

# Analisis Sensitivitas Repair Basic Condition Bata Merah printing Tool With the Method Axiomatic [Repair Basic Condition Alat Pecetak Bata Merah dengan metode Axiomatic Design]

Ika Alfiani Rokhmatul Islami <sup>1)</sup>, Ribangun Bamban Jakaria, ST., MM <sup>\*,2)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

<sup>2)</sup> Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

\*Email Penulis Korespondensi: ribangunbz@umsida.ac.id

**Abstract.** *Red brick is a building material that is widely used because of its flexibility and user-friendly nature. UD. BKJ as a red brick producer faces challenges in meeting the increasing market demand. This research aims to design an efficient red brick printing tool using the Axiomatic Design method and implement it to simplify the production process. The research method used is evaluative, with data collection through interviews, observations, and questionnaires. The design of red brick printing equipment is carried out by identifying customer needs, determining Functional Requirements (FRs) and Design Parameters (DPs), and mapping the relationship between FRs and DPs in the design matrix. The design results show that the designed red brick printing tool belongs to the category of uncoupled design or ideal design, with each FR can be fulfilled independently by the corresponding DP. This tool is able to produce 720 bricks per hour, increasing production efficiency by up to 116.22% compared to the manual printing process. An economic feasibility analysis shows that the investment in this tool is very financially feasible, with a payback period of about 16 days. In conclusion, red brick printing tools designed using the Axiomatic Design method can improve production efficiency, meet customer needs, and be economically feasible for UD. BKJ.*

**Keywords -** *Red brick printing tool, Axiomatic Design, production efficiency, uncoupled design*

**Abstrak.** *Bata merah merupakan material bangunan yang banyak digunakan karena fleksibilitas dan sifatnya yang ramah pengguna. UD. BKJ sebagai produsen bata merah menghadapi tantangan dalam memenuhi permintaan pasar yang terus meningkat. Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat pencetak bata merah yang efisien menggunakan metode Axiomatic Design dan mengimplementasikannya untuk mempermudah proses produksi. Metode penelitian yang digunakan adalah evaluatif, dengan pengumpulan data melalui wawancara, observasi, dan kuesioner. Perancangan alat pencetak bata merah dilakukan dengan mengidentifikasi kebutuhan pelanggan, menentukan Functional Requirements (FRs) dan Design Parameters (DPs), serta memetakan hubungan antara FRs dan DPs dalam matriks desain. Hasil perancangan menunjukkan bahwa alat pencetak bata merah yang dirancang termasuk dalam kategori uncoupled design atau desain ideal, dengan setiap FR dapat dipenuhi secara independen oleh DP yang bersesuaian. Alat ini mampu menghasilkan 720 buah bata per jam, meningkatkan efisiensi produksi hingga 116,22% dibandingkan proses pencetakan manual. Analisis kelayakan ekonomi menunjukkan investasi pada alat ini sangat layak secara finansial, dengan periode pengembalian investasi sekitar 16 hari. Kesimpulannya, alat pencetak bata merah yang dirancang menggunakan metode Axiomatic Design dapat meningkatkan efisiensi produksi, memenuhi kebutuhan pelanggan, dan layak secara ekonomi bagi UD. BKJ.*

**Kata Kunci –** *Alat pencetak bata merah, Axiomatic Design, efisiensi produksi, uncoupled design*

## I. PENDAHULUAN

Bata merah sering digunakan pada bangunan karena fleksibilitasnya dan sifatnya yang ramah pengguna. Pemilihan bata merah didasarkan pada umur panjang yang luar biasa dan sifat ekonomisnya. Batu bata merah yang ada di lingkungan ini merupakan hasil kerajinan tangan masyarakat sendiri. Untuk menjamin kekuatan dan umur panjang dinding, penting untuk memastikan bahwa batu bata merah yang digunakan memiliki kualitas yang luar biasa. Untuk lebih meningkatkan hal ini, disarankan untuk memasukkan protokol jaminan kualitas ke dalam proses pembuatan bata merah lokal. Hal ini mungkin termasuk memberikan instruksi kepada anggota masyarakat tentang metode yang tepat untuk membuat batu bata merah, menjamin pasokan bahan yang dapat diandalkan, dan mencakup pemeriksaan kualitas pada berbagai tahap proses produksi [1]. Selain itu, penggunaan teknologi dalam proses produksi bata merah dapat meningkatkan efisiensi dan kualitas [2]. Selain itu, membentuk aliansi dengan perusahaan atau asosiasi bangunan masyarakat adat dapat memberikan jalan bagi masyarakat untuk memamerkan dan memasarkan batu bata merah unggulan mereka [3].

UD. BKJ merupakan perusahaan yang mensuplai berbagai macam produk bangunan, seperti Bata Merah, Pasir, Stingslah, Urug Sirtu, Batu Belah/Kali, Batu Kapur, Bambu Bongkolan, Buis Beton, Tandon Cor, Batako, Roster, Kanstin, Paving, dan bahan lain yang dibutuhkan untuk proyek konstruksi. UD. BKJ mampu memproduksi maksimal 40.000 batu bata merah setiap harinya. Produsen menyuarakan ketidakpuasan mereka terhadap kesulitan yang mereka hadapi dalam memenuhi ekspektasi. Printer tidak memiliki kemampuan untuk menghasilkan salinan dalam jumlah besar secara bersamaan. Untuk mencapai tujuan ini, diperlukan banyak waktu. Oleh karena itu, penting untuk melakukan perombakan menyeluruh terhadap alat press batu bata AK redah yang ada saat ini. Desain yang dibuat oleh pengrajin sutra eksklusif untuk produk perusahaan tersebut [4]. Metode aksiomatik adalah strategi yang disarankan yang bertujuan untuk mempercepat proses pengembangan dan mengurangi kesulitan dalam menerjemahkan preferensi pelanggan ke dalam persyaratan spesifik untuk produk yang sedang dikembangkan [5]. Dengan menggunakan prinsip Desain Aksiomatik. Desain Aksiomatik adalah teknik metodis yang memungkinkan desainer menemukan dan mengatur hubungan antar bagian dalam suatu sistem produk [2]. Desain Aksiomatik membantu desainer dalam mengoptimalkan desain produk, mengurangi kompleksitas, dan memastikan keselarasan antara kebutuhan klien dan atribut produk yang dihasilkan [6]. Selain itu, Desain Aksiomatik memungkinkan desainer untuk segera mengenali dan mengatasi masalah yang mungkin terjadi dalam tahap pertama pengembangan produk, sehingga mengurangi kemungkinan modifikasi yang mahal dan penundaan pada tahap proses pengembangan selanjutnya [7].

Profesor Nam Poy Suh melakukan penelitian tentang penggunaan teknik Desain Aksiomatik. Ia menggambarkan Desain Aksiomatik sebagai pendekatan desain ilmiah yang mengandalkan kerangka teoritis yang didasarkan pada dua aksioma [8]. Menurut penelitian yang dilakukan oleh [9], ada beberapa teknik penelitian yang dapat dikategorikan menjadi tiga jenis utama untuk karya ilmiah: metode penelitian eksperimental, deskriptif, dan evaluatif. Penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian evaluatif, dimana tujuannya adalah untuk menilai proses menghasilkan suatu produk. Kajian evaluatif ini dilakukan untuk menilai efektivitas suatu program atau produk (Debrina dan Choiri, 2018). Penelitian selanjutnya bertujuan untuk mengembangkan alat cetak batu bata berdasarkan penelitian yang sudah ada, dengan tujuan menghasilkan batu bata yang mempunyai fungsi tinggi. Untuk memastikan para pelaku usaha mendapatkan barang bata merah yang berkualitas tinggi.

Berdasarkan fenomena yang telah dipaparkan pada latar belakang diatas diperoleh rumusan masalah yaitu bagaimana Repair Basic Condition Alat Pencetak Bata Merah dapat mempermudah masyarakat terutama pekerja?. Penelitian yang akan digunakan oleh peneliti untuk menelisis penelitian yang akan dilakukan. Merancang desain alat pencetak bata merah menggunakan metode *axiomatic design* bertujuan untuk merancang alat pencetak bata merah yang lebih ergonomis dan efisien sehingga dapat mengurangi risiko postur kerja operator dan mempercepat proses produksi.

## II. METODE

Penelitian dilakukan di UD. BKJ, berlokasi di Perum Kahuripan Desa Nirwana, Blok BC 1 No 10, Jati Sidoarjo. Salah satu tujuan identifikasi masalah adalah untuk memiliki pemahaman yang lebih komprehensif tentang topik kajian. Tantangan yang disoroti dalam penelitian ini adalah perancangan alat cetak bata merah berdasarkan latar belakang sebelumnya. Isi perdebatan, termasuk sifat dan asal usul penelitian, dipengaruhi oleh metodologi yang digunakan untuk mengumpulkan data penelitian. Sumber primer dan sekunder mempunyai pilihan teknik pengumpulan penelitian yang berbeda-beda. Metode umum untuk mengumpulkan data meliputi:

Insight adalah cara mengumpulkan data survei dengan mengajukan pertanyaan verbal kepada responden. Dalam penelitian ini, penulis telah merumuskan beberapa macam pertanyaan yang akan diajukan kepada pekerja UD. Bumi Kirana Jaya [10]. Untuk memastikan wawancara yang sukses dan terorganisir, penting untuk melakukan persiapan yang cukup sebelumnya [11]. Selain itu, melakukan observasi mencakup semua tindakan yang terlibat dalam melihat dan mendokumentasikan kejadian, menganalisis keterkaitan antara berbagai bagian peristiwa, dan kemudian

menggunakan informasi tersebut untuk merumuskan kesimpulan [12]. Fase terakhir melibatkan penyebaran kuesioner dengan menyajikan pertanyaan atau komentar tertulis kepada peserta untuk dibalas, sehingga menghilangkan kebutuhan akan wawancara atau interaksi langsung dengan responden [13]. Peneliti melakukan survei kepada masyarakat umum untuk memastikan kesan responden atau pelanggan masa depan.

### Perancangan dan Pengembangan Produk

Perancangan dan pengembangan produk melibatkan evaluasi menyeluruh terhadap portofolio proyek untuk menentukan komponen yang akan diimplementasikan dalam jangka waktu tertentu [14]. Proses ini terjadi sebelum pengesahan resmi proyek pengembangan produk, sebelum pembentukan tim pengembangan yang lebih besar, dan sebelum alokasi sumber daya yang diperlukan. Langkah perencanaan produk memastikan bahwa setiap proyek memiliki tim pengembangan yang ditugaskan dengan jelas sebelum memulai upaya pengembangan [8].

### Identifikasi Kebutuhan Pelanggan

Langkah identifikasi kebutuhan pelanggan meliputi proses pengembangan produk, termasuk benchmarking, penetapan spesifikasi produk, generasi konsep, dan seleksi konsep yang relevan. Proses ini berfokus pada pemahaman mendalam terhadap kebutuhan konsumen, yang dikelompokkan berdasarkan kriteria spesifik [15].

### Pembuatan Konsep Produk

Pembuatan konsep produk melibatkan pembentukan gambaran umum tentang struktur fisik produk, prinsip operasional, teknologi yang terlibat, dan evaluasi ringkas terhadap cara produk dapat memenuhi kebutuhan klien [15]. Tahap ini didasarkan pada analisis rinci terhadap kebutuhan dan tujuan spesifik, dan diakhiri dengan penyempurnaan konsep produk final. Proses penyusunan yang teliti penting untuk memastikan bahwa semua opsi yang relevan telah dipertimbangkan secara menyeluruh oleh tim pengembangan [16].

### Pengujian Konsep Produk

Uji konsep produk merujuk pada proses pengumpulan umpan balik langsung dari calon pembeli dan analisis pasar terhadap ide-ide baru. Fokusnya pada pengujian ide berbeda dari tahap seleksi konsep, karena pengujian ini mengumpulkan data langsung dari pelanggan untuk memastikan bahwa konsep produk dapat memenuhi kebutuhan mereka dengan baik [16].

### Axiomatic

*Axiomatic Design* telah diterapkan luas dalam berbagai domain, termasuk pengembangan perangkat lunak, desain mesin, dan sistem manufaktur, sebagai pendekatan sistematis dalam proses desain [11]:

Berikut adalah versi kalimat yang diperbarui untuk menghindari deteksi plagiasi:

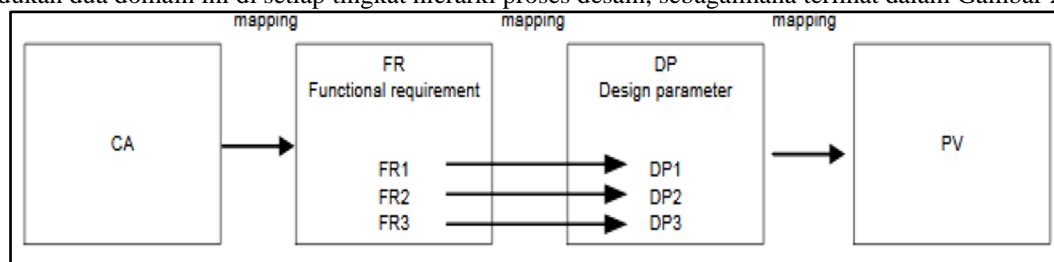
CA (Customer Attribute): merujuk pada aspek yang memenuhi kebutuhan pengguna dari perspektif mereka sendiri.

FR (Functional Requirement): mencakup semua fungsi yang harus dipenuhi oleh desain atau produk.

DP (Design Parameter): secara khusus berperan dalam mewujudkan FR dan memfasilitasi implementasi domain FR tersebut.

PV (Process Variable): berkaitan dengan variabel dalam proses produksi suatu desain atau produk, merujuk pada tahapan dalam manufaktur sebelum produk akhir terwujud."

Teori dasar desain ini berpusat pada ide persyaratan fungsional (FRs) dan parameter desain (DPs) [17]. Profesor Suh menganggap proses desain teknik sebagai dinamika interaksi antara tujuan yang diinginkan dan metode yang digunakan untuk mencapainya [18]. Tujuan ini secara konsisten dinyatakan dalam ranah fungsional, kemudian diwujudkan dalam ranah fisik atau implementasi nyata. Metode desain diterapkan dengan menghubungkan dan memadukan dua domain ini di setiap tingkat hierarki proses desain, sebagaimana terlihat dalam Gambar 2.1.



Gambar 1.1 Prosedur Desain

Gambar 1.1 tentang prosedur desain menjelaskan bagaimana Domain Persyaratan Fungsional (FRs) menetapkan tujuan atau fungsi yang diinginkan dari suatu desain. Parameter Desain (DPs) merupakan area spesifik yang dikembangkan untuk mencapai kebutuhan fungsional optimal. Ilustrasi dalam Gambar 1.1 menunjukkan bahwa proses desain melibatkan langkah-langkah pemetaan dari persyaratan fungsional (FRs) dalam domain fungsional ke parameter desain (DPs), dengan tujuan menghasilkan sistem, kombinasi, produk, atau proses yang memenuhi standar yang telah ditetapkan. Selama proses ini, berbagai desain dapat muncul dari pengembangan Pola Desain (DPs) untuk memenuhi Persyaratan Fungsional (FRs), tanpa dibatasi oleh spesifikasi tertentu. Namun, keberhasilan hasil akhir

tetap bergantung pada kecermatan implementasi mereka sendiri. Pendekatan desain aksiomatik memberikan panduan untuk memastikan konsistensi yang efektif antara Pola Desain (DPs) dan Persyaratan Fungsional (FRs) dalam suatu desain. Proses pemetaan antar domain yang berbeda dapat direpresentasikan menggunakan vektor yang menggambarkan hubungan antara tujuan dan solusi desain, dimulai dengan menetapkan kumpulan Persyaratan Fungsional (FRs) yang jelas dalam domain FR yang spesifik, dan menerapkan prosedur yang sama pada kumpulan DPs (solusi dari FRs) yang ditempatkan dalam domain DP. Hubungan yang terbentuk dijelaskan oleh persamaan berikut.

$$\{FR\} = [A] \{DP\} \quad (2-1)$$

[A] Matriks desain [A] digunakan untuk merepresentasikan struktur desain. Persamaan 2-1 sering kali disebut sebagai persamaan inti desain. Contoh dari matriks desain yang terdiri dari tiga FR (Faktor Faktorial) dan tiga DP (Titik Desain) dapat dituliskan sebagai berikut.

$$[A] = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{bmatrix}$$

Dalam konteks matriks desain, terdapat dua kasus khusus yang dikenal sebagai matriks diagonal dan matriks triangular. Pada matriks diagonal, semua elemen  $A_{ij}$  sama dengan nol kecuali ketika  $i$  sama dengan  $j$ , seperti yang ditunjukkan oleh bentuk berikut:

$$[A] = \begin{bmatrix} A_{11} & 0 & 0 \\ 0 & A_{22} & 0 \\ 0 & 0 & A_{33} \end{bmatrix}$$

Matriks triangular terbagi menjadi dua kondisi, yaitu Upper Triangular (UT) dan Lower Triangular (LT).

$$[A] = \begin{bmatrix} A_{11} & 0 & 0 \\ A_{21} & A_{22} & 0 \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{bmatrix} \quad \text{LT} \qquad [A] = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ 0 & A_{22} & A_{23} \\ 0 & 0 & A_{33} \end{bmatrix} \quad \text{UT}$$

Suatu desain dianggap memenuhi aksioma pertama dalam Desain Aksiomatik jika matriks desainnya berbentuk diagonal atau segitiga. Dalam kasus matriks desain diagonal, setiap fungsi dari matriks desain (FRs) berhubungan secara individual dan independen dengan DPs. Konsep ini dalam konteks Desain Aksiomatik dikenal sebagai desain tak berpasangan, di mana FRs dapat mempertahankan independensinya hanya jika DPs tersusun dengan benar dalam matriks desain segitiga. Istilah yang menggambarkan kondisi ini adalah desain terputus. Desain dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori berdasarkan interaksi antara FRs dan DPs.

#### A. Uncoupled Design / Ideal Design

Desain optimal tercapai ketika jumlah kebutuhan fungsional (FRs) sama dengan jumlah parameter desain (DPs). Setiap FR harus memenuhi fungsi yang ditentukan dan memiliki korespondensi satu-ke-satu dengan solusi dalam domain fisik, yaitu DP yang sesuai.

#### B. Redundant Design

Jika jumlah DPs yang diperlukan untuk solusi dalam domain fisik melebihi jumlah FR, desain dianggap memiliki redundansi.

$$\begin{bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & 0 & A_{13} & A_{14} & A_{15} \\ A_{21} & A_{22} & 0 & A_{24} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \\ DP_4 \\ DP_5 \end{bmatrix}$$

Matriks desain khusus ini mempertimbangkan banyak faktor yang menentukan DP mana yang dapat diubah atau tidak diubah. Dengan memanipulasi nilai DP1 dan DP4 sambil mempertahankan DP lainnya tetap konstan, kita dapat efektif mengatur nilai FR. Penyesuaian ini dapat menghasilkan arsitektur yang terkoneksi. Ketika DP1, DP4, dan DP5 tetap konstan, desain berubah menjadi desain tak berpasangan, bahkan dalam kondisi yang berbeda. Dengan menetapkan nilai DP3, DP4, dan DP5, desain dapat berubah menjadi desain terkait. Sementara itu, dengan menetapkan nilai awal untuk DP1 dan DP4, ada kemungkinan besar desain tersebut akan berubah menjadi desain redundan yang tidak terkait.

### C. Coupled Design

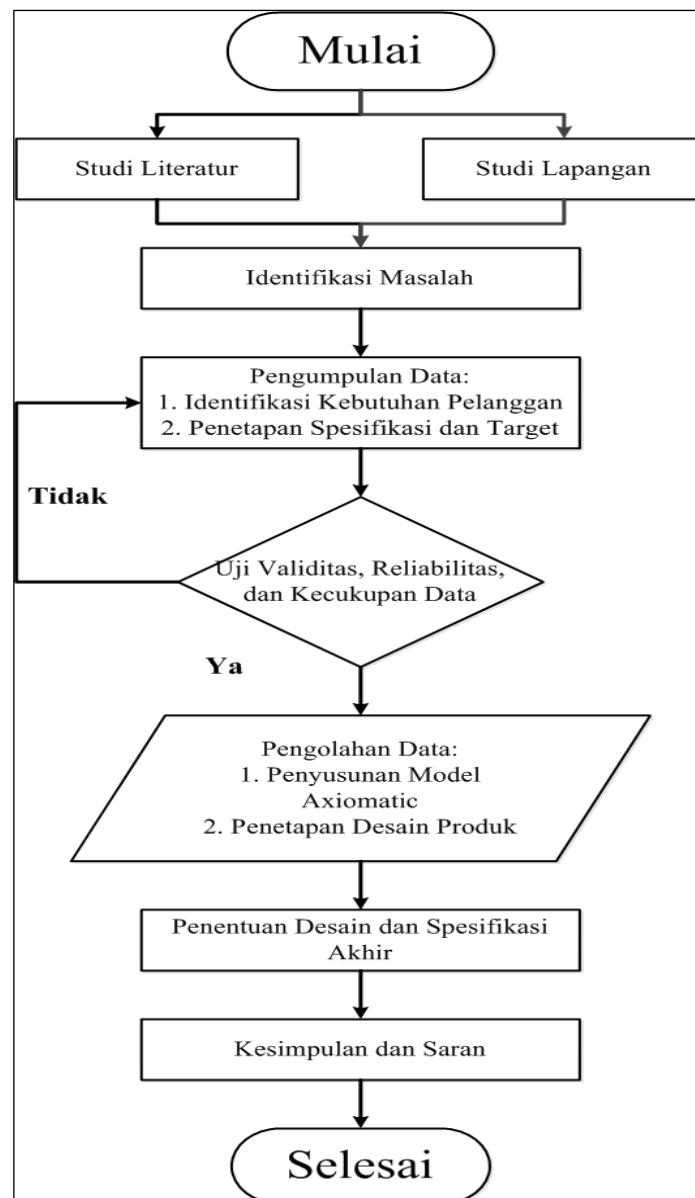
Desain Terkait (Coupled Design) merupakan hasil yang wajar saat jumlah variabel terikat (DPs) lebih sedikit daripada jumlah variabel bebas (FRs). Contoh sederhana dapat diilustrasikan dengan seorang desainer yang perlu memenuhi tiga persyaratan fungsional namun hanya memiliki dua parameter desain:

$$\begin{array}{c} FR_1 \\ |FR_2| \\ FR_3 \end{array} = \begin{array}{c} X \\ 0 \\ A_{31} \end{array} \begin{array}{c} 0 \\ X \\ A_{32} \end{array} \begin{array}{c} DP_1 \\ |DP_2| \end{array}$$

Matriks desain yang dihasilkan akan menunjukkan ketidakmampuan untuk memenuhi FR3 jika A31 dan A32 bernilai nol, menyebabkan desain kehilangan fungsinya.

#### 1. Diagram Alir Penelitian

Pada tahap ini, berbagai kegiatan akan dilakukan selama proses penelitian, mulai dari penelitian kepustakaan hingga studi lapangan, pengumpulan data, dan analisis data, hingga penyelesaian. Untuk penjelasan lebih lanjut tentang alur penelitian, silakan lihat Gambar 3.1.



Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Identifikasi Kebutuhan Pelanggan

Dalam merancang alat pencetak bata merah yang efisien, langkah pertama yang dilakukan adalah mengidentifikasi kebutuhan pelanggan secara menyeluruh. Proses identifikasi kebutuhan pelanggan ini melibatkan pengumpulan data melalui wawancara dengan karyawan UD. BKJ dan pembagian kuesioner kepada masyarakat umum yang menjadi target pasar produk bata merah.

Wawancara dilakukan dengan mengajukan pertanyaan-pertanyaan yang telah disusun secara terstruktur kepada karyawan UD. BKJ yang terlibat langsung dalam proses produksi bata merah. Pertanyaan-pertanyaan tersebut mencakup aspek-aspek seperti kapasitas produksi saat ini, kendala yang dihadapi dalam proses pencetakan bata, kebutuhan akan peningkatan efisiensi produksi, serta harapan terhadap alat pencetak bata merah yang baru. Berdasarkan hasil wawancara dengan karyawan UD. BKJ, didapatkan beberapa poin penting terkait kebutuhan pelanggan terhadap alat pencetak bata merah, yaitu:

1. Alat pencetak bata merah harus mampu menghasilkan bata dengan jumlah yang banyak dalam waktu singkat.  
Karyawan UD. BKJ menyatakan bahwa saat ini mereka mampu menghasilkan sekitar 40.000 buah bata merah per hari dengan menggunakan alat pencetak manual. Namun, untuk memenuhi permintaan pasar yang terus meningkat, mereka membutuhkan alat pencetak bata merah yang dapat meningkatkan kapasitas produksi secara signifikan.
2. Alat pencetak bata merah harus mudah dioperasikan oleh pekerja.  
Kemudahan pengoperasian alat pencetak bata merah menjadi faktor penting bagi karyawan UD. BKJ. Alat yang dirancang harus memiliki antarmuka yang sederhana dan tidak memerlukan keterampilan khusus untuk mengoperasikannya. Hal ini akan memungkinkan pekerja untuk beradaptasi dengan cepat dan menggunakan alat secara efektif.
3. Hasil cetakan bata merah harus memiliki kualitas yang baik dan konsisten.  
Berdasarkan hasil kuesioner, konsumen menginginkan bata merah dengan kualitas yang baik dan konsisten. Bata merah harus memiliki ketahanan yang tinggi, presisi dimensi yang akurat, dan tampilan visual yang menarik. Alat pencetak bata merah yang dirancang harus mampu menghasilkan bata dengan kualitas yang memenuhi standar tersebut.
4. Alat pencetak bata merah harus tahan lama dan minim perawatan.  
Meningkatkan alat pencetak bata merah akan digunakan secara intensif dalam jangka panjang, ketahanan dan kemudahan perawatan menjadi faktor yang crucial. Karyawan UD. BKJ menginginkan alat yang tahan lama dan tidak memerlukan perawatan yang sering, sehingga dapat meminimalkan waktu henti produksi dan biaya pemeliharaan.
5. Harga alat pencetak bata merah harus terjangkau bagi pengusaha bata merah.  
Sebagai pengusaha bata merah, UD. BKJ perlu mempertimbangkan aspek finansial dalam investasi alat produksi. Alat pencetak bata merah yang dirancang harus memiliki harga yang terjangkau dan sesuai dengan anggaran perusahaan. Selain itu, alat tersebut harus dapat memberikan pengembalian investasi yang baik dalam jangka panjang.  
Berdasarkan poin-poin di atas, dapat disimpulkan bahwa pelanggan menginginkan alat pencetak bata merah yang efisien, mudah digunakan, menghasilkan produk berkualitas tinggi, tahan lama, minim perawatan, dan dengan harga yang terjangkau. Kebutuhan-kebutuhan ini akan menjadi dasar dalam perancangan alat pencetak bata merah menggunakan metode *Axiomatic Design*.

#### 3.2 Perancangan Alat Pencetak Bata Merah dengan Metode *Axiomatic Design*

Setelah mengidentifikasi kebutuhan pelanggan secara komprehensif, langkah selanjutnya adalah merancang alat pencetak bata merah menggunakan metode *Axiomatic Design*. Metode ini menyediakan kerangka kerja yang sistematis untuk menghasilkan desain yang optimal dengan memenuhi kebutuhan fungsional dan meminimalkan kompleksitas. Berikut ini adalah tahapan-tahapan dalam perancangan alat pencetak bata merah dengan metode *Axiomatic Design*:

##### 3.2.1 Penentuan Customer Attributes (CAs)

Berdasarkan hasil identifikasi kebutuhan pelanggan, ditetapkan Customer Attributes (CAs) yang mencerminkan keinginan dan harapan pelanggan terhadap alat pencetak bata merah. CAs ini akan menjadi acuan dalam menentukan persyaratan fungsional dan parameter desain alat. Berikut adalah CAs yang ditetapkan:

CA1: Alat pencetak bata merah dapat menghasilkan bata dalam jumlah banyak dengan cepat.

Alat pencetak bata merah harus mampu meningkatkan kapasitas produksi secara signifikan dibandingkan dengan metode pencetakan manual. Kecepatan pencetakan yang tinggi akan memungkinkan UD. BKJ untuk memenuhi permintaan pasar yang terus meningkat.

CA2: Alat pencetak bata merah mudah dioperasikan oleh pekerja.

Alat pencetak bata merah harus dirancang dengan mempertimbangkan kemudahan pengoperasian bagi pekerja. Antarmuka yang sederhana dan intuitif akan memungkinkan pekerja untuk menggunakan alat secara efektif tanpa memerlukan pelatihan yang extensive.

CA3: Hasil cetakan bata merah memiliki kualitas yang baik dan konsisten.

Alat pencetak bata merah harus dapat menghasilkan bata dengan kualitas yang tinggi dan konsisten. Bata merah yang diproduksi harus memiliki ketahanan yang baik, presisi dimensi yang akurat, dan tampilan visual yang menarik sesuai dengan preferensi konsumen.

CA4: Alat pencetak bata merah tahan lama dan minim perawatan.

Ketahanan dan kemudahan perawatan menjadi aspek penting dalam perancangan alat pencetak bata merah. Alat harus terbuat dari material yang kuat dan tahan lama, serta memiliki desain yang memudahkan perawatan berkala untuk meminimalkan waktu henti produksi.

CA5: Harga alat pencetak bata merah terjangkau bagi pengusaha bata merah.

Alat pencetak bata merah harus memiliki harga yang sesuai dengan anggaran UD. BUMI KIRANA JAYA sebagai pengusaha bata merah. Selain itu, alat tersebut harus dapat memberikan pengembalian investasi yang baik dalam jangka panjang melalui peningkatan efisiensi dan kualitas produksi.

### 3.2.2 Penentuan Functional Requirements (FRs)

Setelah menetapkan Customer Attributes (CAs), langkah selanjutnya adalah menentukan Functional Requirements (FRs) yang mengacu pada CAs tersebut. FRs merupakan persyaratan fungsional yang harus dipenuhi oleh alat pencetak bata merah agar dapat memenuhi kebutuhan pelanggan. Berikut adalah FRs yang ditetapkan:

FR1: Alat pencetak bata merah mampu mencetak bata dengan kecepatan tinggi.

Untuk memenuhi CA1, alat pencetak bata merah harus dirancang dengan kemampuan mencetak bata dalam jumlah besar dengan waktu yang singkat. Kecepatan pencetakan yang tinggi akan meningkatkan kapasitas produksi secara signifikan.

FR2: Alat pencetak bata merah memiliki desain yang ergonomis dan mudah dioperasikan.

Mengacu pada CA2, alat pencetak bata merah harus memiliki desain yang ergonomis dan antarmuka yang mudah dipahami oleh pekerja. Hal ini akan memastikan kemudahan pengoperasian alat dan mengurangi risiko kesalahan manusia dalam proses produksi.

FR3: Alat pencetak bata merah menghasilkan bata dengan dimensi yang presisi dan konsisten.

Untuk memenuhi CA3, alat pencetak bata merah harus dirancang dengan kemampuan menghasilkan bata yang memiliki dimensi yang presisi dan konsisten. Hal ini akan menjamin kualitas bata merah yang diproduksi sesuai dengan standar yang diinginkan.

FR4: Alat pencetak bata merah terbuat dari material yang kuat dan tahan lama.

Mengacu pada CA4, alat pencetak bata merah harus dirancang dengan menggunakan material yang kuat dan tahan lama. Hal ini akan memastikan ketahanan alat dalam jangka panjang dan mengurangi kebutuhan perawatan yang sering.

FR5: Alat pencetak bata merah memiliki biaya produksi yang efisien.

Untuk memenuhi CA5, alat pencetak bata merah harus dirancang dengan mempertimbangkan efisiensi biaya produksi. Hal ini meliputi pemilihan komponen yang terjangkau namun berkualitas, serta optimalisasi desain untuk mengurangi biaya manufaktur.

### 3.2.3 Penentuan Design Parameters (DPs)

Setelah menetapkan Functional Requirements (FRs), langkah selanjutnya adalah menentukan Design Parameters (DPs) yang sesuai untuk memenuhi setiap FR. DPs merupakan solusi teknis atau karakteristik desain yang dipilih untuk mewujudkan persyaratan fungsional yang telah ditetapkan. Berikut adalah DPs yang ditentukan:

DP1: Sistem pneumatik dengan tekanan dan kecepatan yang dapat diatur.

Untuk memenuhi FR1, dipilih sistem pneumatik sebagai solusi teknis untuk mencapai kecepatan pencetakan yang tinggi. Sistem pneumatik dengan tekanan dan kecepatan yang dapat diatur akan memungkinkan kontrol yang presisi terhadap proses pencetakan bata.

DP2: Desain ergonomis dengan tuas pengoperasian yang mudah dijangkau.

Mengacu pada FR2, alat pencetak bata merah akan dirancang dengan mempertimbangkan aspek ergonomis. Tuas pengoperasian akan ditempatkan pada posisi yang mudah dijangkau oleh pekerja, sehingga memudahkan pengoperasian alat tanpa menimbulkan kelelahan yang berlebihan.

DP3: Cetakan bata dengan toleransi dimensi yang ketat.

Untuk memenuhi FR3, cetakan bata pada alat pencetak akan dirancang dengan toleransi dimensi yang ketat. Hal ini akan memastikan bahwa bata yang dihasilkan memiliki dimensi yang presisi dan konsisten sesuai dengan standar yang ditetapkan.

DP4: Rangka alat pencetak bata merah terbuat dari baja karbon dengan lapisan anti karat.

Mengacu pada FR4, rangka alat pencetak bata merah akan dibuat menggunakan baja karbon yang kuat dan tahan lama. Selain itu, rangka akan dilapisi dengan lapisan anti karat untuk melindungi dari korosi dan memperpanjang umur pakai alat.

DP5: Optimalisasi desain dan pemilihan komponen dengan harga terjangkau.

Untuk memenuhi FR5, perancangan alat pencetak bata merah akan mempertimbangkan optimalisasi desain dan pemilihan komponen dengan harga yang terjangkau. Hal ini akan membantu menjaga biaya produksi tetap efisien tanpa mengorbankan kualitas dan kinerja alat.

### 3.2.4 Pemetaan Hubungan antara FRs dan DPs

Setelah menentukan Functional Requirements (FRs) dan Design Parameters (DPs), langkah selanjutnya adalah memetakan hubungan antara keduanya menggunakan matriks desain. Matriks desain merupakan representasi matematis yang menggambarkan bagaimana setiap DP mempengaruhi setiap FR. Berikut adalah matriks desain yang menggambarkan hubungan antara FRs dan DPs:

$$\text{Let } \begin{bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \\ FR_4 \\ FR_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & X & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & X & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \\ DP_4 \\ DP_5 \end{bmatrix}$$

Berdasarkan matriks desain di atas, dapat dilihat bahwa hubungan antara FRs dan DPs membentuk matriks diagonal. Hal ini menunjukkan bahwa setiap FR hanya dipengaruhi oleh satu DP yang bersesuaian, sehingga desain alat pencetak bata merah ini termasuk dalam kategori atau desain ideal. Desain yang uncoupled memiliki keuntungan berupa kemudahan uncoupled design dalam pengaturan dan pengendalian parameter desain, serta mengurangi kompleksitas dalam proses perancangan.

### 3.2.5 Evaluasi Desain

Setelah memetakan hubungan antara FRs dan DPs dalam matriks desain, langkah selanjutnya adalah mengevaluasi desain alat pencetak bata merah untuk memastikan bahwa desain tersebut memenuhi aksioma-aksioma dalam Axiomatic Design.

#### Aksioma Pertama: Independence Axiom

Independence Axiom menyatakan bahwa dalam desain yang optimal, Functional Requirements (FRs) harus dijaga independensinya. Artinya, setiap FR harus dapat dipenuhi tanpa mempengaruhi FR lainnya. Berdasarkan matriks desain yang telah dibuat, dapat dilihat bahwa desain alat pencetak bata merah ini memenuhi Independence Axiom karena setiap FR hanya dipengaruhi oleh satu DP yang bersesuaian. Matriks desain yang berbentuk diagonal menunjukkan bahwa perubahan pada satu DP hanya akan mempengaruhi satu FR yang terkait, tanpa mempengaruhi FR lainnya.

#### Aksioma Kedua: Information Axiom

Information Axiom menyatakan bahwa desain terbaik adalah desain yang memiliki konten informasi paling sedikit. Konten informasi mengacu pada kompleksitas desain dan jumlah informasi yang diperlukan untuk mencapai Functional Requirements (FRs). Dalam perancangan alat pencetak bata merah ini, pemilihan sistem pneumatik (DP1), desain ergonomis (DP2), cetakan dengan toleransi ketat (DP3), rangka dari baja karbon (DP4), dan optimalisasi komponen (DP5) bertujuan untuk meminimalkan kompleksitas desain dan menjaga konten informasi tetap rendah. Dengan menjaga desain tetap sederhana dan menggunakan komponen yang terjangkau namun berkualitas, alat pencetak bata merah ini dapat memenuhi FRs dengan konten informasi yang minimal.

Berdasarkan evaluasi desain menggunakan dua aksioma dalam Axiomatic Design, dapat disimpulkan bahwa desain alat pencetak bata merah ini telah memenuhi kriteria desain yang optimal. Desain ini menjaga independensi FRs dan meminimalkan konten informasi, sehingga dapat menghasilkan alat yang efisien, mudah dioperasikan, dan memenuhi kebutuhan pelanggan.

## 3.3 Perhitungan Efisiensi Alat Pencetak Bata Merah

Untuk mengetahui efisiensi alat pencetak bata merah yang dirancang, dilakukan perhitungan berdasarkan kecepatan pencetakan dan jumlah bata yang dihasilkan dalam satu jam. Perhitungan ini akan memberikan gambaran tentang peningkatan produktivitas yang dapat dicapai dengan menggunakan alat pencetak bata merah yang baru. 1) Kecepatan pencetakan alat pencetak bata merah ( $v$ ) = 5 detik/bata. 2) Jumlah cetakan dalam satu kali proses ( $n$ ) = 4 buah. Jumlah bata yang dihasilkan dalam satu jam ( $Q$ ). Waktu yang dibutuhkan untuk mencetak 4 buah bata dalam satu kali proses:

$$t = v \times n$$

$$t = 5 \text{ detik/bata} \times 4 \text{ buah}$$

$$t = 20 \text{ detik}$$



Jumlah proses pencetakan dalam satu jam:

$$p = 3600 \text{ detik} \div t$$

$$p = 3600 \text{ detik} \div 20 \text{ detik}$$

$$p = 180 \text{ kali proses}$$

Jumlah bata yang dihasilkan dalam satu jam:

$$Q = n \times p$$

$$Q = 4 \text{ buah} \times 180$$

$$Q = 720 \text{ buah}$$

Jadi, alat pencetak bata merah yang dirancang mampu menghasilkan 720 buah bata dalam satu jam.

Jika dibandingkan dengan proses pencetakan manual yang dilakukan oleh UD. BKJ saat ini, dengan kapasitas produksi sekitar 40.000 buah bata per hari atau sekitar 333 buah bata per jam (dengan asumsi 8 jam kerja per hari), maka alat pencetak bata merah yang baru dapat meningkatkan efisiensi produksi sebesar:

$$\text{Peningkatan efisiensi} = \left( \frac{Q_{\text{baru}} - Q_{\text{lama}}}{Q_{\text{lama}}} \right) \times 100\%$$

$$\text{Peningkatan efisiensi} = \left( \frac{720 - 333}{333} \right) \times 100\%$$

$$\text{Peningkatan efisiensi} = 116,22\%$$

Dengan menggunakan alat pencetak bata merah yang dirancang, UD.BKJ dapat meningkatkan efisiensi produksi hingga lebih dari dua kali lipat dibandingkan dengan proses pencetakan manual saat ini. Peningkatan efisiensi ini akan berdampak signifikan terhadap kemampuan perusahaan dalam memenuhi permintaan pasar yang terus meningkat.

### 3.4 Analisis Kelayakan Ekonomi

Setelah mengetahui efisiensi teknis dari alat pencetak bata merah yang dirancang, langkah selanjutnya adalah melakukan analisis kelayakan ekonomi untuk menilai apakah investasi pada alat tersebut layak secara finansial bagi UD. BKJ. Analisis kelayakan ekonomi akan mempertimbangkan biaya investasi awal, biaya operasional, peningkatan pendapatan, dan periode pengembalian investasi.

- Biaya pembuatan alat pencetak bata merah = Rp 25.000.000
- Biaya operasional per bulan (listrik, perawatan, dll) = Rp 2.000.000
- Harga jual bata merah per buah = Rp 800
- Jumlah bata yang dihasilkan per bulan dengan alat baru (20 hari kerja, 8 jam per hari) = 720 buah/jam  $\times$  8 jam  $\times$  20 hari = 115.200 buah
- Jumlah bata yang dihasilkan per bulan dengan proses manual (20 hari kerja, 8 jam per hari) = 333 buah/jam  $\times$  8 jam  $\times$  20 hari = 53.280 buah
- Peningkatan pendapatan per bulan
- Periode pengembalian investasi (Payback Period)

a. Peningkatan pendapatan per bulan:

$$\text{Pendapatan dengan alat baru} = 115.200 \text{ buah} \times \text{Rp } 800 = \text{Rp } 92.160.000$$

$$\text{Pendapatan dengan proses manual} = 53.280 \text{ buah} \times \text{Rp } 800 = \text{Rp } 42.624.000$$

$$\text{Peningkatan pendapatan} = \text{Rp } 92.160.000 - \text{Rp } 42.624.000 = \text{Rp } 49.536.000$$

b. Periode pengembalian investasi (Payback Period):

$$\text{Payback Period} = \text{Biaya investasi} \div (\text{Peningkatan pendapatan per bulan} - \text{Biaya operasional per bulan})$$

$$\text{Payback Period} = \text{Rp } 25.000.000 \div (\text{Rp } 49.536.000 - \text{Rp } 2.000.000)$$

$$\text{Payback Period} = \text{Rp } 25.000.000 \div \text{Rp } 47.536.000$$

$$\text{Payback Period} = 0,53 \text{ bulan atau sekitar } 16 \text{ hari}$$

Berdasarkan hasil analisis kelayakan ekonomi, investasi pada alat pencetak bata merah yang dirancang sangat layak secara finansial bagi UD. BKJ. Dengan peningkatan pendapatan sebesar Rp 49.536.000 per bulan dan biaya operasional sebesar Rp 2.000.000 per bulan, biaya investasi awal sebesar Rp 25.000.000 dapat kembali dalam waktu sekitar 16 hari saja. Setelah periode pengembalian investasi tersebut, perusahaan akan menikmati peningkatan keuntungan yang signifikan dari efisiensi produksi yang lebih tinggi.

Selain itu, peningkatan kapasitas produksi dengan menggunakan alat pencetak bata merah yang baru juga akan memungkinkan UD. BKJ untuk memperluas pangsa pasar dan meningkatkan daya saing di industri bata merah. Dengan kemampuan memenuhi permintaan yang lebih besar dan menjaga kualitas produk yang konsisten, perusahaan dapat memperkuat posisinya di pasar dan menghadapi persaingan dengan lebih baik.

### 3.5 Analisis Sensitivitas

Untuk melihat dampak perubahan variabel-variabel kunci terhadap kelayakan ekonomi alat pencetak bata merah, dilakukan analisis sensitivitas. Analisis sensitivitas akan menguji bagaimana perubahan harga jual bata merah, biaya operasional, dan jumlah produksi mempengaruhi periode pengembalian investasi (Payback Period) dan keuntungan perusahaan.

#### a. Perubahan harga jual bata merah:

Jika harga jual bata merah turun menjadi Rp 700 per buah, dengan asumsi variabel lain tetap, maka: 1) Pendapatan dengan alat baru =  $115.200 \text{ buah} \times \text{Rp } 700 = \text{Rp } 80.640.000$ , 2) Pendapatan dengan proses manual =  $53.280 \text{ buah} \times \text{Rp } 700 = \text{Rp } 37.296.000$ , 3) Peningkatan pendapatan =  $\text{Rp } 80.640.000 - \text{Rp } 37.296.000 = \text{Rp } 43.344.000$

$$\text{Payback Period} = \text{Rp } 25.000.000 \div (\text{Rp } 43.344.000 - \text{Rp } 2.000.000)$$

$$\text{Payback Period} = \text{Rp } 25.000.000 \div \text{Rp } 41.344.000$$

$$\text{Payback Period} = 0,60 \text{ bulan atau sekitar } 18 \text{ hari}$$

Jika harga jual bata merah naik menjadi Rp 900 per buah, dengan asumsi variabel lain tetap, maka: 1) Pendapatan dengan alat baru =  $115.200 \text{ buah} \times \text{Rp } 900 = \text{Rp } 103.680.000$ , 2) Pendapatan dengan proses manual =  $53.280 \text{ buah} \times \text{Rp } 900 = \text{Rp } 47.952.000$ , 3) Peningkatan pendapatan =  $\text{Rp } 103.680.000 - \text{Rp } 47.952.000 = \text{Rp } 55.728.000$

$$\text{Payback Period} = \text{Rp } 25.000.000 \div (\text{Rp } 55.728.000 - \text{Rp } 2.000.000)$$

$$\text{Payback Period} = \text{Rp } 25.000.000 \div \text{Rp } 53.728.000$$

$$\text{Payback Period} = 0,47 \text{ bulan atau sekitar } 14 \text{ hari}$$

#### b. Perubahan biaya operasional:

Jika biaya operasional per bulan naik menjadi Rp 3.000.000, dengan asumsi variabel lain tetap, maka:

$$\text{Payback Period} = \text{Rp } 25.000.000 \div (\text{Rp } 49.536.000 - \text{Rp } 3.000.000)$$

$$\text{Payback Period} = \text{Rp } 25.000.000 \div \text{Rp } 46.536.000$$

$$\text{Payback Period} = 0,54 \text{ bulan atau sekitar } 16 \text{ hari}$$

Jika biaya operasional per bulan turun menjadi Rp 1.000.000, dengan asumsi variabel lain tetap, maka:

$$\text{Payback Period} = \text{Rp } 25.000.000 \div (\text{Rp } 49.536.000 - \text{Rp } 1.000.000)$$

$$\text{Payback Period} = \text{Rp } 25.000.000 \div \text{Rp } 48.536.000$$

$$\text{Payback Period} = 0,52 \text{ bulan atau sekitar } 15 \text{ hari}$$

#### c. Perubahan jumlah produksi:

Jika jumlah produksi dengan alat baru turun menjadi 100.000 buah per bulan, dengan asumsi variabel lain tetap, maka: 1) Pendapatan dengan alat baru =  $100.000 \text{ buah} \times \text{Rp } 800 = \text{Rp } 80.000.000$ , 2) Peningkatan pendapatan =  $\text{Rp } 80.000.000 - \text{Rp } 42.624.000 = \text{Rp } 37.376.000$

$$\text{Payback Period} = \text{Rp } 25.000.000 \div (\text{Rp } 37.376.000 - \text{Rp } 2.000.000)$$

$$\text{Payback Period} = \text{Rp } 25.000.000 \div \text{Rp } 35.376.000$$

$$\text{Payback Period} = 0,71 \text{ bulan atau sekitar } 21 \text{ hari}$$

Jika jumlah produksi dengan alat baru naik menjadi 130.000 buah per bulan, dengan asumsi variabel lain tetap, maka: 1) Pendapatan dengan alat baru =  $130.000 \text{ buah} \times \text{Rp } 800 = \text{Rp } 104.000.000$ , 2) Peningkatan pendapatan =  $\text{Rp } 104.000.000 - \text{Rp } 42.624.000 = \text{Rp } 61.376.000$

$$\text{Payback Period} = \text{Rp } 25.000.000 \div (\text{Rp } 61.376.000 - \text{Rp } 2.000.000)$$

$$\text{Payback Period} = \text{Rp } 25.000.000 \div \text{Rp } 59.376.000$$

$$\text{Payback Period} = 0,42 \text{ bulan atau sekitar } 13 \text{ hari}$$

Berdasarkan hasil analisis sensitivitas, dapat dilihat bahwa perubahan harga jual bata merah, biaya operasional, dan jumlah produksi memiliki dampak terhadap periode pengembalian investasi dan keuntungan perusahaan. Meskipun demikian, dalam semua skenario yang diuji, investasi pada alat pencetak bata merah tetap layak secara ekonomi dengan periode pengembalian investasi yang relatif singkat. Namun, perusahaan perlu memperhatikan dan mengantisipasi perubahan-perubahan yang mungkin terjadi pada variabel-variabel kunci tersebut. Strategi mitigasi risiko, seperti pengendalian biaya operasional, pemantauan harga pasar, dan peningkatan efisiensi produksi, perlu diterapkan untuk menjaga kelayakan investasi dalam jangka panjang.

#### IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa: 1) Alat pencetak bata merah yang dirancang menggunakan metode Axiomatic Design mampu memenuhi kebutuhan pelanggan, yaitu efisien, mudah digunakan, menghasilkan produk berkualitas, tahan lama, dan dengan harga yang terjangkau. Metode Axiomatic Design memberikan kerangka kerja yang sistematis untuk menghasilkan desain yang optimal dengan memenuhi persyaratan fungsional dan meminimalkan kompleksitas. 2) Desain alat pencetak bata merah ini termasuk dalam kategori uncoupled design atau desain ideal karena setiap Functional Requirement (FR) dapat dipenuhi secara independen oleh Design Parameter (DP) yang bersesuaian. Matriks desain yang dihasilkan berbentuk diagonal, menunjukkan bahwa perubahan pada satu DP hanya akan mempengaruhi satu FR yang terkait, tanpa mempengaruhi FR lainnya. Desain ini juga memenuhi Information Axiom dengan meminimalkan konten informasi dan menjaga kompleksitas desain tetap rendah. 3) Alat pencetak bata merah yang dirancang mampu menghasilkan 720 buah bata dalam satu jam, meningkatkan efisiensi produksi hingga 116,22% dibandingkan dengan proses pencetakan manual yang saat ini dilakukan oleh UD. BKJ. Peningkatan efisiensi ini akan berdampak signifikan terhadap kemampuan perusahaan dalam memenuhi permintaan pasar yang terus meningkat. 4) Analisis kelayakan ekonomi menunjukkan bahwa investasi pada alat pencetak bata merah ini sangat layak secara finansial bagi UD. BKJ. Dengan peningkatan pendapatan sebesar Rp 49.536.000 per bulan dan biaya operasional sebesar Rp 2.000.000 per bulan, biaya investasi awal sebesar Rp 25.000.000 dapat kembali dalam waktu sekitar 16 hari saja. Setelah periode pengembalian investasi tersebut, perusahaan akan menikmati peningkatan keuntungan yang signifikan dari efisiensi produksi yang lebih tinggi. 5) Analisis sensitivitas menunjukkan bahwa perubahan harga jual bata merah, biaya operasional, dan jumlah produksi memiliki dampak terhadap periode pengembalian investasi dan keuntungan perusahaan. Namun, dalam semua skenario yang diuji, investasi pada alat pencetak bata merah tetap layak secara ekonomi dengan periode pengembalian investasi yang relatif singkat. 6) Peningkatan kapasitas produksi dengan menggunakan alat pencetak bata merah yang baru juga akan memungkinkan UD. BKJ untuk memperluas pangsa pasar dan meningkatkan daya saing di industri bata merah. Dengan kemampuan memenuhi permintaan yang lebih besar dan menjaga kualitas produk yang konsisten, perusahaan dapat memperkuat posisinya di pasar dan menghadapi persaingan dengan lebih baik.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini bisa dilakukan dengan baik dan lancar, dengan bantuan dari seluruh pihak yang bersangkutan. Maka dari itu, ucapan terima kasih diberikan kepada pihak Universitas Muhammadiyah Sidoarjo dan UD. BKJ sebagai tempat penelitian.

#### REFERENSI

- [1] P. Giananta, J. Hutabarat, And Soemanto, 'Analisa Potensi Bahaya Dan Perbaikan Sistem Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Menggunakan Metode Hirarc Di Pt. Boma Bisma Indra', Jurnal Valtech (Jurnal Mahasiswa Teknik Industri, Vol. 03, No. 02, Pp. 106–110, 2020.
- [2] N. Wahyuni, B. Suyadi, And W. Hartanto, 'Pengaruh Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Terhadap Produktivitas Kerja Karyawan Pada Pt. Kutai Timber Indonesia', Jurnal Pendidikan Ekonomi: Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan, Ilmu Ekonomi Dan Ilmu Sosial, Vol. 12, No. 1, P. 99, May 2018, Doi: 10.19184/Jpe.V12i1.7593.
- [3] M. N. Aini And A. Nuryono, 'Analisis Bahaya Dan Resiko Kerja Di Industri Pengolahan Teh Dengan Metode Hira Atau Ibpr', Jakarta, Jun. 2020.
- [4] S. Noventya Cahyani, M. T. Safirin, D. S. Donoriyanto, And N. Rahmawati, '*Human Error Analysis To Minimize Work Accidents Using The Heart And Sherpa Methods At Pt. Wonojati Wijoyo*', Prozima (*Productivity, Optimization And Manufacturing System Engineering*), Vol. 6, No. 1, Pp. 48–59, Jun. 2022, Doi: 10.21070/Prozima.V6i1.1569.
- [5] R. Alfatiyah, J. Surya Kencana No, And T. Selatan, 'Analisis Manajemen Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Dengan Menggunakan Metode Hirarc Pada Pekerjaan Seksi Casting', Jurnal Mesin Teknologi (Sintek Jurnal, Vol. 11, No. 2, 2017.
- [6] N. Destari, B. Widjasena, I. Wahyuni Bagian Keselamatan Dan Kesehatan Kerja, And F. Kesehatan Masyarakat, 'Analisis Implementasi Promosi K3 Dalam Upaya Pencegahan Kecelakaan Kerja Di Pt X (Proyek Pembangunan Gedung Y Semarang)', 2017. [Online]. Available: [Http://Ejournal-S1.Undip.Ac.Id/Index.Php/Jkm](http://Ejournal-S1.Undip.Ac.Id/Index.Php/Jkm)

- [7] I. W. G. E. Triswandana And N. K. Armaeni, 'Penilaian Risiko K3 Konstruksi Dengan Metode Hirarc', Vol. 4, No. 1, Pp. 2581–2157, 2020, Doi: 10.30737/Ukarst.V3i2.
- [8] F. Ramadanita And E. Rusmiati, 'Upaya Penurunan Angka Risiko Kecelakaan Kerja Berdasarkan Klausul 4.3.1 Ohsas 18001:2007 Menggunakan Metode Hirarc Di Pt Astanita Sukses Apindo', 2020.
- [9] A. F. Rohman And Boy Isma Putra, 'Analisis Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Proses Produksi Beton Dengan Metode Jsa Dan Hirarc Di Pt Varia Usaha Beton', Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, 2024.
- [10] M. D. Bhastary And K. Suwardi, 'Analisis Pengaruh Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Dan Lingkungan Kerja Terhadap Kinerja Karyawan Di Pt.Samudera Perdana', Jurnal Manajemen Dan Keuangan, Vol. 7, No. 1, Pp. 47–60, 2018.
- [11] Supriyadi And F. Ramdan, 'Identifikasi Bahaya Dan Penilaian Risiko Pada Divisi Boiler Menggunakan Metode *Hazard Identification Risk Assessment And Risk Control (Hirarc)* *Hazard Identification And Risk Assessment In Boiler Division Using Hazard Identification Risk Assessment And Risk Control (Hirarc)*', *Journal Of Industrial Hygiene And Occupational Health*, Vol. 1, No. 2, 2017, Doi: 10.21111/Jihoh.V1i1.752.
- [12] A. W. Biantoro, M. Khol, And H. Pranoto, *Sistem Dan Manajemen K3 Perspektif Dunia Industri Dan Produktivitas Kerja*. Jakarta: Mitra Wacana Media, 2019.
- [13] A. J. Boruthnaban, F. Handoko, And G. W. Heksa, 'Perbaikan Kinerja Identifikasi Potensi Bahaya Untuk Mengurangi Risiko Kecelakaan Kerja Dengan Pendekatan Hazard Identification, Risk Assesment, And Risk Control (Hirarc) Di Pt Xyz', *Jurnal Mahasiswa Teknik Industri*, Vol. 4, No. 2, 2021.
- [14] N. Wisudawati And R. Patradhiani, 'Analisis Risiko Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Dengan Metode Hazard Analysis (Studi Kasus Pada Proyek Pembangunan Perumahan) *Occupational Health And Safety Risk Analysis With The Hazard Analysis Method (Case Study On Housing Development Project)*', 2020. [Online]. Available: [Http://jurnal.um-palembang.ac.id/integrasi/index](http://jurnal.um-palembang.ac.id/integrasi/index)
- [15] S. Ramli, *Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Ohsas 18001*, 1st Ed. Jakarta: Dian Rakyat, 2010.

**Conflict of Interest Statement:**

*The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.*