

PENERAPAN PRINSIP ANTHROPOMETRI DAN QFD UNTUK REDESAIN ALAT BANTU PENGAIT TONG ASPAL

Dimas Akmarul Putera¹⁾, Rosie Oktavia Puspita Rini²⁾, Tirta Mulyadi³⁾, Aulia Agung Dermawan⁴⁾, dan Wahyudi Ilham⁵⁾

^{1,4)} Manajemen Rekayasa, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Batam

^{2,3)} Manajemen Kuliner, Politeknik Pariwisata Batam

⁵⁾ Manajemen Tata Hidangan, Politeknik Pariwisata Batam

E-mail: dimas.a.p@iteba.ac.id¹⁾, rosie@btp.ac.id²⁾, tirta@btp.ac.id³⁾,

agung@iteba.ac.id⁴⁾, wahyudi@btp.ac.id⁵⁾

ABSTRAK

Abstrak. PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di bidang produksi aspal panas (hotmix). Proses produksi pada perusahaan yaitu pengenceran tar, penuangan material, pengeringan material dan pencampuran material kemudian dipindahkan ke dalam truk pengantar. Alat pengait digunakan untuk memindahkan tong aspal pada stasiun pengenceran tar yang dimana tong yang berisi tar yang dipindahkan memiliki berat 15 kilogram dan bersuhu 200°C. Alat pengait aktual memiliki dimensi panjang 80 cm dan tidak memiliki pegangan. Hasil pengamatan visual secara langsung menunjukkan bahwa alat pengait ternyata tidak memiliki dimensi yang sesuai dengan data antropometri operator dan operator merasakan panas. Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan desain alat pengait ergonomis berdasarkan antropometri operator dan menilai karakteristik teknik alat pengait tong aspal dengan menggunakan QFD. Kemudian untuk mengolah data berikutnya adalah menyebarkan data kebutuhan operator menggunakan kuesioner terbuka dan tertutup, kemudian diuji kenormalan data antropometri operator dengan SPSS 19. Hasil dari penelitian ini adalah dimensi alat pengait sepanjang 100 cm, memiliki pegangan yaitu dengan busa setebal 3,3 cm menggunakan dimensi Diameter Genggaman Tangan (DGT).

Kata kunci: Alat bantu, Antropometri, Aspal, *Quality Function Deployment*.

Abstract. Pt. XYZ is the company that operate in production hot asphalt (hotmix). The process of production in companies are dilution tar, material pouring, drying material and mixing material then moved into the delivery truck. Hook tool is used to move the barrel asphalt in the tar dilution station where the barrel containing tar being moved weighs 15 kilograms and a temperature of 160°C. The Actual hook tool dimension length is 80 centimeters and not equipped with a handle. Direct visual observations showed that it was not have a hook tool dimensions according to the anthropometric data and operators feel the heat. The purpose of this research is to get an ergonomic hook design tool based on anthropometric operator and assess the technical characteristics of asphalt barrel hook tool by using QFD. Then for the next data processing is spreading the data needs of operators using open and closed questionnaires, then tested the normality of anthropometric data operator with SPSS 19. Results from this study are the dimensions of the tool hooks along the 100 cm, has a handle that is by 3.3 cm thick foam using hand grip diameter dimension.

Keywords: Supporting Tool, Anthropometric, Asphalt, *Quality Function Deployment*.

1. PENDAHULUAN

Benda penyemenan hitam yang dikenal sebagai aspal telah digunakan untuk konstruksi jalan selama berabad-abad. Meskipun ada endapan alami aspal, atau aspal batu, sebagian besar yang digunakan saat ini diproduksi oleh industri penyulingan minyak. Aspal adalah konstituen dari sebagian besar minyak bumi dan diisolasi melalui proses pemurnian distilasi. Beton aspal adalah campuran yang terutama terdiri dari agregat mineral, pengikat aspal, dan aditif, dan telah banyak diterapkan dalam konstruksi perkerasan. Sebagai bahan perekat, bahan pengikat aspal dianggap memiliki pengaruh dan kontribusi yang dominan terhadap kinerja perkerasan aspal secara keseluruhan. Namun, karena rentan terhadap suhu, pengikat aspal cenderung menjadi lunak pada suhu tinggi sementara menjadi kaku pada suhu rendah, yang masing-masing dapat menyebabkan kerusakan perkerasan dan keretakan [1].

Beton aspal adalah salah satu jenis bahan permukaan perkerasan yang paling umum digunakan di dunia. Merupakan bahan berpori yang dibuat pada suhu sangat tinggi sekitar 180°C yang terdiri dari campuran bahan pengikat aspal (bitumen), partikel agregat, dan rongga udara. Setelah beberapa tahun penggunaan, kekakuan beton aspal meningkat, dan kapasitas relaksasinya menurun. Pengikat menjadi lebih rapuh, kemudian retak mikro berkembang di dalamnya dan retak antarmuka antara agregat dan pengikat terjadi [2].

Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat dan lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Aspal itu sendiri adalah material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika aspal dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu, aspal dapat menjadi lunak / cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis) [3]

Istilah "pengikat aspal" telah dipilih untuk lebih spesifik menggambarkan bahan aspal dan pengubah atau bahan lainnya. Istilah "aspal," "semen aspal," "bitumen," dan "pengikat aspal" dapat digunakan secara bergantian, dengan semen aspal dan bitu-men mengacu lebih khusus untuk asal minyak bumi dan pengikat aspal mengacu pada semen aspal dan bahan tambahan lainnya. bahan yang menyediakan perekat teknik yang digunakan

di perkerasan aspal. Dalam teks ini, aspal, semen aspal, dan pengikat aspal dapat diganti tergantung pada konteks kalimat dan semuanya akan mengacu pada bahan yang sama.[4]

Metode QFD juga merupakan metode yang sistematis dan analitik untuk mengumpulkan data tentang harapan pelanggan. QFD merupakan proses perencanaan untuk menerjemahkan kebutuhan pelanggan (suara pelanggan) ke dalam persyaratan teknis yang sesuai untuk semua fase dalam siklus hidup produk (pemasaran, perencanaan, desain produk, pengembangan prototipe, penelitian dan pengembangan proses produksi, produksi, penjualan) [5].

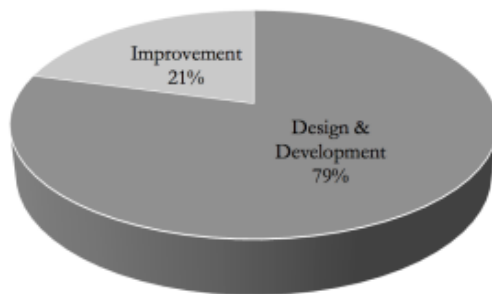
Quality Function Deployment (QFD) merupakan metodologi yang membantu menerjemahkan kebutuhan pelanggan ke dalam persyaratan desain untuk memastikan bahwa output, apakah ini produk atau proses, memenuhi kebutuhan ini. Berasal dari industri manufaktur, QFD juga menemukan aplikasi di industri jasa. QFD dikembangkan di Jepang pada akhir 1960-an sebagai bantuan proses desain untuk memasukkan suara pelanggan ke dalam produk sebelum diproduksi. Keberhasilannya datang dalam bentuk pengurangan biaya awal dan waktu pengembangan dan peningkatan kualitas produk baru [6].

Organisasi Internasional untuk Standardisasi (ISO) menjelaskan QFD dalam standar ISO 16355 yang baru dikembangkan sebagai "sebuah metode untuk memastikan kepuasan dan nilai pelanggan atau pemangku kepentingan dengan produk baru dan yang sudah ada dengan merancang, dari tingkat yang berbeda dan perspektif yang berbeda, persyaratan yang paling penting bagi pelanggan atau pemangku kepentingan". [6]

Studi ini menyelidiki sejauh mana *Quality Function Deployment* dapat diterapkan dalam upaya perbaikan untuk produk yang sudah ada. Untuk mengatasi hal ini, pertama dilakukan tinjauan literatur yang mengungkapkan peningkatan jumlah penelitian yang menggunakan QFD dalam kegiatan perbaikan dalam beberapa tahun terakhir. Mayoritas aplikasi QFD, bagaimanapun, masih dalam desain dan pengembangan produk. Selanjutnya, ketika digunakan dalam kegiatan perbaikan, QFD digunakan seolah-olah mengumpulkan suara pelanggan untuk desain baru untuk menghasilkan spesifikasi untuk desain ulang [7].

Sementara QFD digunakan terutama dalam desain dan pengembangan di bidang manufaktur, kesenjangan antara aplikasi QFD yang berbeda dalam layanan tidak terlalu signifikan. Melihat lebih

dekat pada Gambar 1 menunjukkan bahwa sebagian besar implementasi QFD masih berlangsung dalam tahap desain dan pengembangan. Salah satu alasannya terletak pada cara QFD diperkenalkan ke budaya Barat [8]. QFD diperkenalkan sebagai alat desain di Jepang, dan filosofi perbaikan terus-menerus (kaizen) yang tertanam dalam budaya Jepang memiliki pengaruh pada penerapannya. Filosofi ini tidak diwariskan selama adopsi QFD dalam budaya Barat; dan QFD terbatas menjadi "alat desain" [8].



Sumber: Nadiye Ozlem Erdil, Omid M. Arani. 2018. Quality Function Deployment: More Than a Design Tool

Gambar 1. Aplikasi QFD – Desain & Pengembangan vs. Peningkatan

Diperlukan penyusunan konsep produk baik produk baru maupun produk lama yang akan dimodifikasi menjadi sebuah produk “baru” dalam bentuk rancangan teknik (*engineering design*) dan juga rancangan industrial. [9]. Rancangan industrial juga akan memberikan sentuhan-sentuhan kenyamanan dan kelayakan operasional (derajat kualitas ke-ergonomis-an) dari sebuah produk.

Antropometri adalah cabang ilmu manusia yang berhubungan dengan pengukuran tubuh: terutama dengan pengukuran ukuran tubuh, bentuk, kekuatan dan kapasitas kerja. Antropometri merupakan cabang ilmu ergonomi yang sangat penting. Itu berdiri di samping (misalnya) ergonomi kognitif (yang berhubungan dengan pemrosesan informasi), ergonomi lingkungan, dan berbagai subdisiplin lain yang dapat diidentifikasi yang berkembang (secara paralel, seolah-olah) menuju tujuan keseluruhan yang sama [10].

Dalam ergonomi dan antropometri, batasan adalah karakteristik manusia yang dapat diamati, harus dapat diukur, yang memiliki konsekuensi untuk desain produk tertentu. Kriteria adalah standar penilaian yang dengannya kecocokan antara pengguna dan artefak dapat diukur. Kita dapat membedakan berbagai tingkat hierarki kriteria. Di dekat bagian atas adalah desiderata keseluruhan

seperti kenyamanan, keamanan, efisiensi, estetika, dll., yang dapat kita sebut kriteria tingkat tinggi, umum, atau primer. Untuk mencapai tujuan ini, banyak kriteria tingkat rendah, khusus, atau sekunder harus dipenuhi. Hubungan antara konsep-konsep ini dapat diilustrasikan melalui contoh. Dalam desain kursi, kenyamanan akan menjadi kriteria utama yang jelas; panjang kaki bagian bawah pengguna membebani kendala pada desain karena, jika kursi terlalu tinggi, tekanan pada bagian bawah paha akan menyebabkan ketidaknyamanan dan rasa sakit [10].

Kemampuan untuk memegang dan mengoperasikan kontrol adalah contoh nyata—seperti batasan yang disebutkan di atas pada ketinggian tempat duduk atau kemampuan untuk melihat melalui penghalang visual. Batasan jangkauan menentukan dimensi maksimum objek yang dapat diterima. Mereka sekali lagi merupakan kendala satu arah, tetapi kali ini ditentukan oleh sebagian kecil dari populasi [11].

Dimensi antropometri untuk setiap populasi diurutkan berdasarkan ukuran dan digambarkan sebagai persentil. Ini adalah praktik umum untuk mendesain persentil ke-5 (5th%) perempuan ke persentil ke-95 (95th%) laki-laki. Nilai wanita 5% untuk dimensi tertentu (misalnya tinggi duduk) biasanya mewakili ukuran terkecil untuk desain dalam suatu populasi. Sebaliknya, nilai laki-laki 95 persen dapat mewakili dimensi terbesar yang sedang dirancang. Kisaran 5% hingga 95% menampung sekitar 90% populasi. Untuk merancang bagian populasi yang lebih besar, seseorang dapat menggunakan rentang dari 1% wanita hingga 99% pria. [12]

PT. XYZ merupakan perusahaan swasta yang beroperasi di bidang manufaktur aspal sejak tahun 2012. Proses produksi pada PT. XYZ dilakukan dengan menggunakan berbagai jenis mesin yang masing-masing memiliki fungsi spesifik. Rangkaian mesin-mesin produksi pada PT. XYZ ditempatkan dalam suatu stasiun kerja yang bernama. *Asphalt Mixing Plant* (AMP) terdiri atas mesin pengenceran tar, cold bin, hot bin, dryer, mixer, dan loader. Alat pengait digunakan untuk memindahkan tong aspal pada stasiun pengenceran tar. Tong yang dipindahkan memiliki berat 15 kilogram dan bersuhu 200°C. Alat pengait aktual memiliki dimensi panjang 80 cm dan tidak memiliki pegangan.

Hasil studi pendahuluan yang dilakukan dengan wawancara menunjukkan bahwa pekerja mengeluhkan panasnya alat pengait pada saat memindahkan tong aspal dari bagian pengenceran

tar aspal. Hasil pengamatan visual secara langsung menunjukkan bahwa alat pengait ternyata tidak memiliki dimensi yang sesuai dengan data antropometri operator.

Alat pengait ergonomis yang dirancang diharapkan dapat mengurangi ketidaknyamanan yang dialami operator, sehingga pemindahan tong aspal yang dilakukan lebih baik dan cepat, sehingga para operator dapat mengerjakan proses pemindahan tong lebih efektif

2. METODE PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. XYZ yang terdapat di kota Medan. Penelitian ini dilaksanakan selama 7 bulan mulai dari Maret sampai Oktober 2021.

2.2. Subjek Penelitian

Subjek yang diteliti pada penelitian ini adalah para operator pada bagian stasiun pengenceran aspal ter yang menggunakan alat pengait pada PT XYZ yang berjumlah 16 orang.

2.3. Variabel Penelitian

Penentuan variabel pada penelitian ini adalah atribut alat pengait, karakteristik teknis alat pengait, *customer requirement*, part kritis, dan data dimensi tubuh operator.

2.4. Metode Sampling

Teknik sampling yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik total sampling agar didapatkan hasil yang representatif.

2.5. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk kuesioner. Ada empat kuesioner yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kuesioner terbuka, kuesioner tertutup, kuesioner karakteristik teknis, dan kuesioner part kritis. Kuesioner terbuka digunakan untuk mengetahui keinginan konsumen terhadap proses perakitan. Jumlah sampel berjumlah 16 orang sedangkan kuesioner karakteristik teknis dan part kritis berjumlah 1 orang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Perancangan Fasilitas Kerja

Berdasarkan analisis dari data antropometri operator menunjukkan perlu adanya perbaikan pada

fasilitas kerja yang tidak sesuai dengan antropometri operator. Rancangan fasilitas yang sesuai dengan pekerja bermanfaat agar pekerja lebih mudah melakukan proses pemindahan tong aspal menggunakan alat pengait. Setelah dilakukan perancangan ulang didapat beberapa perbedaan spesifikasi yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Perbandingan Alat Pengait Aktual dan Alat Pengait Usulan

No	Atribut	Kategori Awal	Kategori Terpilih
1	Bahan Utama	Besi	Besi
2	Bahan Tambahan	-	Karet Ban
3	Bahan Tambahan Pegangan	-	Busa
4	Dimensi Alat Pengait	Panjang 80 cm, diameter 0,8 cm	Panjang 1 Meter, diameter 1 cm
5	Berat Alat Pengait	0,395 kg	0,6 kg
6	Warna Alat Pengait	-	Biru
7	Fungsi Tambahan	-	Pemecah Aspal
8	Bentuk Pegangan	-	Bulat

Sumber: Pengumpulan Data

3.2. Validitas dan Reliabilitas Data

Validitas berkaitan dengan kebermaknaan komponen penelitian. Ketika peneliti mengukur perilaku, mereka memperhatikan apakah mereka mengukur apa yang ingin mereka ukur [13].

Reliabilitas adalah konsistensi pengukuran untuk memahami fungsi suatu tes, penting bahwa tes yang digunakan secara konsisten. Contoh membedakan individu pada satu waktu atau selama periode waktu tertentu. Dengan kata lain, reliabilitas adalah sejauh mana pengukuran dapat diulang – ketika orang yang berbeda melakukan pengukuran, pada kesempatan yang berbeda, dalam kondisi yang berbeda, dengan instrumen yang dianggap alternatif yang mengukur hal yang sama [13].

Data hasil kuesioner dianalisis dengan melakukan pengujian validitas dan reliabilitas data. Hasil perhitungan menunjukkan seluruh variabel dinyatakan valid dan reliable [14]

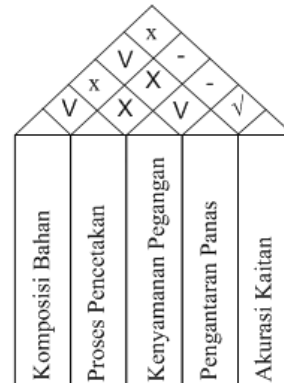
3.3. Membangun *Quality Function Deployment (QFD)*

Implementasi QFD melibatkan sekumpulan matriks. Dalam implementasi penuh, ada empat matriks. Yang pertama disebut House of Quality (HOQ). Istilah House of Quality sering digunakan untuk merujuk pada QFD, tetapi matriks awal ini sendiri bukan merupakan implementasi penuh. HOQ mengambil persyaratan pelanggan dan menerjemahkannya ke dalam persyaratan teknis (desain) [8].

HOQ adalah elemen penting dalam proses QFD karena menangkap suara pelanggan serta membangun jalur untuk arah upaya lebih lanjut). Ini adalah komponen QFD yang paling umum digunakan. Langkah-langkah untuk mengembangkan HOQ dijelaskan dalam teks berikut. Gambar 5 menunjukkan unsur-unsur HOQ. Setiap elemen diberi nomor berdasarkan urutan yang diselesaikan saat menghasilkan HOQ. [15]

Bagian terpenting dari QFD adalah membangun *House of Quality (HoQ)*. QFD dimulai dengan menentukan keinginan konsumen dan menentukan hubungan antara karakteristik teknis. Karakteristik teknis merupakan atribut-atribut yang mempengaruhi pada teknis perakitan alat pengait. Untuk menggambarkan tingkat hubungan antara masing-masing karakteristik teknis yang ada digunakan simbol sebagai berikut:

- V: tingkat hubungan positif kuat, bernilai 4
 - √: tingkat hubungan positif sedang, bernilai 3
 - x: tingkat hubungan negatif sedang, bernilai 2
 - X: tingkat hubungan negatif kuat, bernilai 1
 - : tidak ada hubungan, bernilai 0
- Tingkat hubungan antara masing-masing dapat dilihat pada Gambar 1.



Sumber: Pengolahan Data

Gambar 2. Hubungan Antar Karakteristik Teknik Alat Pengait Tong Aspal

Gambar 2 menunjukkan hubungan antara karakteristik teknis yang diperoleh melalui wawancara dengan kepala produksi. Hal yang selanjutnya dilakukan adalah menetapkan tingkat hubungan antara karakteristik teknis produk dengan keinginan konsumen. Skor hubungan antara keinginan konsumen dan karakteristik teknis dapat dilihat pada Gambar 3.

	Komposisi Bahan	Proses Pencetakan	Kenyamanan Pegangan	Pengantaran Panas	Akurasi Dimensi
Bahan utama alat pengait adalah besi	9	9	1	9	1
Dimensi alat pengait adalah panjang 1 meter, diameter 1 m	3	9	3	9	3
Berat alat pengait adalah 0,6 kg	9	0	0	9	1
Bahan pelapis alat pengait adalah karet ban	9	9	3	9	0
Fungsi tambahan alat pengait adalah memecah aspal	1	0	0	1	0
Bentuk pegangan alat pengait adalah bulat	1	0	9	9	9
Bahan tambahan pegangan alat pengait adalah busa	9	9	9	3	3
Warna alat pengait adalah biru	0	0	0	3	0

Sumber: Pengolahan Data

Gambar 3. Matriks Antara CR dengan Karakteristik Teknis Alat Pengait Tong Aspal

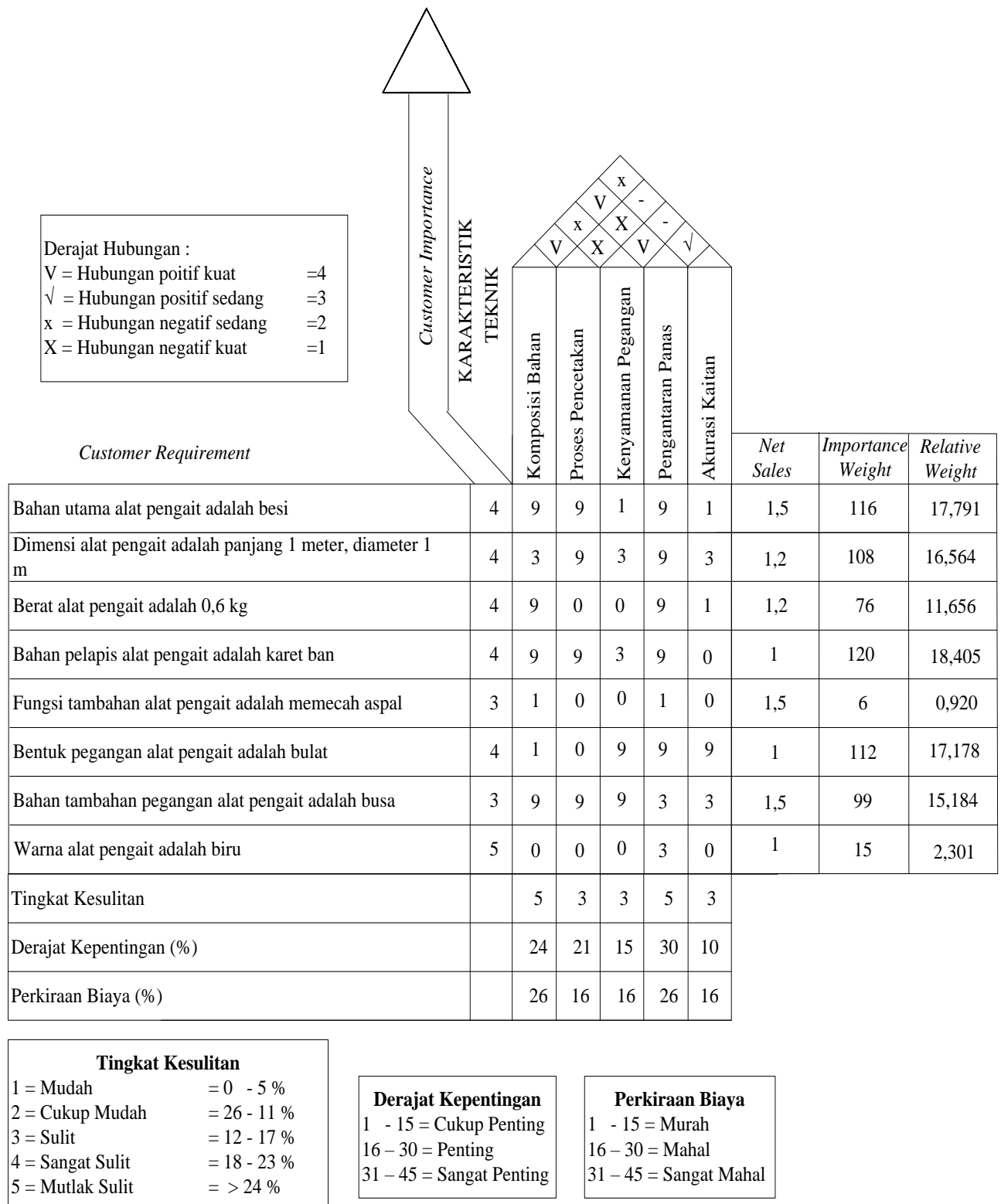
Gambar 3 menunjukkan hubungan antara keinginan konsumen dengan karakteristik teknis produk. Pemberian skor dilakukan dengan melihat



jawaban dari keinginan konsumen sebelumnya dan observasi terhadap proses perakitan.

Langkah selanjutnya adalah membuat matriks perencanaan. Matriks perencanaan berisi tentang informasi nilai kompetitif dari atribut kebutuhan responden. Informasi yang diperoleh dalam penelitian dibuat dalam matriks perencanaan yaitu sales point yang ditentukan peneliti melalui diskusi langsung dengan manajemen perusahaan, perhitungan bobot kepentingan, perhitungan bobot kepentingan relatif, dan membangun matriks *house of quality*. Pembuatan *house of quality* (HoQ) diawali dengan menghitung ukuran kinerja HoQ yang terdiri dari tiga aspek yaitu tingkat kesulitan, tingkat kepentingan dan perkiraan biaya.

Penentuan tingkat kesulitan, tingkat kepentingan dan perkiraan biaya diperoleh melalui perhitungan bobot karakteristik teknis dan pertimbangan dari perancang. HoQ penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. QFD Alat Pengait Tong Aspal Fase I

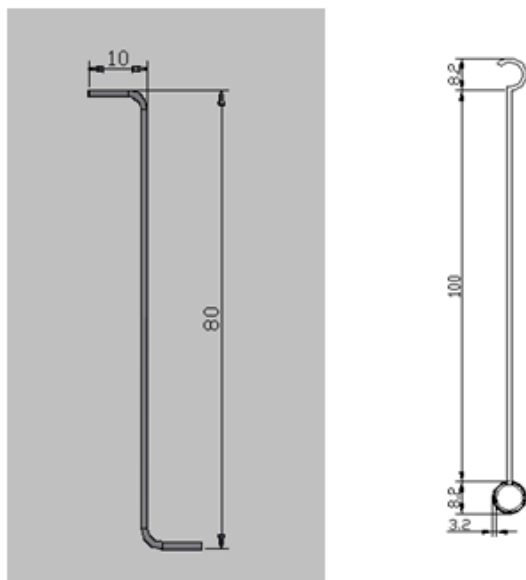
3.4. Penetapan Data Antropometri dengan Prinsip Ekstrim

Pengolahan data untuk menentukan dimensi rancangan fasilitas kerja ini menggunakan prinsip penggunaan data antropometri ekstrim bawah untuk dimensi tubuh diameter genggam tangan yaitu 3,3 cm dan ekstrim atas untuk dimensi tubuh lebar telapak tangan yaitu 8,2 cm. Tujuannya agar hasil rancangan dapat digunakan dengan nyaman oleh seluruh populasi yang ada di PT. XYZ. Untuk rekapitulasi persentil lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Perhitungan Persentil Seluruh Dimensi Tubuh Operator (cm)

Dimensi Tubuh	X _{Max}	X _{Min}	P ₅	P ₅₀	P ₉₅
Diameter Genggaman Tangan (DGT)	4,3	3,3	3,3	3,8	4,3
Lebar Telapak Tangan (LTT)	8,2	7,8	7,8	8,0	8,2

Gambar desain alat pengait dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



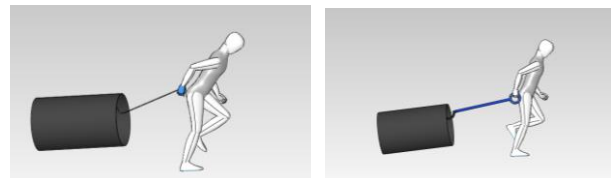
Sumber: Pengolahan Data
Gambar 5. Alat Pengait Aktual dan Alat Pengait Usulan

Alat pengait aktual memiliki panjang 80 cm dan panjang pegangan sepanjang 10 cm dan tidak ada pegangan. Pada alat pengait usulan memiliki atribut yang dibuat sesuai dengan keinginan operator. Keinginan operator dapat dilihat pada Tabel 1. Untuk gambar 3D rancangan alat pengait usulan dapat dilihat pada gambar 6.



Sumber: Pengolahan Data
Gambar 6. Tampilan 3D Alat Pengait Usulan

Simulasi pemindahan tong aspal dengan alat pengait aktual dan alat pengait usulan dapat dilihat pada Gambar 7.



Sumber: Pengolahan Data
Gambar 7. Ilustrasi Pemindahan Tong Aspal Menggunakan Pengait Aktual dan Alat Pengait Usulan

Dari Gambar 7. diatas, dapat dilihat bahwa alat pengait usulan memiliki keuntungan yaitu pemindahan tong aspal dengan menggunakan alat pengait usulan lebih cepat, keuntungan lainnya adalah:

1. Lebih aman dan nyaman digunakan, dibuktikan dari panas yang turun dengan cara menambahkan isolator ke alat pengait.[16].
2. Dapat menurunkan waktu pemindahan tong karena tidak terasa panas ditangan operator.
3. Lebih mudah dipegang, karena bentuk *handle* disesuaikan dengan antropometri diameter genggam tangan dan lebar telapak tangan operator.
4. Operator dapat melaksanakan pekerjaan dengan postur kerja yang lebih baik karena tidak terlalu membungkuk.

5. Dengan panjang alat pengait yaitu 100 cm, radiasi panas tidak dirasakan oleh operator.
6. Dengan waktu perpindahan tong yang cepat akan meningkatkan produktivitas operator.
7. Dengan meningkatnya waktu perpindahan, akan mengurangi *bottleneck* di stasiun pengenceran aspal ter

4. KESIMPULAN

Berdasarkan Tingkat kesulitan, derajat kepentingan, dan perkiraan biaya, karakteristik teknis *Quality Function Deployment* fase 1 yang tertinggi adalah komposisi bahan dan pengantaran panas.

Bagi saran penelitian, diharapkan penelitian berikutnya dapat dilanjutkan kebagian produktivitas dan perhitungan waktu baku kerja dalam proses produksi aspal agar dapat mengetahui peningkatan waktu yang lebih spesifik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zhang, Henglong., dkk. 2020. *An Innovative And Smart Road Construction Material: Thermochromic Asphalt Binder*. New Material in Civil Engineering. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818961-0.00022-3>
- [2] Su, Jun-Feng. 2020. *Self-Healing Pavements Using Microcapsules Containing Rejuvenator: From Idea To Real Application*. Eco-efficient Pavement Construction Materials. [:https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818981-8.00011-4](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818981-8.00011-4)
- [3] Sukirman, Silvia 1999, *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*, Bandung : Nova.
- [4] Lavin, Patrick G. 2003. *Asphalt Pavements A Practical Guide To Design, Production, And Maintenance for Engineers And Architects*. Spoon Press, Taylor & Francis Group: London.
- [5] Curcic, Srecko. 2007. *Product Development Using Quality Function Deployment (QFD)*. International Journal for Quality Research. University of Kraguevac, Serbia Vol.1, No. 3, 2007.
- [6] Evans, R.J. and Lindsay, M.W. 2015. *An Introduction to Six Sigma & Process*