

## REDESAIN EGRANG MENGGUNAKAN INTEGRASI ECQFD, TRIZ DAN AHP

Dyah Ika Rinawati<sup>1\*</sup>, Dimas Aditya Shannon Dei<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang

\*Email: dyah.ika@gmail.com

### Abstrak

*Egrang merupakan salah satu permainan tradisional yang dinilai memiliki berbagai kekurangan sehingga perlu dilakukan perancangan ulang. Penelitian ini bertujuan untuk merancang ulang egrang sesuai keinginan konsumen dengan memperhatikan aspek lingkungan dan kontradiksi desain. Untuk mencapai tujuan digunakan integrasi metode environmentally conscious quality function deployment (ECQFD), the theory of inventive problem solving (TRIZ), dan analytical hierarchy process (AHP). Hasil identifikasi suara konsumen dari 40 responden menunjukkan bahwa konsumen menginginkan egrang yang ringan, portable, kuat, memiliki ukuran yang sesuai, terbuat dari bahan yang aman, awet, dan aman dalam pengoperasian. Opsi desain yang diperoleh dari ECQFD menunjukkan adanya kontradiksi sehingga dilanjutkan dengan metode TRIZ menghasilkan tiga alternatif desain egrang.. Alternatif 1 menggunakan engsel dan memiliki pijakan yang adjustable, alternatif 2 dirakit menggunakan sistem ulir dan pijakan yang fixed, dan alternatif 3 menggunakan selongsong pengunci dan pijakan yang fixed. Pemilihan alternatif desain terbaik dilakukan menggunakan metode AHP sehingga terpilih alternatif 1. Uji kekuatan hasil implementasi desain terpilih menunjukkan egrang dapat menahan beban seberat 127 kg.*

**Kata kunci:** AHP, egrang, ECQFD, redesain, TRIZ

### 1. PENDAHULUAN

Perkembangan permainan sangat pesat pada era globalisasi, terutama permainan digital. Hal ini ditopang dengan perkembangan konsol, komputer, tablet dan *smartphone* yang sangat pesat di seluruh dunia, termasuk Indonesia. Bermain tidak lagi memerlukan ruangan tertentu serta aktivitas fisik yang cukup berat sehingga para orang tua mulai memilih untuk memberikan permainan digital kepada anak-anak. Fenomena ini sangat disayangkan, karena menurut Cecilliani dan Bortolotti (2013) anak-anak akan tumbuh secara emosional dan cerdas dengan menikmati lingkungan sekitar. World Health Organization menyarankan anak dan remaja dengan kategori usia 5 – 17 tahun untuk melakukan aktivitas fisik setidaknya 60 menit per hari, seperti berolahraga, bermain, berekreasi, dan lain-lain. Kuykendall (2009) menyarankan orang tua untuk memilih mainan yang dapat membantu anak berusia 6 – 9 tahun melakukan aktivitas fisik, seperti sepeda, sepatu roda, dan skuter.

Indonesia memiliki berbagai macam permainan tradisional berupa aktivitas fisik. Yunus (1981) mendefinisikan permainan tradisional sebagai permainan yang tumbuh dan berkembang pada masa lalu terutama tumbuh di masyarakat pedesaan. Namun dewasa ini, permainan tradisional yang mengedepankan aktivitas fisik seperti egrang, kasti, lompat tali, petak umpet dan lain lain semakin ditinggalkan, terlebih dengan semakin minimnya lapangan yang tersedia.

Egrang merupakan salah satu permainan tradisional yang dimainkan hampir di seluruh penjuru Indonesia meski memiliki julukan serta bentuk yang berbeda di setiap daerah. Permainan ini memiliki nilai budaya yang tinggi dan menumbuhkan sikap sportivitas kepada yang memainkannya.

Meski memiliki nilai budaya yang tinggi, egrang juga mulai ditinggalkan. Berdasarkan kuesioner pendahuluan yang disebar, 70% responden menyatakan pernah memainkan egrang. 53,57% dari responden yang pernah memainkan egrang menyatakan bahwa kekurangan egrang adalah tidak menarik, 50% lainnya menyatakan tidak inovatif, 39,29% menyatakan tidak aman, dan hanya 0,07% yang puas terhadap desain egrang saat ini. 58,33% dari 30% responden yang tidak pernah memainkan egrang menyatakan bahwa mereka tidak pernah bermain erang karena egrang dinilai tidak aman, 33,33% karena sulit menemukan egrang, dan 33,33% karena tidak ada lahan bermain. Hasil studi pendahuluan ini juga menunjukkan bahwa 100% dari 40 responden

setuju bahwa egrang layak untuk dilestarikan. Oleh karena itu perlu dilakukan redesain terhadap egrang yang ada agar sesuai dengan keinginan konsumen.

## 2. METODOLOGI

Metodologi dalam penelitian ini diuraikan sebagai berikut:

### 2.1 Identifikasi dan Penerjemahan Kebutuhan Konsumen

Langkah ini bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan konsumen terhadap egrang dan kemudian menerjemahkannya kedalam karakteristik teknis sehingga produk yang dibuat sesuai dengan kebutuhan konsumen. Metode yang digunakan pada tahap ini adalah *Environmentally Conscious Quality Function Deployment (ECQFD)* dikarenakan aspek lingkungan dapat menjadi konstrain dan produk yang dihasilkan merupakan produk yang berkelanjutan.

Menurut Masui dkk (2003), langkah ini memiliki 4 fase, yaitu:

#### 1. Fase I

Pada fase I, suara konsumen untuk sebuah produk diubah menjadi sebuah karakteristik teknis lingkungan untuk memperjelas posisi suara konsumen tersebut. Konsumen memberikan bobot untuk setiap suara konsumen, yaitu nilai 5 untuk yang sangat penting, 3 untuk suara konsumen yang penting, dan 1 untuk suara konsumen yang tidak terlalu penting. Dalam fase ini desainer juga memberikan nilai kekuatan untuk setiap hubungan antara suara konsumen dan karakteristik konsumen ( $a_{i,j}$ ) dengan nilai 5 jika dinilai sangat kuat, 3 kuat, 1 tidak terlalu kuat, dan 0 bila dinilai tidak ada hubungannya.

#### 2. Fase II

Pada Fase II, hubungan antara karakteristik teknis dan komponen produk diperjelas. Desainer melakukan penilaian terhadap hubungan karakteristik teknis dengan komponen produk ( $b_{j,k}$ ). Penilaian menggunakan format yang sama pada fase sebelumnya, yaitu nilai 5 jika dinilai sangat kuat, 3 kuat, 1 tidak terlalu kuat, dan 0 bila dinilai tidak ada hubungannya.

#### 3. Fase III

Pada fase III dilakukan perhitungan pengaruh dari beberapa perubahan desain berdasarkan karakteristik teknis. Desainer umumnya dapat membuat beberapa opsi desain. Terdapat dua pendekatan untuk desainer untuk menentukan fokus desain, yaitu pendekatan terhadap suara konsumen dan mengevaluasi komponen terpenting dari suatu produk yang telah dihitung pada Fase II. Nilai peningkatan karakteristik teknis lingkungan ( $mr_j$ ) dapat dihitung dengan menggunakan rumus 1.

$$mr_j = \frac{\sum_{k=1}^k (b_{j,k} c_{j,k})}{\sum_{k=1}^k (b_{j,k})} \quad (j = 1, 2, 3, \dots, j) \quad (1)$$

Keterangan:

$mr_j$  = nilai peningkatan karakteristik teknis lingkungan

$k$  = jumlah komponen

$b_{j,l,k}$  = nilai hubungan karakteristik teknis lingkungan  $j$  dan komponen  $k$  setelah perubahan

$b_{j,k}$  = nilai hubungan karakteristik teknis lingkungan  $j$  dan komponen  $k$

$c_{j,k}$  = nilai peningkatan karakteristik teknis lingkungan  $j$  terhadap komponen  $k$ , bernilai

0 bila peningkatan tidak dapat dilakukan dan 1 bila dapat dilakukan

#### 4. Fase IV

Misi Fase IV adalah untuk menerjemahkan pengaruh perubahan desain dari karakteristik teknis menjadi suara konsumen. Nilai bobot konsumen dan nilai hubungan antara suara konsumen dan karakteristik teknis adalah sama dengan yang digunakan pada Fase I. Nilai peningkatan suara konsumen ( $vr_i$ ) dapat dihitung dengan menggunakan rumus 2.

$$vr_i = \frac{\sum_{j=1}^j (mr_j a_{i,j})}{\sum_{j=1}^j (a_{i,j})} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, i) \quad (2)$$

Keterangan:

$vr_i$  = nilai peningkatan suara konsumen

$mr_j$  = nilai peningkatan karakteristik teknis

$a_{i,j}$  = hubungan antara suara konsumen  $i$  dan karakteristik  $j$  yang diperoleh dari Fase I

Oleh karena jumlah populasi yang tidak diketahui dengan pasti, maka penelitian ini menggunakan rumus Bernoulli dengan asumsi bahwa populasi berdistribusi normal (Sedarmayanti, 2002). Pada penelitian ini menggunakan nilai  $\alpha = 5\%$  dan tingkat kepercayaan sebesar  $95\%$  sehingga diperoleh nilai  $Z = 1,96$ ;  $p = 0,90$ ;  $q = 0,10$ ; dan tingkat kesalahan  $10\%$ ; sehingga jumlah sampel minimum yang dibutuhkan adalah:

$$n \geq \frac{1,96^2 \times 0,90 \times 0,10}{0,10^2} = 34,57 \approx 35$$

Jadi jumlah sampel minimum yang dibutuhkan untuk suara konsumen adalah 35 responden. Jumlah sampel suara konsumen yang akan diambil dalam penelitian ini adalah 40 responden. Responden merupakan orangtua yang memiliki anak usia 6-9 tahun.

## 2.2. Identifikasi Alternatif Inovasi Desain dengan Teorija Rezhenija Izobretatelskih Zadach atau the theory of inventive problem solving (TRIZ)

Tahap ini merupakan tahap penyusunan spesifikasi target produk berdasarkan hasil yang diperoleh pada tahap ECQFD. Hasil tersebut diolah dengan TRIZ *Contradiction Matrix* sehingga dapat mengusulkan salah satu atau beberapa prinsip kreatif TRIZ 40 *Inventive Principles*. (Vinodh dkk., 2014). Tahap perancangan produk juga menjelaskan komponen-komponen egrang yang akan dibuat dan mencari beberapa konsep produk yang dapat memenuhi spesifikasi tersebut. Ukuran didasarkan pada antropometri anak-anak berusia 6-9 tahun. Penentuan jumlah sampel mengikuti Hu (2007). Pada penelitian ini nilai  $\alpha$  yang digunakan untuk persentil ke-5 sampai persentil ke-95 adalah  $10\%$  dan nilai empiris koefisien variansi yang digunakan adalah  $25\%$  untuk menentukan jumlah sampel, sehingga:

$$n \geq \left( 3,006 \times \frac{25\%}{10\%} \right)^2 = 56,48 \approx 57$$

Jadi jumlah sampel minimum yang dibutuhkan untuk data antropometri adalah 57 sampel. Jumlah sampel data antropometri yang akan diambil dalam penelitian ini adalah 60 sampel.

## 2.3. Pemilihan Desain

Pemilihan alternatif desain dilakukan dengan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) sehingga akan diperoleh sebuah desain terbaik. Kriteria hirarki egrang tersebut dibuat berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Li (2010) dan penilaian konsumen terhadap karakteristik teknis. Langkah utama pemilihan alternatif desain menggunakan AHP adalah membuat struktur hirarki yang berdasarkan kriteria-kriteria penilaian. Li (2010) menyatakan bahwa kriteria yang digunakan untuk memilih alternatif desain terbaik adalah fungsi sistem, keamanan dan lingkungan, dan biaya sistem manufaktur. Oleh karena penelitian ini tidak mempertimbangkan biaya manufaktur maka kriteria tersebut dihilangkan. Kuesioner AHP diisi oleh dua responden.

## 2.4. Implementasi Desain

Hasil desain terpilih akan diimplementasikan menjadi sebuah produk yang disebut prototipe, atau yang disebut juga produk awal. Penelitian ini hanya terbatas pada pembuatan prototipe awal, yaitu sebuah bentuk nyata produk yang berfungsi untuk diuji sehingga dapat diperbaiki sebelum produk dipublikasikan. Pengujian prototipe egrang dilakukan berdasarkan syarat ketentuan SNI ISO 8124-1:2010 dalam aspek kekuatan egrang dengan menggunakan uji beban.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Identifikasi dan Penerjemahan Kebutuhan Konsumen dengan ECQFD

Hasil kuesioner yang disebar kepada responden menunjukkan bahwa konsumen menginginkan egrang yang ringan, *portable*, kuat, ukuran yang sesuai, terbuat dari bahan yang aman, awet, dan aman dioperasikan. Selanjutnya dilakukan diolah dengan menggunakan ECQFD .

#### 1. Fase I

ECQFD Fase I bertujuan untuk mengurutkan karakteristik teknis lingkungan rodruk terbaik berdasarkan hubungan antara kebutuhan konsumen dengan karakteristik teknis serta faktor bobot kepentingan konsumen. Tabel 1. menunjukkan hasil perhitungan ECQFD Egrang Fase I.

**Tabel 1. ECQFD egrang fase I**

| No                  | Suara konsumen          | Bobot konsumen | Karakteristik teknis |        |          |           |                               |                   |                     |
|---------------------|-------------------------|----------------|----------------------|--------|----------|-----------|-------------------------------|-------------------|---------------------|
|                     |                         |                | Massa                | Volume | Kekuatan | Ergonomis | Kandungan zat kimia berbahaya | Umur fisik produk | Keamanan penggunaan |
| 1                   | Ringan                  | 3              | 5                    | 5      | 3        | 1         | 0                             | 3                 | 1                   |
| 2                   | Portable                | 3              | 5                    | 5      | 0        | 1         | 0                             | 0                 | 1                   |
| 3                   | Kuat                    | 5              | 3                    | 1      | 5        | 0         | 0                             | 3                 | 3                   |
| 4                   | Ukuran yang sesuai      | 3              | 3                    | 5      | 3        | 5         | 0                             | 0                 | 1                   |
| 5                   | Dari bahan yang aman    | 5              | 1                    | 1      | 0        | 3         | 5                             | 1                 | 3                   |
| 6                   | Awet                    | 5              | 1                    | 1      | 5        | 1         | 3                             | 5                 | 0                   |
| 7                   | Tidak tajam dan runcing | 5              | 1                    | 1      | 0        | 5         | 0                             | 0                 | 5                   |
| Total nilai         |                         |                | 69                   | 65     | 68       | 66        | 40                            | 54                | 64                  |
| Bobotrelatif Fase I |                         |                | 0,1620               | 0,1526 | 0,1596   | 0,1549    | 0,0939                        | 0,1268            | 0,1502              |
| Peringkat           |                         |                | 1                    | 4      | 2        | 3         | 7                             | 6                 | 5                   |

Total nilai diperoleh dari penjumlahan hasil kali bobot konsumen ( $c_w$ ) dengan nilai hubungan antara kebutuhan konsumen lingkungan dan karakteristik teknis lingkungan ( $a_{i,j}$ ) untuk tiap karakteristik teknis lingkungan. Bobot relatif Fase I diperoleh dari hasil bagi total nilai dengan penjumlahan seluruh total nilai untuk tiap karakteristik teknis lingkungan. Berdasarkan Tabel 1. dapat disimpulkan bahwa karakteristik teknis massa, kekuatan, ergonomis, dan volume yang kecil relatif lebih penting untuk memenuhi kebutuhan konsumen dalam hal ringan, kuat, memiliki ukuran yang sesuai, dan *portable* untuk sebuah egrang.

## 2. Fase II

Hasil bobot relatif Fase I digunakan untuk menentukan tingkat kepentingan sebuah komponen produk untuk memenuhi kebutuhan konsumen sesuai dengan peringkatnya. Komponen egrang dalam penelitian ini antara lain Tiang egrang, Handgrip, Pijakan, Sol egrang, dan *Supporting*. Total nilai diperoleh dari penjumlahan hasil kali bobot relatif Fase I dengan nilai hubungan antara karakteristik teknis dan komponen produk ( $b_{j,k}$ ) untuk tiap karakteristik teknis. Hasil ECQFD Fase 2 dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2. dapat disimpulkan bahwa urutan komponen terpenting adalah tiang egrang, pijakan, handgrip, supporting, dan sol egrang.

**Tabel 2. ECQFD egrang fase II**

| No                   | Suara konsumen lingkungan     | Bobot relatif Fase I | Komponen     |           |         |            |            |
|----------------------|-------------------------------|----------------------|--------------|-----------|---------|------------|------------|
|                      |                               |                      | Tiang egrang | Hand grip | Pijakan | Sol egrang | Supporting |
| 1                    | Massa                         | 0,1620               | 5            | 0         | 3       | 0          | 3          |
| 2                    | Volume                        | 0,1526               | 5            | 3         | 5       | 1          | 1          |
| 3                    | Kekuatan                      | 0,1596               | 5            | 3         | 5       | 0          | 3          |
| 4                    | Ergonomis                     | 0,1549               | 5            | 5         | 5       | 0          | 0          |
| 5                    | Kandungan zat kimia berbahaya | 0,0939               | 3            | 3         | 3       | 0          | 0          |
| 6                    | Umur fisik produk             | 0,1268               | 5            | 5         | 5       | 3          | 5          |
| 7                    | Keamanan penggunaan           | 0,1502               | 5            | 5         | 5       | 0          | 3          |
| Total nilai          |                               |                      | 4,8122       | 3,3779    | 4,4883  | 0,5329     | 2,2019     |
| Bobotrelatif Fase II |                               |                      | 0,3122       | 0,2192    | 0,2912  | 0,0346     | 0,1429     |
| Peringkat            |                               |                      | 1            | 3         | 2       | 5          | 4          |

## 3. Fase III

Berdasarkan hasil Fase I dan Fase II, terdapat dua opsi fokus desain, yang pertama mempertimbangkan suara konsumen dan yang kedua mempertimbangkan komponen produk terpenting. Kedua opsi tersebut pada dasarnya memiliki karakteristik dan keunggulan yang sama, perbedaan utama dari kedua opsi tersebut adalah pada aspek *portable*. Opsi 1 memiliki desain yang

portable, sedangkan opsi 2 tidak. Tabel 3. menunjukkan opsi desain dengan mempertimbangkan hasil Fase I dan Fase II termasuk kombinasi beberapa karakteristik teknis.

**Tabel 3. Karakteristik 2 opsi desain egrang**

| Opsi 1  | Opsi 2   |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Mengurangi massa egrang</li> <li>Meningkatkan kekuatan egrang</li> <li>Ukuran berdasarkan antropometri anak</li> <li>Mengurangi volume egrang</li> <li>Meningkatkan keamanan pengoperasian egrang</li> <li>Mengurangi penggunaan zat kimia berbahaya untuk pewarnaan komponen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Mengurangi massa egrang</li> <li>Meningkatkan kekuatan pijakan dan <i>supporting</i></li> <li>Membuat komponen produk berdasarkan antropometri anak</li> <li>Meningkatkan keamanan pengoperasian egrang pada komponen produk</li> <li>Mengurangi penggunaan zat kimia berbahaya untuk pewarnaan komponen</li> </ul> |

Dengan menggunakan rumus (1) maka diperoleh nilai peningkatan karakteristik teknis ( $mr$ ) dari desain yang baru. Hasil perhitungan  $mr$  untuk setiap karakteristik teknis dapat dilihat pada Tabel 4. untuk opsi 1 dan Tabel 5. untuk opsi 2.

**Tabel 4. ECQFD egrang fase iii opsi 1**

| No | Suara konsumen lingkungan     | Bobot relatif Fase I | Komponen     |           |         |            |            | Total Nilai | Mr   |
|----|-------------------------------|----------------------|--------------|-----------|---------|------------|------------|-------------|------|
|    |                               |                      | Tiang egrang | Hand grip | Pijakan | Sol egrang | Supporting |             |      |
| 1  | Massa                         | 0,1620               | 5            | 3         | 3       | 0          | 5          | 16          | 1,45 |
| 2  | Volume                        | 0,1526               | 5            | 3         | 3       | 1          | 3          | 15          | 1,00 |
| 3  | Kekuatan                      | 0,1596               | 5            | 5         | 5       | 0          | 5          | 20          | 1,25 |
| 4  | Ergonomis                     | 0,1549               | 5            | 5         | 5       | 0          | 0          | 15          | 1,00 |
| 5  | Kandungan zat kimia berbahaya | 0,0939               | 5            | 5         | 0       | 0          | 0          | 10          | 1,11 |
| 6  | Umur fisik produk             | 0,1268               | 0            | 0         | 0       | 0          | 0          | 0           | 0,00 |
| 7  | Keamanan penggunaan           | 0,1502               | 5            | 5         | 5       | 3          | 5          | 23          | 1,28 |

**Tabel 5. ECQFD egrang fase iii opsi 2**

| No | Suara konsumen lingkungan     | Bobot relatif Fase I | Komponen     |           |         |            |            | Total Nilai | mr   |
|----|-------------------------------|----------------------|--------------|-----------|---------|------------|------------|-------------|------|
|    |                               |                      | Tiang egrang | Hand grip | Pijakan | Sol egrang | Supporting |             |      |
| 1  | Massa                         | 0,2288               | 5            | 3         | 3       | 0          | 3          | 14          | 1,27 |
| 2  | Volume                        | 0,1102               | 3            | 3         | 3       | 1          | 3          | 13          | 0,87 |
| 3  | Kekuatan                      | 0,2203               | 5            | 3         | 5       | 0          | 5          | 18          | 1,13 |
| 4  | Ergonomis                     | 0,2076               | 5            | 5         | 5       | 0          | 0          | 15          | 1,00 |
| 5  | Kandungan zat kimia berbahaya | 0,0381               | 5            | 5         | 0       | 0          | 0          | 10          | 1,11 |
| 6  | Umur fisik produk             | 0,0636               | 0            | 0         | 0       | 0          | 0          | 0           | 0,00 |
| 7  | Keamanan penggunaan           | 0,1314               | 5            | 5         | 5       | 3          | 5          | 23          | 1,28 |

**Tabel 6. ECQFD egrang fase IV opsi 1**

| No | Suara konsumen          | Bobot konsumen | Karakteristik teknis |      |          |           |                               |                   |                     | $w_i$ | Pengaruh peningkatan suara konsumen |
|----|-------------------------|----------------|----------------------|------|----------|-----------|-------------------------------|-------------------|---------------------|-------|-------------------------------------|
|    |                         |                | Massa                | Vol  | Kekuatan | Ergonomis | Kandungan zat kimia berbahaya | Umur fisik produk | Keamanan penggunaan |       |                                     |
| 1  | Ringan                  | 3              | 5                    | 3    | 3        | 0         | 0                             | 3                 | 1                   | 1,84  | 5,53                                |
| 2  | Portable                | 3              | 3                    | 5    | 0        | 0         | 0                             | 3                 | 3                   | 1,21  | 3,64                                |
| 3  | Kuat                    | 5              | 5                    | 1    | 5        | 0         | 5                             | 0                 | 0                   | 1,17  | 5,86                                |
| 4  | Ergonomis               | 3              | 1                    | 3    | 1        | 5         | 5                             | 3                 | 0                   | 0,33  | 1,00                                |
| 5  | Dari bahan yang aman    | 5              | 1                    | 0    | 0        | 0         | 5                             | 0                 | 0                   | 4,26  | 21,30                               |
| 6  | Awet                    | 5              | 1                    | 5    | 3        | 1         | 3                             | 5                 | 0                   | 0,00  | 0,00                                |
| 7  | Tidak tajam dan runcing | 5              | 3                    | 0    | 3        | 0         | 5                             | 0                 | 5                   | 0,72  | 3,59                                |
|    | $M_r$                   |                | 1,45                 | 1,00 | 1,25     | 1,00      | 1,11                          | 0,00              | 1,28                |       |                                     |
|    | Total                   |                |                      |      |          |           |                               |                   |                     | 9,54  | 40,92                               |

Tabel 7. ECQFD egrang fase IV opsi 2

| No | Suara konsumen          | Bobot konsumen | Karakteristik teknis |      |          |           |                               |                   |                     | $w_i$ | Pengaruh peningkatan suara konsumen |
|----|-------------------------|----------------|----------------------|------|----------|-----------|-------------------------------|-------------------|---------------------|-------|-------------------------------------|
|    |                         |                | Massa                | Vol  | Kekuatan | Ergonomis | Kandungan zat kimia berbahaya | Umur fisik produk | Keamanan penggunaan |       |                                     |
| 1  | Ringan                  | 3              | 5                    | 3    | 3        | 0         | 0                             | 3                 | 1                   | 1,61  | 4,84                                |
| 2  | Portable                | 3              | 3                    | 5    | 0        | 0         | 0                             | 3                 | 3                   | 1,05  | 3,16                                |
| 3  | Kuat                    | 5              | 5                    | 1    | 5        | 0         | 5                             | 0                 | 0                   | 1,05  | 5,27                                |
| 4  | Ergonomis               | 3              | 1                    | 3    | 1        | 5         | 5                             | 3                 | 0                   | 0,28  | 0,83                                |
| 5  | Dari bahan yang aman    | 5              | 1                    | 0    | 0        | 0         | 5                             | 0                 | 0                   | 4,26  | 21,30                               |
| 6  | Awet                    | 5              | 1                    | 5    | 3        | 1         | 3                             | 5                 | 0                   | 0,00  | 0,00                                |
| 7  | Tidak tajam dan runcing | 5              | 3                    | 0    | 3        | 0         | 5                             | 0                 | 5                   | 0,72  | 3,59                                |
|    | $m_r$                   |                | 1,27                 | 0,87 | 1,13     | 1,00      | 1,11                          | 0,00              | 1,28                |       |                                     |
|    | Total                   |                |                      |      |          |           |                               |                   |                     | 8,97  | 38,99                               |

#### 4. Fase IV

Dengan menggunakan rumus (2) maka diperoleh nilai peningkatan suara konsumen ( $vr$ ) setelah mengaplikasikan perubahan pada desain. Hasil perhitungan  $vr$  dan pengaruh peningkatan suara konsumen dapat dilihat pada Tabel 6 untuk opsi 1 dan Tabel 7 untuk opsi 2. Berdasarkan kedua tabel tersebut dapat dilihat bahwa total nilai pengaruh peningkatan suara konsumen untuk opsi 1 adalah 40,92 dan untuk opsi 2 adalah 38,99 sehingga dapat disimpulkan bahwa opsi 1 lebih baik.

Aspek peningkatan yang diterapkan pada desain sesuai dengan hasil ECQFD meliputi pengurangan massa egrang, peningkatan kekuatan egrang, ukuran berdasarkan antropometri anak, pengurangan volume egrang, peningkatan keamanan pengoperasian egrang dan pengurangan penggunaan zat kimia berbahaya.

#### 3.2. Identifikasi Alternatif Inovasi Desain dengan metode TRIZ

Tujuan utama dalam penggunaan TRIZ adalah menentukan kontradiksi dari setiap permasalahan dan mencocokkan permasalahan tersebut dengan parameter yang sesuai dari the 39 *engineering parameters* yang terdefiniskan dalam matriks kontradiksi. Berikut ini adalah kontradiksi yang ditemukan dalam pengembangan egrang, dimana # menunjukkan nomor parameter TRIZ:

##### a) Kontradiksi 1

Meningkatkan *strength* (#14) mempengaruhi *weight of moving object* (#1) secara negatif.

##### b) Kontradiksi 2

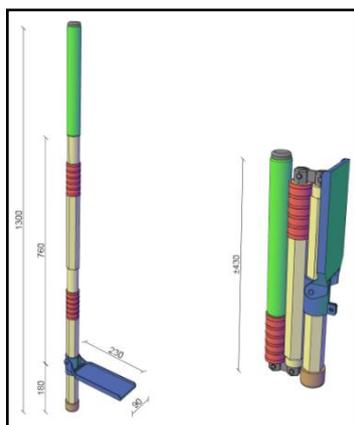
Meningkatkan *volume of moving object* (#7) mempengaruhi *object generated harmful* (#31) dan *stability of the object* (#13) secara negatif.

Tabel 8. Kontradiksi dan solusi kreatif terkait

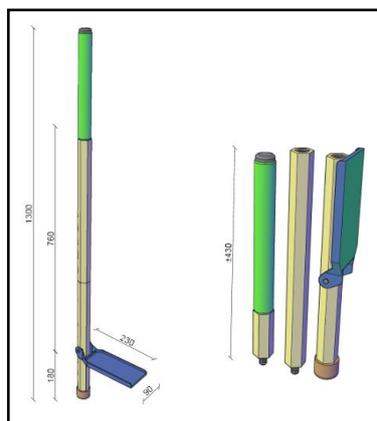
| Kontradiksi | Parameter yang ingin ditingkatkan | Parameter yang menghalangi     | Solusi kreatif TRIZ terkait  |
|-------------|-----------------------------------|--------------------------------|--|
| 1           | Strength (#14)                    | Weight of moving object (#1)   | #1 Segmentation - Membuat egrang yang dari komponen yang dapat dilepas dengan mudah<br>#8 Anti weight - Tidak dapat diterapkan<br>#40 Composite materials - Membuat egrang dengan menggunakan bahan komposit<br>#15 Dynamic – Membuat egrang yang dinamis dan dapat menyesuaikan dengan kebutuhan penggunaan |
| 2           | Volume of moving object (#7)      | Object-generated harmful (#31) | #17 Another dimension - Tidak dapat diterapkan<br>#2 Taking out - Tidak dapat diterapkan<br>#40 Composite materials - Membuat egrang dengan menggunakan bahan komposit   |
|             |                                   | Stability of the object (#13)  | #1 Segmentation - Membuat egrang yang terdiri dari komponen yang dapat dilepas dengan mudah<br>#28 Mechanics substitution - Tidak dapat diterapkan<br>#10 Preliminary action - Tidak dapat diterapkan<br>#1 Segmentation - Membuat egrang yang portable<br>#39 Inert atmosphere - Tidak dapat diterapkan     |

Berdasarkan Tabel 8. tersebut dapat disimpulkan bahwa solusi untuk kontradiksi yang ditemukan dalam mendesain egrang adalah membuat egrang dengan menggunakan bahan komposit, dinamis dan menyesuaikan dengan kebutuhan penggunaan dan terdiri dari komponen yang dapat dilepas dengan mudah. Berdasarkan solusi kreatif TRIZ, maka egrang akan dibuat menggunakan bahan komposit sehingga dihasilkan produk yang ringan namun kuat. Komposit yang digunakan adalah perpaduan bambu, serat fiber, dan epoxy dengan mengadopsi teknologi HexTube yang dikembangkan pada sepeda bambu. Teknologi ini akan digunakan pada komponen Tiang egrang. Bambu akan dibentuk menjadi sebuah tabung yang berbentuk segienam. Inti bambu akan dilapisi oleh serat fiber pada bagian dalam yang kemudian dilekatkan dengan menggunakan epoxy. Epoxy merupakan bahan yang aman dan tidak menimbulkan paparan kimia berbahaya. Komponen handgrip menggunakan busa yang melapisi Tiang egrang. Sedangkan pijakan dan supporting menggunakan baja ringan karena kedua komponen ini harus sangat kuat agar dapat menyokong kekuatan egrang. Sedangkan Sol egrang menggunakan karet.

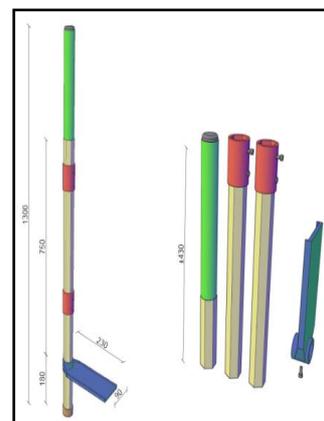
Gambar 1, 2, dan 3 berturut-turut adalah gambar 3D alternatif desain egrang 1, 2, dan 3. Perbedaan utama ketiga alternatif desain egrang tersebut adalah pada sistem portable dan pijakan egrang, dimana alternatif 1 menggunakan engsel sehingga dapat dilipat dan memiliki pijakan yang ketinggiannya dapat diatur, alternatif 2 dirakit dengan menggunakan sistem ulir dan pijakan yang fixed, dan alternatif 3 menggunakan selongsong pengunci dan pijakan yang juga fixed.



Gambar 1 Alternatif 1



Gambar 2. Alternatif 2



Gambar 3. Alternatif 3

### 3.3. Pemilihan Alternatif Desain dengan AHP

Suara konsumen yang membedakan antar alternatif egrang antara lain massa, kekuatan, dan *portable*. Oleh karena penilaian alternatif berdasarkan desain 3D, maka suara konsumen mengenai massa dan kekuatan tidak dapat dinilai sehingga subkriteria untuk fungsi sistem hanyalah dari aspek *portable*. Responden yang dimintai pendapat terdiri dari 2 ahli, yakni dari pihak Tanoker (lembaga yang fokus pada pengembangan anak dengan pendekatan budaya) dan dosen di bidang desain produk.

**Tabel 9. Rekapitulasi Pembobotan Akhir Alternatif Desain Egrang**

| Kriteria        | Subkriteria         | Bobot keseluruhan | Alternatif 1 | Alternatif 2 | Alternatif 3 | CR   |
|-----------------|---------------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|------|
| Fungsi Sistem   | <i>Portable</i>     | 0,500             | 0,701        | 0,193        | 0,106        | 0,01 |
|                 | Ergonomi            | 0,250             | 0,600        | 0,200        | 0,200        | 0,00 |
| Keamanan        | Keamanan penggunaan | 0,250             | 0,733        | 0,199        | 0,068        | 0,09 |
| Total penilaian |                     |                   | 0,6838       | 0,1963       | 0,1200       |      |

Berdasarkan tabel 9. dapat dilihat bahwa nilai CR perbandingan antar alternatif dapat dikatakan konsisten karena tidak ada yang lebih dari 0,01. Hasil penjumlahan penilaian alternatif terkait seluruh subkriteria menunjukkan bahwa alternatif 1 merupakan alternatif terpilih dengan total penilaian 0,6838, sedangkan alternatif 2 dan alternatif 3 mendapatkan total penilaian berturut-turut sebesar 0,1963 dan 0,1200.



**Gambar 4. Perbandingan egrang sebelum (a) dan sesudah redesain (b)**

Selanjutnya dilakukan pembuatan prototipe dari alternatif 1, kemudian dilakukan pengujian. Hasil uji konstruksi menunjukkan bahwa tidak ada komponen yang memiliki sambungan antar komponen dengan hasil uji yang kurang baik. Pengujian kekuatan dilakukan melalui uji coba langsung dengan meletakkan beban di atas pijakan egrang sebesar  $9 \times 10$  lbs (40,82 kg),  $12 \times 10$  lbs (54,43 kg),  $14 \times 10$  lbs (63,50 kg), dan  $16 \times 10$  lbs (72,57 kg) selama 30 detik sebanyak sepuluh kali pengulangan dan kemudian amati ada atau tidaknya bagian yang retak, berubah bentuk, atau sambungan komponen yang merenggang. Hasil pengujian konstruksi menunjukkan bahwa konstruksi egrang cukup baik sehingga dapat dilanjutkan ke pengujian kekuatan. Hasil pengujian pada beban  $9 \times 10$  lbs (40,82 kg),  $12 \times 10$  lbs (54,43 kg), dan  $14 \times 10$  lbs (63,50 kg) menunjukkan bahwa egrang dapat menahan beban dan tidak mengalami kerusakan. Sedangkan percobaan ketiga pada beban  $16 \times 10$  lbs (72,57 kg) membuat pijakan egrang bengkok tetapi tidak ada kerusakan pada tiang egrang sehingga dapat disimpulkan bahwa tiang egrang masih kuat untuk menahan beban tersebut. Perbandingan egrang sebelum dan sesudah redesain ditunjukkan pada Gambar 4.

#### 4. KESIMPULAN

Integrasi metode ECQFD, TRIZ, dan AHP berhasil digunakan pada redesain egrang, sehingga dihasilkan egrang yang memenuhi kebutuhan konsumen yaitu egrang yang ringan, *portable*, kuat, ukuran yang sesuai, terbuat dari bahan yang aman, awet, dan aman dioperasikan. Dari 3 alternatif desain terpilih alternatif 1, yaitu menggunakan engsel sehingga dapat dilipat dan memiliki pijakan yang ketinggiannya dapat diatur. Pengujian terhadap prototipe alternatif 1 menunjukkan bahwa prototipe lolos uji konstruksi dan hasil pengujian kekuatan menunjukkan satu pasang egrang dapat menahan beban hingga 127 kg. Meski masih belum memenuhi SNI,

kemampuan egrang hasil perancangan ulang dapat dinilai sangat kuat. Hasil implementasi desain berhasil membawa perubahan yang signifikan terhadap egrang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ceciliani, A., dan Bortolotti, A. 2013. Outdoor Motor Play: Analysis, Speculations, Research Paths. *Center for Educational Policy Studies Journal*, Volume 3, Number 3, 65 – 86.
- Hu, H., Li, Z., Yan, J., Wang, X., Xiao, H., Duan, J., dan Zhen, L. 2007. Anthropometric Measurement of the Chinese Elderly Living in the Beijing Area. *International Journal of Industrial Ergonomics*, Volume 37, 303 – 311.
- Kuykendall, J. 2009. *Selecting Toys for Children*. Alaska: University of Alaska Fairbanks.
- Li, T. 2010. Applying TRIZ and AHP to Develop Innovative Design for Automated Assembly Systems. *International Journal Advanced Manufacturing Technology*, Volume 46, 301– 313.
- Masui, K., Sakao, T., Kobayashi, M., dan Inaba, A. 2003. Applying Quality Function Deployment to Environmentally Conscious Design. *International Journal of Quality & Reliability Management*, Volume 20, Number 1, 90 – 106.
- Sedarmayanti. 2002. *Metode Penelitian*. Bandung: Mandar Maju.
- Vinodh, S., Kamala, V., dan Jayakrishna, K. 2014. Integration of ECQFD, TRIZ and AHP for Inoovative and Sustainable Product Development. *Applied Mathematical Modelling*, Volume 38, 2758 – 2770.
- Yunus, A. 1981. *Permainan Rakyat Daerah Istimewa Yogyakarta*. Yogyakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Proyek Inventarisasi dan Dokumentasi Kebudayaan Daerah.