

PENGEMBANGAN DESAIN *STARTING BLOCK* KOLAM RENANG
DENGAN MENGGUNAKAN *THEORY OF INVENTIVE PROBLEM SOLVING (TRIZ)*

Denny Nurkertamanda *), Asen Ahman **)

Abstract

Swimmingpool starting block is one of swimming equipment that must be used in swimming sport competition. It used not only by senior athlete but also the beginner. In addition, it used not only in one swimmingpool but also another pool which has different height of watersurface and swimmingpoll wallside.

Now, the condition of starting block only fit with some of athlete. The other athlete had difficulties when use it. Because of that, design improvement need to be done for starting block to be adaptable for all athlete in any age and adaptation for the condition of watersurface.

Adaptability fitur improvement for starting block makes fitur stabilition of product composition getting worse, and those things is unwanted. So that Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ) method is needed to solve the problem technical contradiction so the ideal final output can be reached.

Adaptable starting block design can be reached after solve the technical contradiction happened when solving the problems used TRIZ. Reducing the parameters which had disadvantages for the ideal final product such as: weight of the moving object, quantity of the material used, dangerous factor of the object, and dangerous factors from environment.

Key words: Starting block, TRIZ, Ideal Result.

Pendahuluan

Latar Belakang Masalah

Starting block adalah alat yang digunakan perenang saat melakukan *jumping start / diving start* atau luncuran awal dalam suatu balapan (*race*) renang pada saat pertandingan maupun latihan. *Starting block* sangat penting karena merupakan alat kompetisi yang sangat mutlak digunakan dan sudah menjadi standar aturan dalam kegiatan lomba renang maupun latihan renang.

Seringkali *starting block* kolam renang tidak begitu diperhatikan. Kondisi *starting block* yang ada saat ini masih kurang memperhatikan kenyamanan, keamanan dan kemudahan penggunaannya serta kondisi ketinggian permukaan air dengan tepi kolam renang sendiri, sehingga alat tersebut kurang nyaman bahkan ada juga yang berbahaya saat digunakan. Dalam olahraga renang, kondisi *starting block* juga menentukan ketenangan, kesiapan mental dan kepercayaan diri bagi atlet renang saat melakukan balapan dalam bertanding.

Permasalahan kemampuan adaptasi *starting block* yang terjadi di sini adalah :

1. Keadaan setiap kolam standar kompetisi mengenai dimensi / jarak dinding kolam renang dengan permukaan air berbeda-beda karena tidak ditentukan pada standar internasional, sehingga penerapan *starting block* di setiap kolam renang berbeda-beda ketinggiannya (ada yang memenuhi standar ada yang tidak).
2. Ukuran kolam renang standar kompetisi dalam aturan internasional hanya dijelaskan mengenai panjang, lebar dan kedalaman saja, yaitu : kolam renang *Long Course* (50 meter x 25 meter x 1-6 meter) dan kolam renang *Short*

Course (25 meter x 12,5 meter x 1-6 meter). Ukuran jarak antara permukaan air dengan dinding / tepi kolam renang tidak dijelaskan, sehingga sering terjadi kesalahan penerapan desain *starting block* pada kolam renang.

3. *Starting block* yang ada sekarang tidak bisa diterapkan untuk semua kriteria kolam renang standar kompetisi (tidak fleksibel).
4. Masih ada sebagian besar atlet yang berusia dini (4-12 tahun) mengalami kesulitan saat menaiki *starting block* karena papan *starting block* terlalu tinggi.
5. *Starting block* yang ada sekarang hanya memenuhi kriteria kebutuhan untuk sekelompok usia saja (tidak untuk semua tingkatan usia), sehingga kebutuhan sebagian atlet renang tidak terpenuhi.
6. *Handgrip* (pegangan) untuk melakukan *start* gaya punggung kadang tidak sesuai dengan ketinggian standar yang ditetapkan dan hanya mudah digunakan oleh sebagian atlet renang saja.

Memperhatikan kondisi *starting block* di kebanyakan kolam renang di Indonesia, kualitas dan penggunaannya masih belum baik dan belum maksimal serta belum sepenuhnya memenuhi kebutuhan pengguna khususnya atlet renang. Baik dari segi desain, kemudahan, keamanan maupun kenyamanan saat menggunakannya. Masih ada kebutuhan ataupun keinginan dari atlet renang yang belum terpenuhi terutama dirasakan oleh sebagian besar atlet renang yang berusia dini (usia 4-12 tahun) dan sebagian atlet senior (>12 tahun).

*) Staf Pengajar Jurusan Teknik Industri FT UNDIP

**) Alumni Teknik.Industri FT UNDIP

Kebutuhan ataupun keinginan atlet renang di sini adalah hal-hal yang berhubungan dengan kenyamanan, kemudahan dan keamanan saat menggunakan *starting block* tersebut, yaitu :

1. Papan *starting block* untuk melakukan *start* gaya kupu-kupu, gaya bebas dan gaya dada tidak licin saat digunakan.
2. *Starting block* mudah dinaiki dan mudah digunakan, baik oleh atlet pemula (4-12 tahun) ataupun atlet senior (>12 tahun).
3. *Handgrip* (pegangan) untuk melakukan *start* gaya punggung nyaman saat digunakan oleh semua tingkatan usia atlet renang / dapat disesuaikan.
4. Ketinggian papan *starting block* dan *handgrip* sesuai dengan standar yang ditentukan (standar internasional), baik di kolam renang satu ataupun kolam renang lainnya harus sama.
5. Tidak ada bagian lancip / runcing pada papan *starting block (platform)* agar saat kaki mencengkram untuk melakukan tolakan terasa nyaman, sehingga atlet tidak ragu-ragu untuk menolakkan kaki pada papan *starting block* sekeras-kerasnya.
6. *Starting block* yang bisa memaksimalkan jangkauan luncuran yang diinginkan, baik ketika digunakan oleh atlet renang pemula maupun senior.
7. *Nomor* lintasan (*line number*) dapat dilihat dengan jelas dari semua sisi *starting block*.
8. *Starting block* kuat dan stabil / tidak goyang saat digunakan.

Dari permasalahan yang terjadi dan kebutuhan atlet yang belum terpenuhi diatas, maka perlu adanya suatu pengembangan desain *starting block* yang lebih baik dan fleksibel untuk diterapkan di setiap kolam renang yang sering digunakan sebagai arena kompetisi atau kejuaraan. Selain itu juga, perlu dikembangkan *starting block* yang dapat memenuhi kebutuhan atlet renang baik tingkat pemula (usia dini) maupun tingkat senior (dewasa) seperti yang dipaparkan di atas, sehingga atlet bisa lebih siap dan percaya diri ketika melakukan pertandingan.

Perumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas, maka permasalahan yang akan dibahas adalah merancang atau mendesain *starting block* kolam renang yang *adaptable* untuk diterapkan pada kolam renang standar kompetisi manapun dan *adaptable* terhadap atlet renang dari semua kelompok umur.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Merancang *starting block* yang *adaptable* terhadap atlet renang dari semua tingkatan umur saat digunakan, dan *adaptable* untuk diterapkan pada kolam renang yang ketinggian antara tepi kolam renang dengan permukaan airnya berbeda-beda.

2. Membuat gambaran visual produk *starting block* dalam 2 (dua) dimensi dan 3 (tiga) dimensi untuk merepresentasikan hasil desain.

Batasan Masalah

Pembatasan masalah untuk penelitian ini adalah :

1. Perancangan yang dilakukan hanya difokuskan pada perancangan *starting block* kolam renang untuk diterapkan pada kolam renang standar kompetisi renang dan untuk digunakan atlet renang mulai dari usia minimal 4 tahun.
2. Peneliti lebih membobotkan penelitiannya pada aspek fungsional dari desain pengembangan produk *starting block* yang dikaji.
3. Analisis aspek bahan dan harga dilakukan jika diperlukan dalam pengambilan keputusan desain selanjutnya.

Tinjauan Pustaka

Theory of Inventive Problem Solving (TRIZ) Masalah Rutin dan Masalah Non-Rutin (*Inventive Problems*). Berdasarkan pada berbagai masalah yang sering dihadapi oleh manusia dalam kehidupan sehari-hari, ada dua macam kelompok masalah, yaitu masalah yang biasa terjadi (*routine*) dan masalah yang tidak biasa terjadi (*nonroutine*).

Masalah yang biasa terjadi (*routine*), yaitu jika dalam menyelesaikannya sudah diketahui apa saja langkah-langkah kritis yang akan dilakukan. Ada sejumlah metode yang dapat memecahkan / menyelesaikan masalah *routine* dalam bidang tertentu, seperti: matematik, *marketing*, dan desain. Masalah *routine* dapat diselesaikan diantaranya dengan menggunakan standarisasi atau proses-proses yang otomatis.

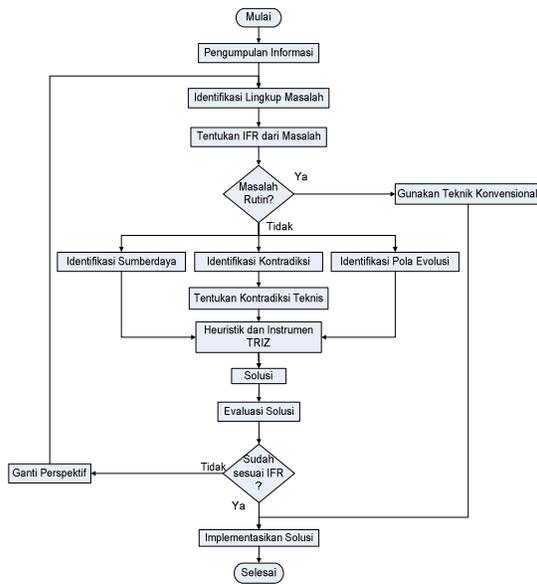
Sebuah masalah dikelompokkan kedalam masalah *nonroutine* jika dalam menyelesaikan masalah tersebut, langkah-langkah kritisnya tidak diketahui. Hal ini dapat kita sebut sebagai *inventive problems*. *TRIZ* merupakan salah satu metode yang mendefinisikan masalah-masalah teknis yang digunakan untuk memecahkan masalah yang kemungkinan langkah-langkah dalam penyelesaiannya tidak diketahui (*non-routine problems*). [Ref. 13]

Ada pemilihan heuristik dan instrumen *TRIZ* yang dapat digunakan. Dalam pemecahan masalah yang sederhana, kita dapat menggunakan *TRIZ* asli, yaitu dengan memanfaatkan 39 parameter dan 40 prinsip inovasi *TRIZ*.

Metodologi Penelitian

Model Penelitian

Pada model penelitian ini ada beberapa langkah yang akan dilakukan sesuai dengan metodologi yang akan diterapkan, yaitu dengan menggunakan metodologi *TRIZ*. Langkah-langkah tersebut dideskripsikan pada Gambar 1. berikut:



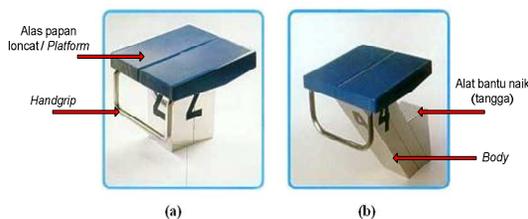
Gambar 1. Model Penelitian

Pemecahan Masalah Dan Perencanaan Desain Pengumpulan Informasi Deskripsi Produk

Pada dasarnya *starting block* terdiri dari beberapa bagian penting, yaitu :

1. Alas papan loncat / *platform*, yaitu tempat atlet renang melakukan luncuran untuk gaya bebas, gaya kupu-kupu, dan gaya dada.
2. *Handgrip*, yaitu tempat pegangan atlet renang saat melakukan awalan gaya punggung.
3. Badan / *body starting block*, sebagai penyangga alas papan loncat / *platform*.
4. Pada beberapa *modern starting block* ada yang menyediakan bagian / part untuk membantu atlet renang menaiki *starting block* yang berfungsi sebagai tangga, tetapi hal ini sangat jarang diterapkan.

Gambar 2. di bawah ini adalah contoh produk *modern starting block* yang ada saat ini (*portable starting block*):



Gambar 2. (a) *Starting block* pendek, (b) *Starting block* tinggi [Ref. 9]

Identifikasi Stakeholder

Agar penelitian mengenai *starting block* kolam renang ini berhasil dan mencapai apa yang diharapkan, maka peneliti mengidentifikasi *stakeholder* yang berkaitan dengan *starting block* tersebut, yaitu :

1. Atlet renang sebagai pengguna utama produk (*lead user*)
2. Pelatih renang sebagai pengamat olahraga renang

Dalam penyelesaian masalah dengan menggunakan metode *TRIZ*, peneliti juga harus memperhatikan sumber daya lain yang berkaitan. Sumber daya lain yang dapat dijadikan sebagai informasi untuk mendukung pengambilan keputusan adalah :

1. Kolam renang standar kompetisi.
2. Rekomendasi / standar aturan mengenai penerapan dan dimensi *starting block*
3. Macam-macam *Starting block* yang ada saat ini.

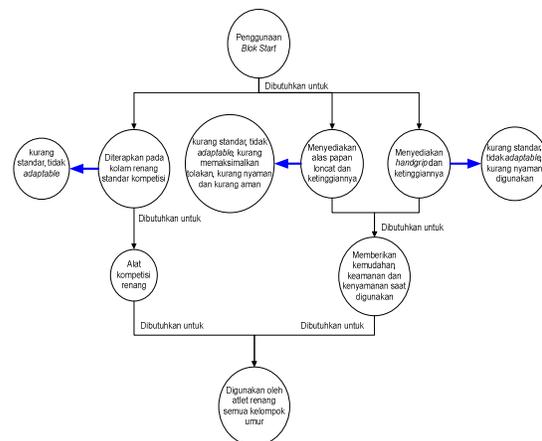
Identifikasi / Survei Paten Teknis Produk

Paten sendiri merupakan suatu sumber daya yang digunakan untuk membantu proses pemecahan masalah yang ada. Hal ini dikategorikan kepada sumber daya informasi (*information resource*).

Dalam pemecahan masalah desain *starting block* kolam renang ini bisa dilakukan dengan memanfaatkan parameter dan prinsip teknis *TRIZ* yang sudah ada. Pengetahuan patent dari produk yang sudah ada hanya memberikan pengetahuan kepada peneliti apakah produk tersebut sudah ideal ataukah belum.

Pemecahan Masalah dengan Metodologi TRIZ Identifikasi Lingkup Masalah

Dari pernyataan masalah diatas dapat di bangun rangkaian fungsi (*useful function*) dan bahaya yang tidak diinginkan (*harmful function*) yang berkaitan dengan penerapan *starting block* terhadap kolam renang dan penggunaan *starting block* terhadap atlet renang digambarkan dalam diagram *Useful and Harmful Function* pada Gambar 3. di bawah ini :



Gambar 3. Useful and Harmful Function Diagram

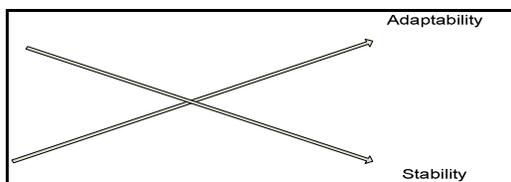
Menentukan *Ideal Final Result (IFR)*

Produk yang diinginkan adalah produk yang *adaptable*. *Adaptable* terhadap kolam renang maupun terhadap atlet renang (pengguna). Konsep *starting block* yang *adaptable* disini berkaitan dengan kriteria geometris jarak ketinggian papan *starting block* dengan permukaan air dan *handgrip* dengan permukaan air ketika diterapkan pada kolam renang standar kompetisi renang. Selain itu, konsep *adaptable* disini juga mengacu pada kemudahan, keamanan dan kenyamanan atlet renang usia dini maupun senior saat menggunakan *starting block*, baik dari segi bentuk desain maupun ketinggian *starting block* tersebut.

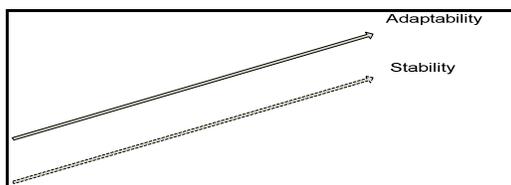
Mengidentifikasi *Tradeoff* (Kontradiksi)

Untuk mendapatkan *starting block* dengan meningkatkan fitur *adaptable* terhadap kolam renang maupun atlet renang, maka secara teknis akan ada fitur / karakteristik teknis yang secara otomatis akan berkurang nilainya. Salah satunya adalah *starting block* akan kurang stabil karena akan menimbulkan adanya pembagian / *separation* pada sistem atau pada bagian-bagian produk tersebut (akan menimbulkan substansi / komponen sistem *starting block* yang lebih banyak dari sebelumnya).

Representasi grafis mengenai kontradiksi yang terjadi antara fitur *adaptability* dan fitur *stability* seperti terlihat pada contoh ilustrasi Gambar 4. dan Gambar 5. di bawah ini :



Gambar 4. *Tradeoff* Fitur teknis *starting block* stabil akan menurun ketika meningkatkan fitur teknis *adaptability*



Gambar 5. Kontradiksi Inheren Fitur teknis *starting block* stabil yang diharapkan ketika meningkatkan fitur teknis *adaptability*

- Dengan adanya peningkatan fitur *adaptability* diharapkan pembagian sistem atau subsistem / komponen juga tetap sedikit agar produk tetap stabil.
- Dengan adanya peningkatan fitur *adaptability* dan *stability* diharapkan proses permesinan juga tidak sulit / tidak menjadi kompleks dan kebu-

tuhan bahan juga tidak meningkat, sehingga biaya yang dikeluarkan tetap minimal.

Memetakan Sumber Daya dan Pola Evolusi

1. Sumber Daya

Pada masalah ini, aturan atau rekomendasi *FINA* (*Federation De Natation Amateur*) digunakan sebagai sumber daya informasi untuk membantu penyelesaian masalah agar didapatkan produk yang ideal. Rekomendasi *FINA* sendiri berisi tentang aturan dimensi dan jarak mengenai karakteristik dimensi *starting block* yang dianjurkan.

Dalam aturan atau rekomendasi *FINA* dijelaskan bahwa kriteria *starting block* yang dianjurkan adalah sebagai berikut [Ref. 6]:

- Berdasarkan rekomendasi dari *Federation Internationale De Natation Amateur (FINA)*, Menara *Start (Starting block / Starting Platform)* harus kuat dan tidak memberikan efek pantulan atau pegas
- Tinggi dari permukaan air adalah 0,50 meter – 0,75 meter. Area permukaan adalah 0,50 meter x 0,50 meter terbuat / tertutup material yang tidak licin. Maksimum kemiringan area permukaan tidak lebih dari 10^0 .
- Menara *start / starting block* harus dibangun sedemikian rupa, sehingga perenang saat melakukan *start* dapat mencengkram dibagian depan maupun kedua sisinya. Ini sebuah rekomendasi, apabila ketebalan dari permukaannya 0,04 meter, bisa dikurangi 0,03 meter dan 0,1 meter dibagian sisi.
- *Handgrip* (tempat cengkraman) dapat dipasang di sisi menara *start*.
- *Handgrip* untuk melakukan *start* gaya punggung harus dipasang dengan jarak ketinggian 0,3 meter – 0,6 meter dari permukaan air. Bagi keduanya dipasang horizontal dan vertikal, dan harus paralel (sejajar) dengan permukaan dinding tempat *start*.

Selain rekomendasi *FINA*, penelusuran paten mengenai *starting block* akan membantu pemecahan masalah dengan baik. Dalam proses pemecahan masalah ini, pemanfaatan prinsip *TRIZ* merupakan perlengkapan yang *powerful* untuk digunakan dalam pencapaian hasil akhir yang ideal didukung dengan pengetahuan teknik dari patent produk yang sudah ada. Dengan demikian, peneliti akan mendapatkan desain produk yang lebih baik dari produk yang sudah ada.

2. Pola Evolusi Produk *Starting block*

Berdasarkan informasi sumberdaya dan pengetahuan patent produk *starting block*, dapat peneliti petakan bagaimana pola evolusi *part / bagian* penting dari *starting block* tersebut di atas. Di bawah ini adalah bagian-bagian terpenting dari *starting block* yang diprediksi:

- Alas papan luncur (*platform*)
- *Handgrip* (pegangan)
- *Body starting block* (penyangga *platform*)
- *Step* (alat bantu naik ke *platform*)

Heuristik dan Perlengkapan *TRIZ* untuk memecahkan masalah

Untuk memecahkan masalah yang terjadi dalam penelitian ini, penulis menggunakan heuristik dan perlengkapan *TRIZ* asli (*original TRIZ*) dengan algoritma sederhana dari Genrich S Altshuller sebagai berikut [Ref. 13] :

1. Menamakan teknik.
2. Mendefinisikan fungsi utama dari teknik (formulasi tujuan teknik).
"The.....is designed to....."
3. Mendaftar / list subsistem utama dari teknik dan fungsi utama serta sekundernya
4. Mendeskripsikan teknik dalam bahasa sederhana.
5. Menentukan karakteristik-karakteristik yang akan ditingkatkan dan yang akan dieliminasi.
6. Menterjemahkan karakteristik yang ditemukan pada parameter *engineering TRIZ*.
7. Memformulasikan kontradiksi teknik : Mana parameter positif yang akan ditingkatkan dan mana parameter positif lain yang akan berkurang.
8. Memformulasikan kontradiksi teknik : Mana parameter negatif yang dikurangi kemudian menimbulkan parameter positif atau negatif lain akan berkurang.
9. Temukan sel-sel dalam matriks yang berhubungan dengan dua kontradiksi teknikal, jika ditemukan poin 7 dan 8.
10. Gunakan matriks kontradiksi, lihat solusi dari konflik antar dua parameter tersebut.
11. Terapkan prinsip-prinsip dari sel-sel tersebut pada masalahmu.
12. Temukan, evaluasi, dan terapkan konsep solusi pada masalahmu.

Dengan mengacu pada matriks kontradiksi (lampiran), maka parameter atau fitur teknis positif yang akan ditambah agar produk yang dihasilkan ideal adalah :

1. *Adaptability or Versatility*, yaitu kemampuan menyesuaikan produk (Parameter 35)
2. *Stability of The Object's Composition*, yaitu stabilitas dari komposisi objek (Parameter 13)

Parameter atau fitur teknis yang akan dikurangi agar produk yang dihasilkan ideal adalah (mengacu pada lampiran) :

1. *Weight of Moving Object*, yaitu berat dari objek bergerak (Parameter 1)
2. *Quantity of Substance / The Matter*, yaitu kuantitas dari substansi / bahan (Parameter 26)
3. *External Harm Affect the Object*, yaitu bahaya dari luar yang mempengaruhi objek (Parameter 30)

4. *Object Generated Harmful Factors*, yaitu objek yang menimbulkan factor-faktor bahaya (Parameter 31)

Prinsip-prinsip yang dapat diterapkan dari hasil penelusuran pada matriks kontradiksi dapat dilihat pada Tabel 1. berikut :

Tabel 1. Penelusuran Pada Matriks Kontradiksi

<i>Degraded Feature</i>	<i>Weight of Moving Object</i>	<i>Quantity of Substance / The Matter</i>	<i>External Harm Affect the Object</i>	<i>Object Generated Harmful Factors</i>
<i>Improving Feature</i>				
<i>Adaptability or Versatility</i>	1,6,15,8	3,35,15	35,11,32,31	-
<i>Stability of The Object's Composition</i>	21,35,2,39	15,32,35	35,23,18,30	35,40,27,39

Prinsip-prinsip *TRIZ* yang akan diterapkan pada desain produk

Dalam menentukan solusi masalah desain *starting block* ini, peneliti merekapitulasi prinsip-prinsip yang berkaitan dengan masalah desain dan tentunya yang mungkin dapat menjawab masalah yang terjadi, yaitu : 35, 15, 39, 1, 2, 3, dan 6.

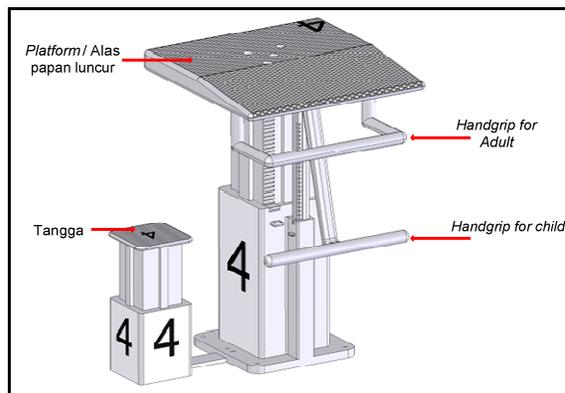
Pemanfaatan ketujuh prinsip diatas digunakan untuk memecahkan kontradiksi-kontradiksi yang terjadi antara dua fitur (antara fitur yang ingin ditingkatkan dengan fitur yang seharusnya dikurangi).

Implementasi Prinsip-Prinsip Pada Desain Baru

Penjelasan secara rinci dari penggunaan prinsip yang muncul dalam penerapannya pada desain adalah sebagai berikut :

1. Implementasi prinsip untuk menghilangkan kontradiksi antara parameter 35 dengan parameter 1 adalah dengan menggunakan prinsip 1, 6, dan 15.
2. Implementasi prinsip untuk menghilangkan kontradiksi antara parameter 35 dengan parameter 26 adalah dengan menggunakan prinsip 3, 35, dan 15.
3. Implementasi prinsip untuk menghilangkan kontradiksi antara parameter 13 dengan parameter 1 adalah dengan menggunakan prinsip 35, 2, dan 39.
4. Implementasi prinsip untuk menghilangkan kontradiksi antara parameter 13 dengan parameter 26 adalah dengan menggunakan prinsip 15 dan 35.
5. Implementasi prinsip 35 digunakan untuk menghilangkan kontradiksi antara parameter 35 dengan parameter 30, parameter 13 dengan parameter 30, dan parameter 13 dengan parameter 31.

Dari penerapan prinsip-prinsip inovasi *TRIZ* yang ada, direpresentasikan pada desain produk *starting block* seperti Gambar 6. di bawah ini :



Gambar 6. Pandangan Depan Produk *Starting block* (*Adaptably Starting block*)

13. Savransky., (2001) *Engineering of Creativity (Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving)*. Boca Raton, New York : CRC Press.
14. Otto, Kevin and Kristin, Wood., (2001), *Product Design : Techniques and Reserve Engineering and New Product Development*. USA : Prentice Hall.
15. Silverstein, DeCarlo and Slocum., (2008) , *Insourcing Innovation (How To Achieve Competitive Excellence Using TRIZ)*, New York : CRC Press.
16. Free Patent Search Guide, Swimming pool starting block patent. URL : http://www.litmanlaw.com/_free_information, [25-02-2009]

Daftar Pustaka

1. Ulrich, and Eppinger., (2001), *Perancangan dan Pengembangan Produk*. Jakarta: Salemba Teknik.
2. Papademetriou. (2007) *Creative Problem Solving TRIZ Introduction*. Tidak diperbanyak.
3. Nasution., (2007) *Manajemen Industri*. Yogyakarta : ANDY.
4. Tahid, dan Nurcahyanie., (2007), *Konsep Teknologi dalam Pengembangan Produk Industri (Pendekatan Kolaboratif pada Konsep Teknologi dan Desain Produk Industri)*. Jakarta : Kencana.
5. Lin., (2007) *An Innovative Way To Create New Services: Applying The Triz Methodology*. Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers, Vol. 24, No. 2, pp. 142-152.
6. FINA (*Federation Internationale De Natation Amateur*) *Handbook.*, (2005-2009) Pengurus Besar Persatuan Renang Seluruh Indonesia, Subbid Pelatihan Perwasitan.
7. Triz Methodology. URL: <http://www.wikipedia.org>.
8. Triz. URL: <http://www.mazur.net>
9. Swimming Pool, Competition Pools URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/08-09-008>.
10. Start and Turn Technique. URL: <http://swimming.about.com>, [08-09-2008]
11. Yang, and El., (2003) *Design for Six Sigma (A Roadmap for Product Development)*. United States of America : McGraw-Hill.
12. Rantanen, and Domb., (2008), *Simplify TRIZ (New Problem Solving Applications for Engineers and Manufacturing Professionals)*. London, New York : Auerbach Publications.