pada bagian berikutnya.

1. Prioritas dan Analisis Perancangan Produk

HOQ level II menghasilkan prioritas perancangan produk. Kemudian, dengan Analisis akan lebih dipahami hasil dari HOQ level II. Prioritas dan Analisis perancangan produk, sebagai berikut :

- a. Terdapat alat 10 unit (nilai prosentase 0,22)

Pada UPK bagian mesin *single rip saw* merupakan bagian yang mempunyai 10 mesin *single rip saw*. Untuk dapat mengefektifkan dan meningkatkan keselamatan dan kesehatan kerja, maka dibutuhkan adanya produk yang sesuai. Dengan harapan, adanya alat 10 produk yang dapat mengangkat kayu, meletakkan kayu dan mengamankan badan saat proses mampu meringankan beban operator yang melalui metode biomekanika dikategorikan perlu hati-hati.

- b. Alat terdapat tombol menyesuaikan posisi operator saat berdiri (nilai prosentase 0.21)

Produk usulan, dapat mengangkat kayu, meletakkan kayu dan mengamankan badan saat proses. Dengan adanya 3 keinginan tersebut,

membutuhkan alat yang dapat bekerja efisien. Sehingga, membutuhkan adanya tombol agar dapat membantu kerja operator lebih efisien. Tombol tersebut memudahkan operator dalam bekerja. Karena, operator tidak perlu membungkuk seperti posisi awal. Kemudian, operator cukup bertugas memindahkan kayu untuk diproses dan operator tidak perlu bersusah payah dalam mengangkat kayu dan meletakkan kayu cukup dibantu dengan mesin dinamo yang menggunakan sistem ulir.

- c. Alat bebas polusi udara, polusi suara dan getaran serta alat telah menyesuaikan posisi terbaik menurut biomekanika (nilai prosentase 0.21)

PT. Iga Abadi merupakan pabrik kayu yang mengolah bahan baku kayu menjadi barang siap pakai berupa almari yang menyesuaikan keinginan dari *buyer*. Sehubungan dengan kondisi pabrik kayu yang cenderung dengan menggunakan mesin berat. Sehingga, menghasilkan ruangan yang bising, serpihan kayu saat proses dan getaran yang dihasilkan oleh mesin berat. Oleh sebab itu, dalam rangka meningkatkan keselamatan dan kesehatan kerja, produk usulan meminimasi adanya kejadian tersebut. Produk usulan bebas polusi udara. Karena, alat cukup sederhana yaitu tidak mengeluarkan asap. Produk usulan bebas polusi suara dan getaran. Karena, alat menggunakan sistem ulir yang digerakkan oleh dinamo. Sistem ulir dipilih karena tidak mengeluarkan suara bising dan tidak menghasilkan getaran. pergerakan produk bergerak secara perlahan-lahan mengakibatkan operator selalu tetap berdiri.

- d. Alat dapat naik perlahan-lahan berefek operator cukup berdiri tegak dan alat dapat turun cepat saat kayu selesai dipindah (nilai prosentase 0.09)

Produk juga bergerak naik dan turun menurut dari hasil keinginan operator dan pihak perusahaan. Kemudian, dirancang produk lalu dihitung dengan biomekanika. Produk dapat bergerak menggunakan *reducer* yang mampu naik dan turun dengan perlahan-lahan. *Reducer* berfungsi mengurangi pergerakan dari dinamo. Pada saat beban telah habis/kayu tela selesai diproses, maka alat bergerak turun ke bawah.

- e. Operator melakukan sudut perbaikan biomekanika (nilai prosentase 0.08)

Setelah perhitungan posisi usulan biomekanika yang menggunakan produk usulan. Maka, hasil F_C yaitu 588.6780864N. Hasil tersebut termasuk kategori aman. Karena, kurang dari 3500N. Adapun masing-masing sudut dair posisi usulan adalah Hasil dari Gambar diatas yaitu sudut dari pergelangan tangan ke pusat massa benda = 11.89° , sudut dari pergelangan tangan ke siku = 87.52° , sudut dari siku ke bahu = 29.84° , sudut bahu ke Lumbar 5/Sacrum 1 (L5/S1) = 87.31° , sudut inklinasi perut = 85.6° dan sudut inklinasi paha = 90.98°

- f. Rangka terbuat dari plat bending tebal 4mm (nilai prosentase 0.07)

Plat Bending merupakan besi yang tercetak lembaran-lembaran. Plat Bending dapat diolah secara mudah dalam pembuatan usulan

perancangan produk. Tebal 4mm dipilih dengan alasan bahwa mampu bergerak tanpa adanya goyangan atau getaran produk.

g. Operator cukup memindahkan kayu dari produk ke mesin tanpa membungkuk (nilai prosentase 0.04)

Ketika produk mampu bergerak naik dan turun, mengakibatkan operator hanya bekerja memindahkan kayu untuk diproses. Posisi awal dengan membungkuk berakibat fatal. Masing-masing sudut yang diperlukan posisi awal yaitu sudut dari pergelangan tangan ke pusat massa benda = 5.34° , sudut dari pergelangan tangan ke siku = 1.85° , sudut dari siku ke bahu = 9.46° , sudut bahu ke Lumbar 5/Sacrum 1 (L5/S1) = 13.06° , sudut inklinasi perut = 4.77° dan sudut inklinasi paha = 16.50° . Sehingga, menghasilkan F_C lebih besar dari 3500N yaitu 3572.993N dan dikategorikan perlu hati-hati. Dengan demikian, operator dengan posisi berdiri dan telah menimalisir adanya kecelakaan kerja.

h. Cukup menekan tombol pada saat bekerja (nilai prosentase 0.03)

Sesuai pemaparan sebelumnya, produk ini mempunyai keistimewaan yaitu cukup menekan tombol untuk dapat menaikkan beban dan menurunkan beban. Tombol tersebut membantu operator dalam menjalankan proses kerja. Tombol terdapat dua kode yaitu tombol ke atas (\uparrow) dan tombol ke bawah (\downarrow). Tombol terletak pada tengah produk yang berada di bawah mesin dinamo dan *reducer*, guna mempermudah operator dalam bekerja.

i. Alat tidak mempunyai sudut tajam (nilai prosentase 0.02)

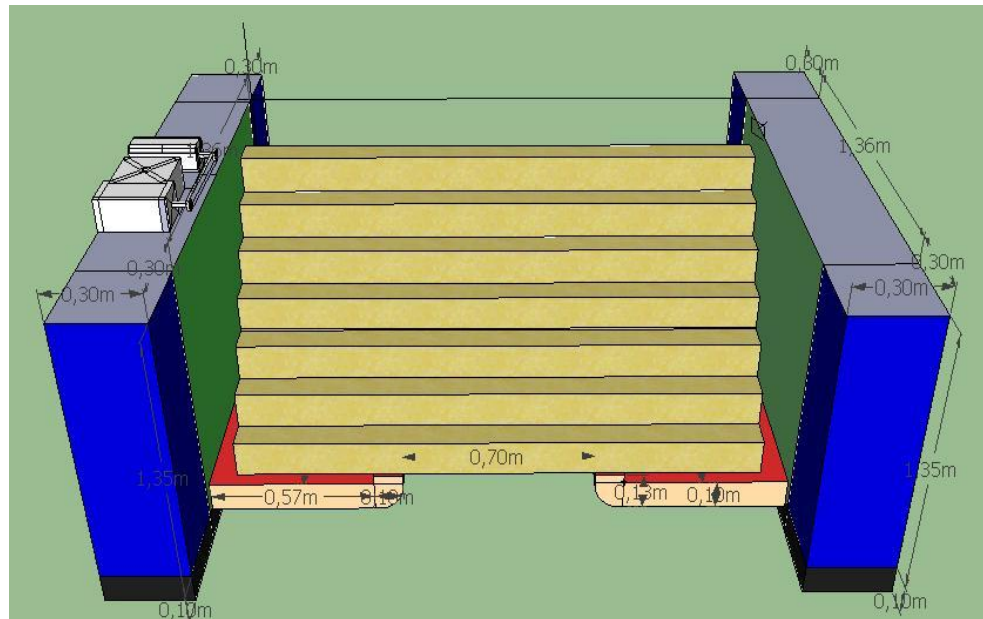
Untuk tidak terjadi keluhan dalam bekerja yang disebabkan oleh produk. Kemudian, mencoba adanya wawancara dengan pihak perusahaan solusi yang bisa ditawarkan kepada operator. Menghasilkan suatu terobosan yaitu produk tersebut tidak memiliki sudut tajam pada masing-masing sudut alat. Karena, selama ini operator bekerja dengan cepat dan sedikit sembrono. Hal ini terbukti sering terjadi kaki operator kejatuhan beban kayu. Dalam rangka mengenalkan produk usulan, berharap tidak terjadi masalah lebih. Akan tetapi, menjadi semangat baru. Itulah alasan dari wawancara dan diskusi dengan pihak perusahaan terkait alat tidak mempunyai sudut tajam.

j. Alat menggunakan dinamo motor 1 HP dan bentuk alat lebih sederhana (nilai prosentase 0.02)

Beban kayu yang ada pada masing-masing mesin adalah seberat 350Kg. Sehingga, untuk dapat mengangkat beban kayu membutuhkan mesin yang dapat menaikkan beban. Hasil dari wawancara dengan mekanik menghasilkan saran untuk menggunakan dinamo motor 1 *Horse Power* (HP). Bentuk produkpun dibuat minimalis agar dapat mudah perawatannya.

2. Usulan Produk Sesuai Metode QFD dan Biomekanika

Dalam proses perancangan produk membutuhkan beberapa inspirasi serta ide dari pihak perusahaan dan operator. Sehingga, menghasilkan suatu produk usulan sebagai berikut.



Gambar 4.5 3D alat bantu kerja

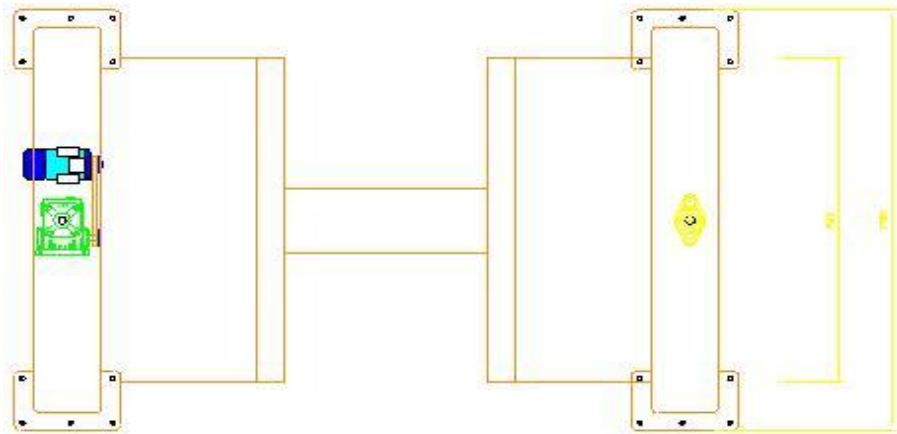
Cara kerja alat ini adalah bergerak dengan menggunakan dinamo beserta *reducer* untuk memperlambat gerak mesin, sistem pergerakan menggunakan sistem ulir, terdapat tombol yang dapat menggerakkan bagian papan naik dan turun. Tombol naik, akan menggerakkan papan ke atas dan operator cukup menekan sekali nantinya papan tersebut akan berhenti sendiri ketika berada di posisi paling atas dikarenakan ada *switch off*. Begitu juga untuk tombol bawah.

Celah antar keduanya merupakan cara *forklift* dan *hand pallet truck* untuk memindahkan kayu dari satu proses ke proses lain. Produk ini mampu

mengangkat beban sebesar 350Kg. Penjelasan lebih lanjut sebagai berikut dengan menggunakan gambar 2 dimensi.

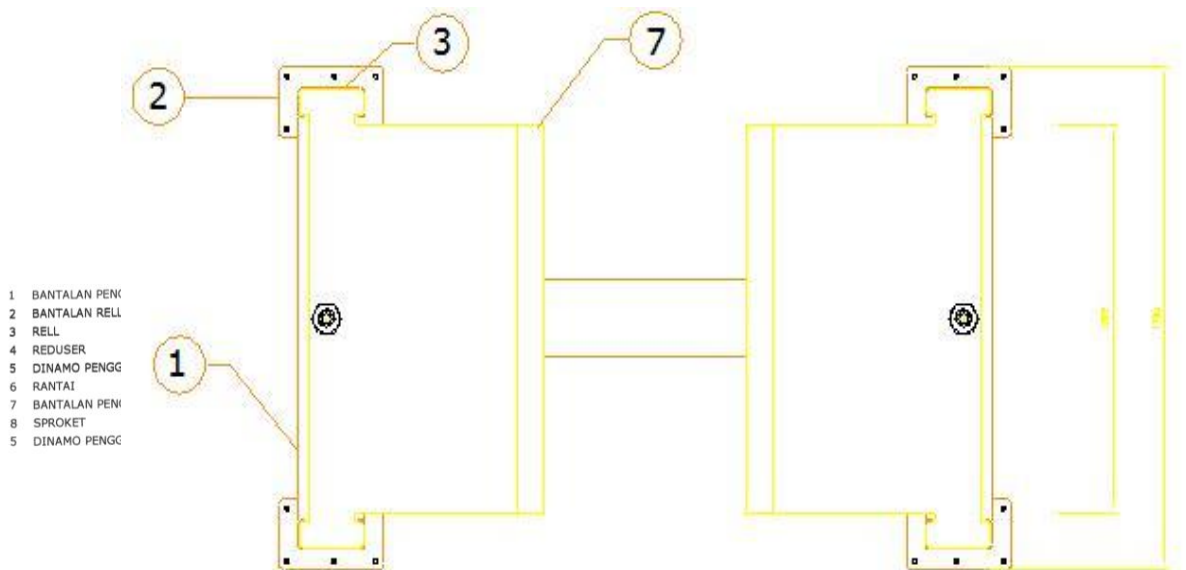
a. Tampak Atas Produk

Gambar berikut bagian produk tampak dari atas.



Gambar 4.6 Tampak Atas

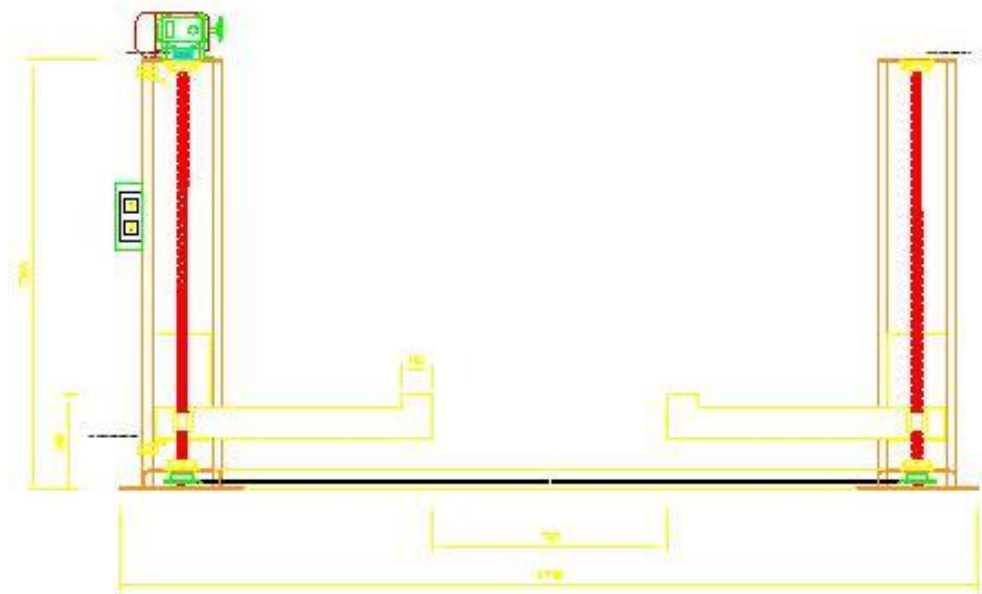
Gambar berikut potongan tampak dari atas. Potongan dimaksud yaitu dari beban pengangkat ke bagian bawa



Gambar 4.7 Potongan tampak atas

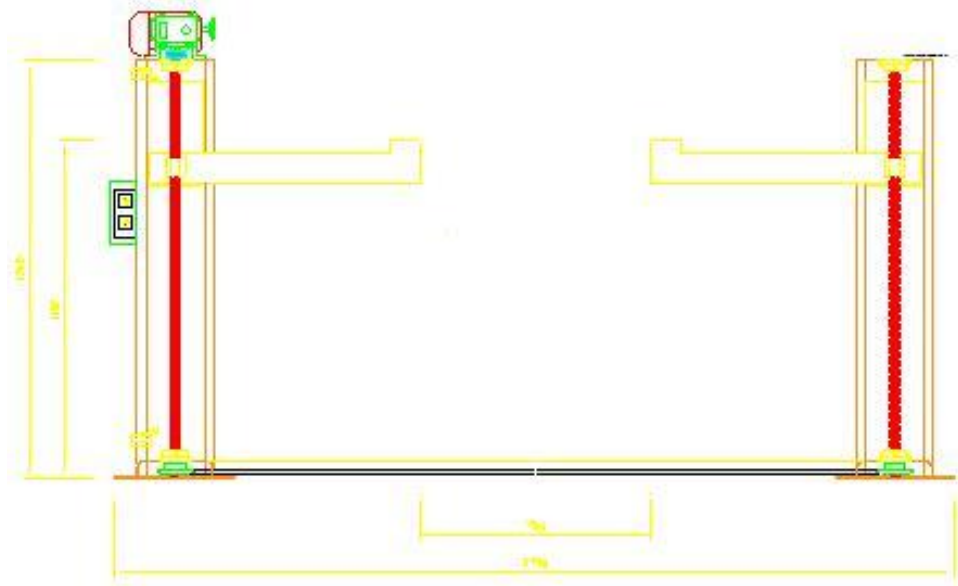
b. Tampak samping Produk

Gambar berikut yaitu tampak samping produk pada beban pengangkat posisi di bawah.



Gambar 4.8 Tampak samping posisi pengangkat dibawah

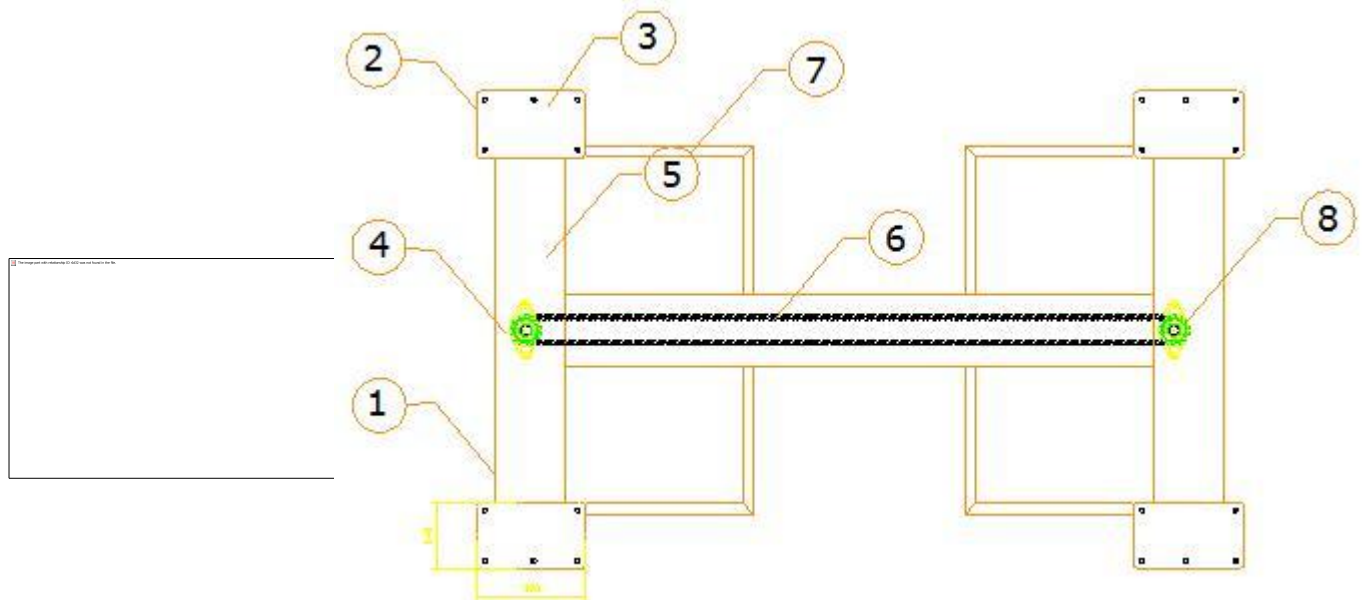
Gambar berikut yaitu tampak samping produk pada beban pengangkat posisi diatas.



Gambar 4.9 Tampak samping posisi pengangka.t diatas

c. Tampak Bawah Produk

Gambar berikut adalah produk terlihat dari tampak bawah.



Gambar 4.10 Tampak bawah

d. Hasil akhir

Dengan demikian, produk usulan dapat memberikan dapat digunakan dengan mudah dan dalam pembuatannya memerlukan cukup terjangkau bagi perusahaan. Berikut rincian perancangan produk:

Tabel 4.20 rincian perancangan produk

NO	URAIAN	BAHAN	KEB	SAT	HARGA SAT	HARGA TOTAL
1	RELL	PLAT BENDING 25X10X120 TEBAL 4mm	4	BUAH	Rp 175,000	Rp 700,000
2	BANTALAN ULIR ATAS	PLAT BENDING 25X10X156 TEBAL 4mm	2	PCS	Rp 215,000	Rp 430,000
3	BANTALAN RELL	PLAT BENDING 40X24 TEBAL 7MM	4	PCS	Rp 100,000	Rp 400,000
4	BANTALAN ULIR BAWAH	PLAT BENDING 25X10X156 TEBAL 4mm	2	PCS	Rp 215,000	Rp 430,000
5	TUTUP RANTAI	PLAT BENDING 25X10X156 TEBAL 2mm	1	PCS	Rp 215,000	Rp 215,000
6	MEJA PENGANGKAT	UNP 100	2	BTG	Rp 210,000	Rp 420,000
		PLAT ESSER 3mm	2	PCS	Rp 800,000	Rp 1,600,000
7	ULIR	M30X 15	2	BTG	Rp 325,000	Rp 650,000
8	MUR	M30X 15	2	PCS	Rp 25,000	Rp 50,000
9	RANTAI	RS 50	6	MTR	Rp 85,000	Rp 510,000
10	RELL JALAN	PLAT BENDING 24X92X35 TEBAL 4mm	4	PCS	Rp 125,000	Rp 500,000
11	GEAR	RS 50 DIAMETER 100mm	2	PCS	Rp 75,000	Rp 150,000
12	REDUCER	TYPE 80 PERB 1;30	1	PCS	Rp 600,000	Rp 600,000
13	PULLY & V BELT	DIA 3' & 5'	1	SET	Rp 125,000	Rp 125,000

NO	URAIAN	BAHAN	KEB	SAT	HARGA SAT	HARGA TOTAL
14	V BELT	B 30	1	PCS	Rp 35,000	Rp 35,000
15	MOTOR PENGGERAK	DINAMO MOTOR 1 HP	1	PCS	Rp 800,000	Rp 800,000
16	ACESSORIES	BAUT DINABOLT	20	SET	Rp 3,000	Rp 60,000
17	PANEL CONTROL	BOX, NCB, DLL	1	SET	Rp 400,000	Rp 400,000
18	LAKER UCF 206		4	PCS	Rp 60,000	Rp 240,000
19	KOPEL		1	PCS	Rp 100,000	Rp 100,000
20	JASA, CAT & INSTALASI					Rp 1,500,000
21	JUMLAH					Rp 9,215,000

3. Analisis Produktivitas

Menurut Nurmianto (2008), pengukuran produktivitas kerja parsial pada proses kerja ini dapat diukur dengan membandingkan jumlah kayu yang dipindahkan dengan waktu proses pemindahan kayu.

Produktivitas A (sebelum perbaikan)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{volume kayu yang dipindahkan sebelum perbaikan}}{\text{waktu proses pemindahan kayu sebelum perbaikan}} \\
 &= \frac{1 \text{ m}^3}{900 \text{ detik}} \\
 &= 0,0011 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Produktivitas B (sesudah perbaikan)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{volume kayu yang dipindahkan sesudah perbaikan}}{\text{waktu proses pemindahan kayu sesudah perbaikan}} \\
 &= \frac{1 \text{ m}^3}{480 \text{ detik}} \\
 &= 0,0021 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned}$$

Indeks Produktivitas

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{produktivitas B}}{\text{produktivitas A}} \\ &= \frac{0,0021 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,0011 \text{ m}^3/\text{detik}} \\ &= 1,9 \end{aligned}$$

Sehingga, produktivitas dikatakan meningkat sesuai dengan nilai indeks produktivitas yaitu 1,9.

BAB V

PENUTUP

A. KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan biomekanika saat tidak menggunakan alat bantu kerja yaitu 3572.993N. Sehingga, dikategorikan bahwa perlu hati-hati. Dengan demikian, perlu adanya perubahan posisi kerja. Metode QFD membantu untuk merancang suatu alat bantu kerja. Hasil dari adanya alat bantu kerja yaitu perubahan posisi kerja, awalnya posisi dengan membungkuk berubah menjadi berdiri tegak. Hasil perhitungan biomekanika saat menggunakan alat bantu kerja yaitu 588.6780864N dengan dikategorikan bahwa aman. Selisih hasil perhitungan awal dengan perbaikan cukup jauh yaitu 2984.31491N.
2. Hasil QFD memberikan gambaran tentang rancangan alat bantu kerja. Kebutuhan komponen yang didapat dari HOQ level II menjadi deskripsi alat bantu kerja. Adapun kebutuhan komponen adalah Terdapat alat 10 unit (nilai prosentase 0,22), alat terdapat tombol menyesuaikan posisi operator saat berdiri (nilai prosentase 0.21), alat bebas polusi udara, polusi suara dan getaran serta alat telah menyesuaikan posisi terbaik menurut biomekanika (nilai prosentase 0.21), alat dapat naik perlahan-lahan berefek operator cukup berdiri tegak dan alat dapat turun cepat saat kayu selesai dipindah (nilai prosentase 0.09), operator melakukan sudut

perbaikan biomekanika (nilai prosentase 0.08), rangka terbuat dari plat bending tebal 4mm (nilai prosentase 0.07), operator cukup memindahkan kayu dari produk ke mesin tanpa bungkuk (nilai prosentase 0.04), cukup menekan tombol pada saat bekerja (nilai prosentase 0.03), alat tidak mempunyai sudut tajam (nilai prosentase 0.02), alat menggunakan dinamo motor 1 HP dan bentuk alat lebih sederhana (nilai prosentase 0.02).

3. Alat bantu kerja dirancang sesuai hasil kebutuhan komponen dan hasil diskusi antara peneliti dengan pihak perusahaan serta insinyur produk. Alat dapat meningkatkan keselamatan dan kesehatan kerja. Untuk analisis biaya pembuatan alat bantu kerja sekitar senilai Rp 9.215.000,00 (Sembilan juta dua ratus lima belas ribu rupiah).

B. KONTRIBUSI

Hasil atau luaran dari penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi pada masyarakat sebagaimana dapat diuraikan berikut:

1. Alat bantu hasil rancangan dari penelitian ini dapat mendukung keselamatan kerja pada industri kayu, baik nasional maupun internasional yang masih menggunakan proses kerja manual atau semi-otomatis.
2. Memberikan lingkungan kerja yang sesuai dengan prinsip kemanusiaan dan ergonomi, khususnya pada industri kayu.

3. Memberikan wawasan kepada khalayak bahwa bidang keilmuan Teknik industri dapat berkontribusi memperbaiki kualitas hidup operator manual pada industri kayu.
4. Meningkatkan produktivitas dan efisiensi perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amstead, BH. et al. 1997. *Teknologi Mekanik*. Jakarta: Erlangga
- Chaffin, D.B. & G.B.J. Anderson, 1991, *Occupational Biomechanics*, Jhon Wiley & Son Inc., Canada.
- Franceschini, Fiorenzo. 2002. *Advanced Quality Function Deployment*. Florida: CRC Press LLC
- Gasperz, Vincent. 2002. *Total Quality Management*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Ginting, Rosnani. 2010. *Perancangan Produk*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Grandjean, E., 1986, *Fitting The Task to The Man*, Taylor & Francis Ltd, New York
- Hall, Susan J. 2003. *Basic Biomechanics*. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Hidayat, Imam. 1998. *Biomekanika*. Bandung: IKIP Bandung Press.
- Hughes, Phil and Ferret, ED. 2007. *Introduction to Health and Safety in Construction*. Burlington: Elsevier
- Hurst, Kenneth S. 1999. *Prinsip-prinsip Perancangan Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Karhu, O., et al. 1977. *Correcting Working Posture in Industry: A Practical Method for Analysis*. *Journal of Applied Ergonomics*, 199-201.
- Mc. Cormick, E.J. & M.S. Sanders, 1993, *Human Factor in Engineering and Design*, 7th ed, McGraw Hill International Edition, New York

- Nelson, et al 1991. *Manual Lifting: The NIOSH Work Practices Guide for Manual Lifting Determining Acceptable Weights of Lift*. Texas: Nelson & Associates
- Nur Rahman, Edwin, 2009, *Perbaikan Sistem Kerja untuk Mengurangi Resiko Cidera dan Meningkatkan Produktivitas Kerja dengan Pendekatan Ergonomic Partisipatori*, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Nurmianto, E., 1996, *Ergonomi, Konsep Dasar dan Aplikasinya*, PT. Guna Widya, Jakarta.
- Nurmianto, Eko. 2008. *Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Surabaya: Guna Widya.
- Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor : PER.05/MEN/1996 Tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja
- Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2012 Tentang Penerapan Sistem Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja
- Priyatno, Duwi. 2010. *Teknik Mudah dan Cepat Melakukan Analisis Data Penelitian dengan SPSS*. Yogyakarta: Gava Media.
- Suparjo, Iwan, 2005, *Analisis Postur dan Pergerakan Kerja dengan Mempergunakan Metode Occupational Repetitive Action Index (index OCRA)*, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Sutalaksana, I.Z.,R. Angga Wisastra, J.H. Tjakraatmadja, 1979, *Teknik Tata Cara Kerja*, PT. Guna Widya, Jakarta.

Tunggal, Amin Widjaja. 1998. Manajemen Mutu Terpadu. Jakarta: Rineka Cipta.

Undang Undang Nomor 13 Tahun 2003 Tentang Ketenagakerjaan.