

# PERANCANGAN ALAT PENGANGKUT KOMPONEN *SPOOL WIRE* DI PT KEMET ELECTRONICS INDONESIA

Marben Tahi Bonar Siburian<sup>1</sup>  
Ganda Sirait<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Industri, Universitas Putera Batam

<sup>2</sup>Dosen Program Studi Teknik Industri, Universitas Putera Batam

*email:* pb160410117@upbatam.ac.id

### ABSTRACT

*PT Kemet Electronics Indonesia is an international company that produces film capacitor products. An international company is certainly very concerned about the aspects of continuous improvement in its business. One of the jobs that requires repairs to the saction assembly. Where there is work to lift materials weighing up to 85 kg. This work can cause injury to workers if done manually. For this reason, it is necessary to have a problem-solving solution to the current material handling conditions. Axiomatic design is a design methodology that can produce complex design solutions in a systematic and scalable manner. House Of Quality is a tool that can be used to translate customer needs into product specifications so that products can properly satisfy customer needs. Axiomatic House Of Quality (AHOQ) is a combination of the two methods that can be used to produce good designs in a systematic and at the same time measuring design solutions based on customer needs. The research resulted in three functions, each of which is a function domain in each of the physical solution domains. The areas of this function are lifting the overflowing material with a hydraulic system, moving the backed material using the wheel system, and maintaining the quality of the material filled with the clamping arm system. The functional and physical domains are poured into a tool for transporting the coil wire material. With this tool, the work of lifting materials weighing 85 kg is no longer done by humans so that the work safety of employees can be improved.*

**Key word:** *design; axiomatic design; QFD.*

### PENDAHULUAN

PT Kemet Electronics Indonesia adalah sebuah perusahaan berskala internasional yang memproduksi produk kapasitor film. Kegiatan produksi dilakukan mulai dari bahan baku hingga menjadi produk yang siap pakai. Beberapa komponen utama yang menjadi bahan baku dalam pembuatan kapasitor adalah seperti film, babet, kawat tembaga, resin, dan box kapasitor. Didalam pembuatannya terdapat beberapa proses utama seperti *winding*, *andspray*, *bar preparation*, *element preparation*, *deburring*, *assembly*, *post curing*, dan *electrical testing*.

Satu dari beberapa kegiatan proses produksi yang menjadi perhatian penulis adalah kegiatan proses *assembly* yang berkaitan dengan aktifitas pengangkatan salah satu bahan baku yaitu gulungan kawat tembaga (*spool wire*) yang memiliki berat maksimum hingga mencapai 80 kg, yang masih dilakukan secara manual. Pengangkatan material *spool wire* secara manual dapat menyebabkan cacat pada material itu sendiri berupa goresan pada sisi material karena bergesekan pada benda sekitar pada saat pengangkatan. Beban yang berlebihan menyebabkan kontrol yang rendah pada operator karena sebagian besar tenaga telah dipakai untuk menahan beban sehingga hanya sedikit tenaga yang tersisa untuk mengontrol gerakan. Selain cacat pada material itu sendiri, resiko yang lainnya adalah cedera pada operator yang melakukan pengangkatan material *spool wire*.

Sebuah penelitian terdahulu yang telah dilakukan oleh Ari Ramdana (2018) dengan judul "Analisis Pengaruh *Manual Material Handling* (MMH) Pada Proses Muat Barang Dan Beban Angkat Terhadap Keluhan *Musculoskeletal*

Dengan Metode *Nordic Body Map* (NBM) Dan *Recommended Weight Limit* (RWL)", terhadap para pekerja bongkar muat di industry garmen menunjukkan bahwa sebuah aktifitas pengangkatan barang dengan beban 25 sampai dengan 35 kilogram yang dikerjakan oleh para pekerja memiliki resiko cedera. Meskipun secara teori pengangkatan beban 25-35 kilogram masih dapat dilakukan tanpa menggunakan alat bantu, pada kenyataan hal tersebut masih dapat menimbulkan cedera jika dikerjakan dengan posisi tubuh yang tidak tepat (Ramdana, 2018).

Jika mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Ari Ramdani, maka kegiatan mengangkat material *spool wire* dengan beban mencapai 80 kg sangat beresiko menimbulkan cedera. Terlebih lagi jika pekerjaan tersebut dikerjakan dengan posisi tubuh yang tidak benar. Salah satu contoh cedera yang bisa saja terjadi pada para pekerja yang melakukan pengangkatan material *spool wire* dengan beban mencapai 80 kg dan dengan posisi tubuh yang tidak benar adalah *musculoskeletal disorders*. *Musculoskeletal disorders* adalah keluhan pada bagian-bagian otot skeletal yang dirasakan oleh seseorang, mulai dari keluhan sangat ringan hingga sangat sakit (Rahman, 2017). Salah satu faktor yang dapat dilakukan dalam meningkatkan produktifitas dan efisiensi perusahaan dalam pemberdayaan penilaian sumber daya manusia adalah pengembangan peralatan yang lebih efektif (Sirait, 2020).

Perancangan adalah suatu proses penciptaan solusi terhadap suatu keadaan yang membutuhkan pemecahan masalah, dimana solusi disusun berdasarkan masalah-masalah itu sendiri. Dalam hal ini, perancangan yang

akan dilakukan adalah untuk menciptakan solusi terhadap permasalahan pengangkatan material spool wire di PT Kemet Electronics Indonesia. Perancangan yang dilakukan akan menghasilkan solusi fisik berupa alat yang mampu memberikan solusi terhadap permasalahan-permasalahan pengangkatan material *spool wire*.

### KAJIAN TEORI

#### 1. Perancangan

Peranan yang sangat penting dari sebuah perancangan adalah fungsinya yang sangat penting dalam mendefinisikan bentuk fisik produk agar bias memenuhi kebutuhan pengguna (Ulrich, 2001). Aktifitas perancangan memerlukan sarana dalam kegiatannya untuk berkreasi yang berfungsi sebagai alat untuk input data yang dilakukan dalam perancangan (Sirait, 2020).

#### 2. Axiomatic Design

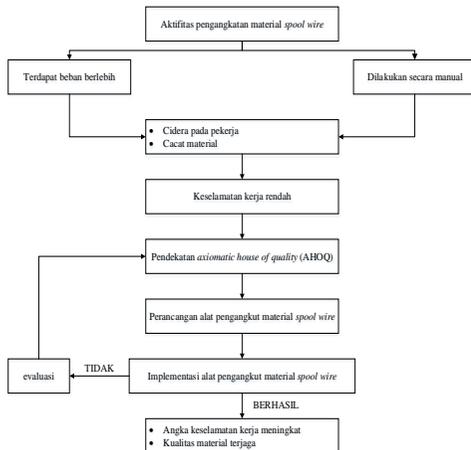
*Axiomatic design* (AD) dikembangkan oleh Nam Pyo Suh dari MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) sebagai upaya membuat logika proses desain. *Axiomatic design* tidak hanya diterapkan pada pengembangan produk saja, tetapi juga pada banyak aplikasi lainnya. Melalui pendekatan sistematis dan pertimbangan aksioma independensi dan aksioma informasi, bahkan proyek yang sangat kompleks dapat dikuasai sehingga mengurangi kompleksitas dalam tugas desain (Rauch et al., 2016). *Axiomatic design* adalah sebuah alat metodologi perancangan yang dapat digunakan untuk mengubah kebutuhan pelanggan kedalam kebutuhan fungsional, parameter desain dan variabel proses dalam penyelesaian masalah desain secara sistematis dan efektif (Hosseinpour, 2013).

#### 3. *Quality Function Deployment*

Salah satu metode yang dapat membantu dalam proses perancangan dan pengembangan produk adalah *quality function deployment* (QFD) dimana di dalamnya terdapat *tools house of quality* (HOQ). QFD sendiri memiliki 4 fase yakni fase 1 (*product planning*), fase 2 (*product design*), fase 3 (*process planning*) dan fase 4 (*production planning*) (Mahrjerdi, 2010 di dalam Karo et al., 2018). *Quality function deployment* (QFD) pertama sekali didasari pada sebuah penelitian yang dilakukan oleh Katsuyoshi Ishihara yang pada waktu itu bekerja pada divisi komponen elektronik di perusahaan Matsushita. Katsuyoshi Ishihara adalah orang pertama yang menerapkan pengerahan fungsi (*function deployment*) untuk memperjelas tugas-tugas dari kualitas (Kumar dan Garnaik 2016 di dalam Sandova et al., 2020). Tujuan dari prinsip QFD adalah untuk memastikan bahwa kebutuhan dan keinginan pengguna dapat terpenuhi dalam suatu proses penurunan suatu produk. Itu sebabnya QFD dikatakan berawal dari suara pelanggan (pengguna) dan sering dalam bahasa Inggris QFD disebut sebagai *customer-driven product development* atau *customer-focused design* (Prastyo et al., 2019).

#### 3. Kerangka berpikir

Bagan berikut merupakan bentuk dari kerangka berpikir dari penelitian ini.



**Gambar 1** Kerangka Berpikir  
(Sumber: Data Penelitian, 2020)

## METODE PENELITIAN

Variabel dalam penelitian ini adalah kegiatan pengangkatan material *spool wire* dan rancangan alat pengangkut material *spool wire*. Yang menjadi variabel dependen penelitian ini adalah pekerjaan pengangkatan material *spool wire*. Sedangkan yang menjadi variabel independen dalam penelitian ini adalah rancangan alat pengangkut material *spool wire*. Populasi dari penelitian ini adalah para pekerja departemen produksi, *section assembly* yang berkaitan dengan aktifitas pengangkatan material *spool wire*. Sampel ditentukan dengan teknik sampel jenuh sehingga seluruh populasi akan menjadi sampel penelitian yakni berjumlah 12 orang. Tahap pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi langsung di lantai produksi, wawancara dengan para karyawan dan penyebaran kuesioner. Dari hasil pengumpulan data, kemudian data yang terkumpul terlebih dahulu dilakukan pengujian guna mengetahui validitas dan reabilitas data.

Tahapan analisis data dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

### 1. Analisis data

Dalam melakukan suatu penelitian, dibutuhkan suatu metode yang cocok dengan alur penelitian yang akan dikerjakan (Napitupulu & Suzen, 2019). Adapun metode dan langkah-langkah sistematis yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### a. Pengumpulan data.

Tahap pengumpulan data dilakukan dengan tiga cara yaitu dengan melakukan observasi langsung di lantai produksi, wawancara dan penyebaran kuesioner.

#### b. Identifikasi kebutuhan pengguna

Mengidentifikasi kebutuhan pengguna bertujuan untuk mengetahui kebutuhan para pengguna dalam hal ini ialah karyawan yang berkaitan dengan pengangkatan material *spool wire*, terhadap alat pengangkut material *spool wire* yang akan dirancang. Informasi kebutuhan pengguna tersebut kemudian akan digunakan untuk menyusun *customer attribute*. *Customer attribute* adalah domain yang menampung kebutuhan dari sudut pandang pengguna (Dian Putra et al., 2016).

#### c. Menetapkan spesifikasi dan target

Pada tahap penetapan spesifikasi dan target hal yang dilakukan adalah menyusun *functional requirement* berdasarkan pada *customer attribute*, desain parameter dan menambahkan *constraint*. Domain yang menampung seluruh fungsi yang ingin dicapai dari suatu desain produk disebut sebagai *functional requirement* (Andriani et al., 2018). Desain parameter adalah domain yang bertujuan untuk mempresentasikan elemen fisik dari domain fungsi yang telah ditetapkan (Dian Putra et al., 2016).

#### d. Menyusun model integrasi antara *house of quality* dan *axiomatic design*

*Axiomatic house of quality* dapat membantu menterjemahkan *voice of customer* dengan lebih terstruktur dan membantu dalam mengembangkan desain berdasarkan kebutuhan fungsional dari pengguna (Dian Putra et al., 2016). Penyusunan model integrasi *house of quality* dan *axiomatic design* (AHOQ) dalam penelitian ini dilakukan dalam 4 tahapan, yaitu menyusun matriks *functional requirement* dan desain parameter, mengkorelasikan antar desain parameter, menambahkan *constraint* dan bagaimana hubungannya terhadap desain parameter, dan yang terakhir adalah mengevaluasi model AHOQ yang sudah dirangkai pada tahapan-tahapan sebelumnya.

e. Mengembangkan konsep desain

Pada tahap ini pekerjaan selanjutnya adalah menciptakan beberapa konsep desain yang dibuat berdasarkan pada spesifikasi dan target yang telah ditetapkan terlebih dahulu pada tahap integrasi *house of quality* dan *axiomatic design*, dan juga peta morfologi.

f. Memilih konsep desain

Tahap pemilihan konsep desain bertujuan untuk menemukan satu konsep terbaik yang akan dijadikan sebagai keputusan untuk diimplementasikan. Pemilihan konsep dilakukan dengan menggunakan screening method dan scoring method.

g. Menguji konsep

Konsep terpilih selanjutnya diuji guna mengetahui apakah desain sudah sesuai dan telah memenuhi harapan para penggunanya. Pengujian konsep dilakukan dengan cara menampung tanggapan atau penilaian langsung dari para pengguna terhadap deskripsi desain produk.

h. Menentukan desain akhir produk

Jika konsep desain telah diuji, maka tahapan terakhir adalah menetapkan

desain akhir produk. Desain akhir produk yang akan ditetapkan tentunya sudah termasuk adanya perbaikan jika dalam tahap pengujian ditemukan kritik dan saran dari para pengguna.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Proses handling material spool wire

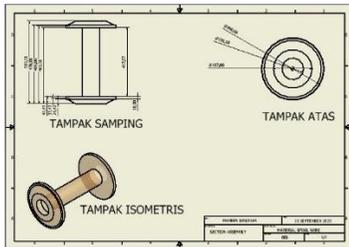
Kegiatan handling material spool wire yang dilakukan pada saat ini di area kerja saction assembly dikerjakan dengan cara yang sangat manual. Penanganan material masih memanfaatkan tenaga manusia sebagai sumber daya utamanya. Sedangkan alat yang ada saat ini untuk membantu kegiatan pengangkatan hanyalah sebuah trolley yang sangat sederhana. Kegiatan handling itu sendiri terdiri dari tiga langkah utama yaitu proses pengangkatan material spool wire ke atas trolley, mendorong trolley dari lokasi row material menuju mesin produksi dan menurunkan material spool wire dari atas trolley.



**Gambar 2** Trolley Untuk Mengangkat Material Spool Wire

(Sumber: Data Penelitian, 2020)

Selain pernyataan pelanggan, dimensi material spool wire juga menjadi acuan penting dalam proses perancangan alat. Karena alat yang akan dirancang memang didesain khusus hanya untuk mengangkat material spool wire itu sendiri. Pada tahap observasi, peneliti telah melakukan pengukuran terhadap material spool wire. Data dimensi pengukuran dapat dilihat seperti pada gambar berikut ini:



**Gambar 3** Dimensi Material Spool Wire  
(Sumber: Data Penelitian, 2020)

4.2 Pengolahan data

A. Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan dengan tiga cara yakni observasi langsung,

wawancara dan kuesioner. Hasil observasi di lapangan adalah data tentang spesifikasi material *spool wire*. Dari hasil observasi didapatkan bahwa berat material dapat mencapai 80 kg. Dimensi material *spool wire* dapat dilihat seperti pada gambar 3. Wawancara yang dilakukan oleh penulis kepada para karyawan adalah berbentuk wawancara terstruktur. Wawancara dilakukan secara langsung kepada para pekerja di area kerja. Jawaban dari hasil wawancara dengan para pekerja telah dirangkum seperti pada table 1 berikut ini:

**Tabel 1** Rangkuman Hasil Wawancara

No	Pertanyaan	Jawaban karyawan
1	Bagaimana tanggapan anda dengan kondisi <i>handling</i> material <i>spool wire</i> yang dikerjakan saat ini?	Pekerjaan berbahaya/beresiko cedera Pekerjaan rumit untuk dikerjakan Dikerjakan secara manual Beban yang harus diangkat terlalu berat
2	Apa kelebihan dari kondisi <i>handling</i> material <i>spool wire</i> yang dikerjakan saat ini?	Tidak ada kelebihan dari sistem <i>handling</i> yang ada saat ini
3	Apa kekurangan dari kondisi <i>handling</i> material <i>spool wire</i> yang dikerjakan pada saat ini?	Material yang diangkat terlalu berat Memerlukan terlalu banyak tenaga Beresiko mengakibatkan cedera pada pekerja Beresiko menyebabkan cacat material Tidak dapat dikerjakan oleh 1 orang Dikerjakan secara bertele-tele ( <i>ribet</i> ) Adanya alat bantu pengangkatan
4	Apa harapan anda kedepannya terhadap kondisi <i>handling</i> material <i>spool wire</i> di <i>saction assembly</i> ?	Mengurangi resiko cedera pada pekerja Mengurangi resiko cacat material Mengurangi penggunaan tenaga berlebih Dapat dikerjakan secara praktis

(Sumber: Data Penelitian, 2020)

Untuk menyaring pernyataan pengguna sehingga didapatkan prioritas kebutuhan pengguna, penulis membuat kuesioner tertutup berdasarkan hasil rangkuman wawancara. Kuesioner tertutup ini akan dibagikan kepada para pekerja untuk diisi sesuai dengan

penilaian masing-masing guna mendapatkan penilaian prioritas dari pengguna secara langsung tentang pernyataan pengguna. Kuesioner tertutup dibuat sebanyak 12 rangkap. Hasil dari kuesioner yang dibagikan dapat dilihat seperti pada table 4. 3 berikut ini:

**Tabel 2** Rekap Kuesioner Tertutup

No	Nama	Pernyataan
----	------	------------

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Rian Koto	5	4	2	5	4	4	3	1	2	5
2	Wahyu Pratama Putra	4	3	5	5	4	4	4	4	4	5
3	Roni Ibrahim	5	3	4	5	5	4	4	4	3	5
4	Pittor Siallagan	5	2	2	4	4	5	5	4	1	5
5	Jhosua Pahala Hutapea	5	4	5	5	5	4	5	4	3	5
6	Maulana Widiyanto	4	3	5	5	5	5	4	4	4	5
7	Donny Qori Mustaqim	3	2	4	4	3	2	3	4	2	5
8	Raihan Ali Ghifari	4	1	5	5	5	5	5	4	3	5
9	Didik Dwi Wahyudi	5	4	4	5	5	5	5	4	4	5
10	Rony Tulus	5	3	4	4	4	4	4	4	2	4
11	Zani Darlis	5	2	1	2	2	4	4	2	2	5
12	Khumaidi	5	2	1	2	2	5	5	1	1	5

(Sumber: Data Penelitian, 2020)

### B. Identifikasi kebutuhan pelanggan

Penentuan kriteria pada customer attribute dimulai dengan menentukan kriteria-kriteria yang dibutuhkan dari alat yang akan dirancang dengan melibatkan pengguna secara langsung (Achmadi & Purnomo, 2016). Pada tahap wawancara dan kuesioner telah didapatkan informasi tentang pernyataan dan penilaian pelanggan. Setidaknya terdapat 17 butir

pernyataan pelanggan. Namun tidak semua dapat dijadikan sebagai *customer attribute*. Penulis telah menyeleksi pernyataan pelanggan yang akan diinterpretasikan ke dalam customer attribute. Terdapat 5 buah pernyataan pelanggan yang akan diinterpretasikan ke dalam customer attribute seperti yang telah disajikan di dalam tabel berikut ini.

**Tabel 3** Customer Attribute

No	Customer attribute
1	Alat bantu dapat mengangkat beban material
2	Alat bantu dapat dioperasikan dengan mudah
3	Alat bantu dapat mengurangi resiko cacat material
4	Alat bantu dapat memindahkan material <i>spool wire</i> dengan mudah
5	Alat bantu dapat dioperasikan oleh satu orang

(Sumber: Data Penelitian, 2020)

Alat bantu dapat mengangkat beban material artinya adalah alat yang akan dirancang nantinya mampu untuk mengangkat beban material *spool wire* yang selama ini menjadi keluhan pekerja karena beratnya yang mencapai 80 kg. Alat bantu dapat dioperasikan dengan mudah artinya alat yang akan dirancang nantinya dapat dioperasikan tanpa harus melalui proses yang bertele-tele dan tanpa menggunakan prosedur mekanisme

tertentu yang rumit. Alat bantu dapat mengurangi resiko cacat material artinya adalah alat yang akan dirancang dapat menjaga kualitas material sehingga tidak lagi beresiko tergores ataupun terbentur selama proses handling. Alat bantu dapat memindahkan material *spool wire* dengan mudah artinya adalah alat bantu yang akan dirancang mampu memindahkan material *spool wire* dari lokasi material menuju mesin produksi sedemikian rupa dengan cara yang praktis. Alat bantu

dapat dioperasikan oleh satu orang artinya adalah alat yang akan dirancanag nantinya dapat melakukan semua langkah-langkah handling material spool wire hanya dengan dioperasikan oleh

satu orang pekerja tanpa harus dibantu oleh pekerja lainnya.

C. Menetapkan spesifikasi dan target Pada tahap ini ditetapkan *functional requirement* (FRs) dan *design parameters* (DPs).

**Tabel 4 Functional Requirement**

Customer Attribute	Functional Requirement
Alat bantu dapat mengangkat beban material	
Alat bantu dapat dioperasikan oleh satu orang	1.Mengangkat material <i>spool wire</i>
Alat bantu dapat memindahkan material <i>spool wire</i> dengan mudah	2.Memindahkan material <i>spool wire</i>
Alat bantu dapat dioperasikan dengan mudah	3.Menjaga kualitas material <i>spool wire</i>
Alat bantu dapat mengurangi resiko cacat material	

(Sumber: Data Penelitian, 2020)

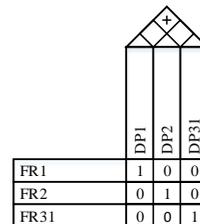
**Tabel 5 Design Parameters**

Kode	FRs	Kode	DPs
FR <sub>1</sub>	Mengangkat material <i>spool wire</i>	DP <sub>1</sub>	Sistem nengangkatan
FR <sub>2</sub>	Memindahkan material <i>spool wire</i>	DP <sub>2</sub>	Sistem roda
FR <sub>31</sub>	Menjaga material <i>spool wire</i> tidak jatuh dalam proses pengangkatan	DP <sub>31</sub>	Sistem handling

(Sumber: Data Penelitian, 2020)

D. Menyusun model integrasi axiomatic house of quality

Korelasi yang terjadi pada desain adalah dependensi positif yang artinya dalam hubungan yang terjadi, masing-masing DPs saling mendukung fungsinya satu sama lain. Dependensi yang terjadi adalah antara DP1 dengan DP31 yaitu desain sistem pengangkatan dengan sistem handling.



**Gambar 4** Korelasi Antar Dps

E. Mengembangkan konsep desain dan memilih konsep desain

Setelah dilakukan pengembangan konsep desain dengan menggunakan pendekatan axiomatic, desain yang dikembangkan kemudian di seleksi berdasarkan pada penilaian pelanggan. Berikut adalah pilihan konsep desain:



**Gambar 5** Pilihan Konsep Desain

Setelah dilakukan seleksi desain menggunakan pugh matrix dan scoring method di dapatkan desain kedua adalah desain terpilih.



**Gambar 6** Desain Terpilih

F. Menguji konsep dan menentukan desain akhir produk

Pengujian konsep dilakukan dengan mengkomunikasikan konsep terpilih dengan para pengguna untuk mendapatkan tanggapan tentang kekurangan konsep yang ada. Hasil pengujian menunjukkan bahwa para karyawan cukup puas dengan konsep yang ada, sehingga tidak perlu dilakukan perbaikan desain. Desain akhir produk adalah sama dengan desain terpilih seperti pada gambar 6.

## SIMPULAN

Simpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah:

1. Rancangan fungsional yang ditetapkan pada perancangan alat bantu adalah 3 rancangan fungsional yakni mengangkat material spool wire, memindahkan material spool wire dan menjaga kualitas material spool wire. Rancangan fungsional ditetapkan berdasarkan pada kebutuhan pengguna.

2. Rancangan fisik dibuat untuk menyelesaikan rancangan fungsional yang telah dibuat. Adapun rancangan fisik untuk rancangan fungsional pertama adalah sistem hidrolik dengan kapasitas 100 kg. Rancangan fisik untuk rancangan fungsional kedua adalah sistem roda. Dan rancangan fisik untuk rancangan fungsional yang ketiga adalah sistem lengan penjepit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, O., & Purnomo, H. (2016). *Konsep Rancangan Alat Penanam Benih Jagung Dengan Pendekatan Axiomatic Design*. 93–101.
- Andriani, D. P., Choiri, M., & Desrianto, F. B. (2018). Redesain Produk Berfokus Pada Customer Requirements Dengan Integrasi Axiomatic Design dan House of Quality. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 17(1), 71. <https://doi.org/10.23917/jiti.v17i1.5867>
- Dian Putra, M., Pambudi Tama, I., & Puspita Andriani, D. (2016). Analisis Perancangan Alat Bantu Material Handling Produksi Genteng Menggunakan Metode Axiomatic House of Quality (Ahoq). *Journal of Engineering and Management Industrial System*, 4(1), 19–30. <https://doi.org/10.21776/ub.jemis.2016.004.01.3>
- Hosseinpour, A. (2013). *Integration of Axiomatic Design with Quality Function Deployment for Sustainable Modular Product Design*.
- Karo, G., Gurusinga, K., Dian, F., & Wijaya, P. (2018). *Perancangan Produk Celana Dalam ( Underwear*

- ) *Pria Jenis Brief dengan Penambahan Joint Menggunakan Metode Quality Function Deployment ( QFD ).* 25–31.
- Napitupulu, R., & Suzen, Z. S. (2019). Pengembangan Mesin Pengupas Kulit Buah Aren Dengan Metode Quality Function Deployment (QFD). *Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur*.  
<https://doi.org/10.33504/manutech.v8i01.79>
- Prastyo, A. Y., Maghlidah, S. T., Khano, A., & Andriani, D. P. (2019). Peningkatan Kualitas Alat Bantu Pemotong Tempe pada UKM Keripik Tempe Menggunakan HOQ. *Seminar Nasional Teknik Industri Universitas Gadjah Mada 2019, 2018*, M76–M85.
- Rahman, A. (2017). *Analisis Postur Kerja Dan Faktor Yang Berhubungan Dengan Keluhan Musculoskeletal Disorder (MSDs) Pada Pekerja Beton Sektor Informal Di Kelurahan Samata Kecamatan Somba Opu Kabupaten Goa.*
- Ramdana, A. (2018). *Analisis Pengaruh Manual Material Handling (MMH) Pada Proses Muat Barang Dan Beban Angkat Terhadap Keluhan Muskuloskeletal Dengan Metode Nordic Body Map (NBM) Dan Recomendated Weight Limit (RWL) (Studi Kasus PT. Sabena Cipta).*
- Rauch, E., Matt, D. T., & Dallasega, P. (2016). Application of Axiomatic Design in Manufacturing System Design: A Literature Review. *Procedia CIRP, 53*, 1–7.  
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.04.207>
- Sandova, D. R., Safi'i, I., & Tripariyanto, A. Y. (2020). Pengembangan Produk Kursi Tunggu Multifungsi Dengan Menggunakan Metode Quality Function Deployment (QFD). *JURMATIS: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Industri*.  
<https://doi.org/10.30737/jurmatis.v2i1.861>
- Sirait, G. (2020). *Analisis Peningkatan Produksi Dengan Rancang Bangun Alat Pemotong Pada Proses Packing.* 5(2), 106–110.
- Ulrich, K. (2001). Perancangan dan Pengembangan Produk. In *Irwin McGraw-Hill*.



**Penulis Pertama, Marben Tahibon Siburian. Merupakan Mahasiswa Prodi Teknik Industri Putera Batam.**



**Penulis kedua, ganda sirait S.Si., M.Si. Merupakan Dosen Prodi Teknik Industri universitas Putera Batam. Penulis banyak berkecimpung di bidang desain.**