

**NASKAH PUBLIKASI**  
**PERANCANGAN ALAT BANTU KURSI RODA MAGNETIS DENGAN METODE**  
**QFD (*QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT*)**  
**(Studi Kasus: YPAC Kota Surakarta)**



Diajukan Sebagai Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta

**Disusun Oleh:**  
**AHMAD SAHL**  
**D 600.100.044**

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2014**

## SURAT PERNYATAAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

*Bismillahirrahmanirrahim,*

Yang bertandatangan di bawah ini, saya :

Nama : Ahmad Sahl  
NIM : D 600.100.044  
Jurusan/Progdi : Teknik/Teknik Industri  
Jenis : Tugas Akhir  
Judul : PERANCANGAN ALAT BANTU KURSI RODA MAGNETIS  
DENGAN METODE QFD (*QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT*)  
(Studi Kasus: YPAC Kota Surakarta)

Dengan ini saya menyatakan bahwa saya menyetujui untuk:

1. Memberikan hak *royalty* kepada Perpustakaan UMS atas penulisan karya ilmiah saya, demi pengembangan ilmu pengetahuan.
2. Memberikan hak menyimpan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), menampilkannya dalam bentuk *softcopy*, untuk kepentingan akademis kepada Perpustakaan UMS, tanpa perlu meminta ijin dari saya sebagai penulis.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan Perpustakaan UMS, dari segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam karya ilmiah ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan semoga dapat digunakan sebagai mana mestinya.

Surakarta, 1 November 2014

Yang Menyatakan:



Ahmad Sahl

**Surat Persetujuan Artikel Publikasi Ilmiah**

Yang bertanda tangan di bawah ini pembimbing Skripsi/Tugas Akhir:

Nama : Mila Failsa Sufa, ST, MT.

NIP/NIK : 100.972

Nama : Ida Nursanti, ST, M.EngSc.

NIP/NIK : 1172

Telah membaca dan mencermati naskah artikel publikasi ilmiah, yang merupakan ringkasan skripsi/Tugas Akhir dari mahasiswa:

Nama : Ahmad Sahl

NIM : D600 100 044

Jurusan : Teknik Industri

Judul Tugas Akhir : PERANCANGAN ALAT BANTU KURSI RODA MAGNETIS  
DENGAN METODE QFD (*QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT*)  
(Studi Kasus: YPAC Kota Surakarta)

Naskah artikel tersebut, layak dan dapat disetujui untuk dipublikasikan. Demikian persetujuan yang dibuat, semoga dapat dipergunakan sepenuhnya.

Surakarta, November 2014

Menyetujui,

Pembimbing I



Mila Failsa Sufa, ST, MT.

100.972

Pembimbing II



Ida Nursanti, ST, M.EngSc.

1172

# PERANCANGAN ALAT BANTU KURSI RODA MAGNETIS DENGAN METODE QFD (*QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT*) (Studi Kasus: YPAC Kota Surakarta)

Ahmad Sahl<sup>1</sup>, Mila Faila Sufa<sup>2</sup>, Ida Nursanti<sup>3</sup>.

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. Ahmad Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

Email: [Sahljuffri@gmail.com](mailto:Sahljuffri@gmail.com)

## Abstrak

Penyandang cacat terdapat di semua bagian bumi. Jumlah penyandang cacat (*defable*) di Indonesia pun terbilang cukup besar yakni 2,8 juta. Salah satu peraturan tertulis yang menyatakan kesamaan para *defable* dengan masyarakat normal lainnya adalah Undang-Undang Nomor 4 Tahun 1997, pasal 1 (ayat 1) dan Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 1998). Sehingga perlu adanya perhatian khusus terhadap *defable* agar memperoleh kesamaan dengan masyarakat pada umumnya. Diantaranya kesamaan aksesibilitas pada fasilitas umum. Sebagai contoh, pada bandara, pusat perbelanjaan atau fasilitas umum lain banyak menggunakan *escalator*, namun *escalator* yang digunakan masih belum memperhatikan segi kenyamanan dan keamanan *defable*. Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan alat bantu untuk penyandang cacat agar mereka dapat menaiki *escalator* dengan aman.

Pada proses perancangan menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD) merupakan metode perancangan produk yang berisikan kriteria berasal dari *Customer Needs* dan diwujudkan dengan *Technical Requirements*, dan melalui beberapa fase untuk menyempurnakannya dimulai fase perancangan produk, fase pengembangan komponen, fase perencanaan proses dan fase perencanaan produksi. Perancangan alat ini dari tahap desain hingga tahap *Prototype*. Proses desain menggunakan software *SolidWorks*.

Hasil penelitian ditemukan kriteria yang dibutuhkan oleh pelanggan berupa harga terjangkau (17,57%), memudahkan aksesibilitas (18,84%), tahan lama (16,93%), aman (21,72%), nilai pasar (8,3%) dan *user friendly* (16,61%). Dan gaya tambahan dengan bantuan magnet untuk menahan pengendara sebesar 68,032N (beserta *safety factor*). Material yang digunakan berupa *Stainless Steel*, sesuai kriteria alat bantu yang diinginkan oleh pelanggan, tahan karat dan kokoh. Melalui tahapan-tahapan diatas, perancangan alat bantu dapat membantu *defable* menaiki *escalator* dengan aman.

**Kata Kunci:** *Defable; Perancangan; Quality Function Deployment (QFD); SolidWorks.*

## PENDAHULUAN

Penyandang cacat terdapat di semua bagian bumi serta pada semua tingkat dalam setiap lapisan masyarakat pada lapisan atas, menengah maupun bawah. Jumlah penyandang cacat di Indonesia pun terbilang cukup besar yakni 2,8 juta menurut Menteri Sosial Salim Segaf Al jufri pada wawancara di Denpasar, Bali, 7 Oktober 2013 oleh ANTARA News. Hal tersebut dapat dikarenakan oleh cacat keturunan maupun sebab-sebab lain yang menyebabkan disfungsi salah satu organ pada penderita cacat.

Salah satu peraturan tertulis yang menyatakan kesamaan para penyandang cacat dengan masyarakat normal lainnya adalah Undang-Undang Nomor 4 Tahun 1997, pasal 1 (ayat 1) dan Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 1998, khususnya pasal 1 (ayat 1) dengan tegas dinyatakan bahwa, sebagaimana warga masyarakat lainnya, penyandang cacat "*berhak mempunyai kesamaan kedudukan, hak dan kewajiban dalam berperan dan berintegrasi secara total sesuai dengan kemampuannya dalam segala aspek kehidupan dan penghidupannya*". Dan pada pasal 6 UU No 4/1997 dijelaskan bahwa, "*setiap penyandang cacat berhak memperoleh : (1) pendidikan pada semua satuan, jalur, jenis, dan jenjang pendidikan; (2) pekerjaan dan penghidupan yang layak sesuai jenis dan derajat kecacatan, pendidikan, dan kemampuannya; (3) perlakuan yang sama untuk berperan dalam pembangunan dan menikmati hasil-hasilnya; (4) aksesibilitas dalam rangka kemandiriannya; (5) rehabilitasi, bantuan sosial, dan pemeliharaan taraf kesejahteraan sosial; dan (6) hak yang sama untuk menumbuhkembangkan bakat, kemampuan, dan kehidupan sosialnya, terutama bagi penyandang cacat anak dalam lingkungan keluarga dan masyarakat*".

Pada kenyataannya, sedikit masyarakat yang menyadari betapa pentingnya menyediakan prasarana dan sarana aksesibilitas standar bagi para penyandang cacat secara fisik. Seringkali penemuan yang ditujukan kepenyandang cacat hanya berupa alat transportasi pribadi yang dimodifikasi seperti sepeda motor hasil modifikasi, *tricycle* (sepeda roda tiga) dan sebagainya, namun alat-alat diatas harus memiliki ijin khusus untuk mengendarainya.

Berdasarkan permasalahan tersebut penulis membantu mendesain alat bantu untuk penyandang cacat agar mereka dapat menaiki tangga berjalan (*escalator*).

*Escalator* atau tangga berjalan sangatlah penting untuk bangunan yang mempunyai lebih dari satu ataupun dua lantai, sebab jika orang akan naik ataupun turun dari lantai satu ke lantai yang lain sangatlah repot dan tentu saja akan memakan banyak tenaga jika menggunakan tangga biasa. Fasilitas *escalator* biasa terdapat pada tempat-tempat umum seperti pada pusat perbelanjaan, bandara, rumah sakit, dan fasilitas umum lainnya. Dengan adanya *escalator* atau tangga berjalan diharapkan dapat membantu orang untuk mengefektifkan tenaga yang digunakan. Disamping itu orang tidak akan merasa lelah jika harus naik dan turun tangga (Utomo, 2010). *Escalator* disini merupakan media penunjang agar terkondisikannya alat bantu yang akan digunakan pada kursi roda. Dengan adanya alat bantu ini, diharapkan kepada para defable yang menggunakan kursi roda dapat mengakses fasilitas-fasilitas umum masyarakat normal pada umumnya.

## LANDASAN TEORI

### Proses Perancangan

Untuk melakukan perancangan sistem produksi perlu diawali dengan merancang produk yang akan diproduksi. Produk yang dirancang atau desain produk merupakan prasyarat untuk proses produksi. Hasil keputusan desain produk akan ditransmisikan ke operasi sebagai spesifikasi produksi, dan spesifikasi merumuskan karakteristik produk dan memungkinkan pelaksanaan produksi. Desain produk merupakan bagian vital dalam menjaga kelangsungan hidup perusahaan. Berbagai desain produk baru diciptakan karena orang percaya bahwa terdapat kebutuhan akan produk tersebut (Purnomo, 2004).

### *SolidWorks*

*SolidWorks* dikembangkan oleh SolidWorks Corporation, USA, merupakan sebuah tampilan dasar, desain pemodelan mesin, dan otomasi perangkat lunak. *SolidWorks* juga sering dikenal standar 3D. *SolidWorks* merupakan CAD pertama yang mencakup pada penggunaan *Microsoft Windows graphic user interface*. *SolidWorks* menggunakan fungsi *drag-drop* (DD) dari *windows*, dimana paket CAD ini sangat mudah untuk dipelajari. *Windows graphic user interface* memungkinkan untuk teknisi desain mesin untuk berinovasi ide-ide mereka dan mengimplementasikan dalam bentuk prototipe visual atau model solid, perakitan skala besar, sub-perakitan, dan *detailing* dan *drafting* (Tickoo, 2004).

### *Prototype*

Untuk mendukung desain *interface*, pengujian kegunaan, dan kegiatan lainnya yang berhubungan dengan faktor manusia, pembuatan prototipe sangat dibutuhkan. Prototipe adalah perkiraan awal dari produk akhir yang dirancang. Prototipe memiliki tampilan dan fitur dari produk akhir tetapi belum memiliki fungsional secara penuh. Menurut Wickens et al, 1997 (Chandra dan Jumeno, 2011), Penggunaan *prototype* selama proses desain memiliki sejumlah keunggulan diantaranya:

- Membantu perancang dalam mengembangkan ide.
- Membantu perancang mengkomunikasikan rancangan.
- Dukungan untuk evaluasi.
- Dukungan untuk pengujian kegunaan dengan memberikan pengguna sesuatu untuk berinteraksi.

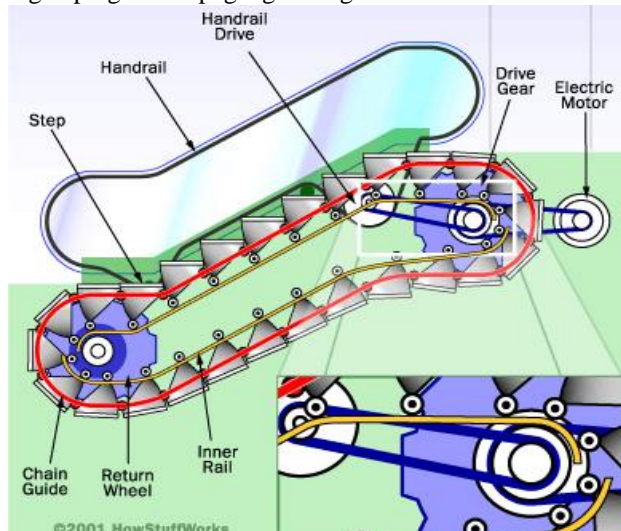
### *Escalator*

*Escalator* atau tangga berjalan adalah salah satu transportasi vertikal berupa konveyor untuk mengangkut orang, yang terdiri dari tangga terpisah yang dapat bergerak ke atas dan ke bawah mengikuti jalur berupa rail atau rantai yang digerakkan oleh motor. Sebelumnya, pada tahun 1899, Charles D. Seeberger bergabung dengan Perusahaan Otis Elevator Co., yang mana dari dia timbullah nama eskalator (yang diciptakan dengan menggabungkan kata *scala*, yang dalam bahasa Latin berarti langkah-langkah (*step*), dengan *elevator*). Bergabungnya Seeberger dan Otis telah menghasilkan *escalator* pertama *step type escalator* untuk umum, dan *escalator* itu dipasang di Paris Exhibition 1900 dan memenangkan hadiah pertama. Mr. Seeberger pada akhirnya menjual hak patennya ke Otis pada tahun 1910. Keuntungan dari *escalator* cukup banyak seperti mempunyai kapasitas memindahkan sejumlah orang dalam jumlah besar dan tidak ada interval waktu tunggu terutama di jam-jam sibuk dan mengarahkan orang ke tempat tertentu. Seperti pintu keluar, pertemuan khusus dan lain sebagainya. Pemakaian *escalator* terutama di daerah pusat perbelanjaan, bandara, hotel, kampus, dan fasilitas umum lainnya (Nutranta dan Arisman, 2008).

*Escalator* adalah penggerak yang berupa tangga yang saling sambung menyambung yang digunakan sebagai alat transportasi dari satu tempat yang rendah ketempat yang tinggi atau sebaliknya (<http://syakir-berbagiilmu.blogspot.com/2012/03/cara-kerja-tangga-jalan-escalator.html#>). Berikut bagian-bagian *escalator* dan cara *escalator* bekerja secara singkat yang digambarkan pada gambar 1:

- **Tangga (*step*)**  
Terbuat dari aluminium pra cetak dan biasanya di lapisi dengan karet agar tidak licin saat di injak orang. Tangga di lengkapi dengan dua buah roda (*wheel*) yang melekat sepanjang rel. Satu roda bagian atas tangga melekat pada rel luar (*outer rail*) yang berfungsi untuk memandu tangga pada posisinya. Roda yang kedua (*return wheel*) melekat diatas rel dalam (*inner rail*) yang berfungsi sebagai tempat berjalannya tangga.
- **Pegangan (*handrail*)**  
Merupakan pegangan sekaligus pengaman. Pegangan ini bergerak sesuai dengan gerakan tangga. Untuk menggerakannya di gunakan *handrail drive*.
- **Rantai pemandu (*chain guide*)**  
Melekat pada roda penggerak (*drive gear*) di gerakan oleh motor elektrik yang berfungsi untuk menggerakkan tangga *escalator*.

Saat motor elektrik berputar, puli akan memutar roda penggerak. Tangga akan digerakan sepanjang rel nya dengan bantuan rantai pemandu. Karena roda penggerak juga di hubungkan dengan *handrail drive*. Maka pergerakan tangga akan sama dengan pergerakan pegangan tangan.



Sumber: <http://f4iqun.wordpress.com/2007/08/01/perencanaan-instalasi-gedung-bertingkat/>

Gambar 1 Cara Kerja Escalator

### **Quality Function Deployment (QFD)**

QFD merupakan sebuah metode praktik untuk merancang sebuah proses dalam menanggapi kebutuhan pelanggan. QFD menerjemahkan apa yang diinginkan oleh pelanggan terhadap apa yang diproduksi oleh organisasi. Memungkinkan sebuah organisasi untuk memprioritaskan kebutuhan pelanggan, menemukan tanggapan inovatif untuk kebutuhan tersebut, dan memperbaiki proses untuk efektivitas maksimum. QFD merupakan praktik yang mengarah pada proses perbaikan yang memungkinkan organisasi untuk melebihi harapan dari pelanggan (Goetsch and Davis, 2000).

QFD dikembangkan pertama kali di Jepang oleh Mitshubishi Kobe Shipyard pada tahun 1972, yang kemudian diadopsi oleh Toyota Ford Motor Company dan Xerox membawa konsep ini ke Amerika Serikat pada tahun 1986. Semenjak itu QFD banyak diterapkan oleh perusahaan-perusahaan Jepang, Amerika Serikat, dan Eropa. Perusahaan-perusahaan besar seperti Procter & Gambler, General Motors, Digital Equipment Corporation, Hewlett Packard, dan AT & T kini menggunakan konsep ini untuk memperbaiki komunikasi, pengembangan produk, serta proses dan sistem pengukurannya (Nasution, 2006).

Penerapan QFD dapat mengurangi waktu desain sebesar 40% dan biaya desain sebesar 60% secara bersamaan dengan kualitas desain yang tetap dipertahankan dan ditingkatkannya. QFD berperan besar dalam meningkatkan kerja sama tim interfunksional yang terdiri dari anggota-anggota departemen pemasaran, riset dan pengembangan, manufaktur, dan penjualan untuk berfokus pada pengembangan produk. Selain itu ada manfaat yang dapat diperoleh dari QFD bagi perusahaan yang berusaha meningkatkan daya saingnya melalui perbaikan kualitas dan produktivitasnya secara berkesinambungan. Manfaat-manfaat tersebut antara lain adalah fokus pada pelanggan, efisiensi waktu, orientasi pada kerjasama tim, dan orientasi pada dokumentasi.

### **Tahapan Implementasi QFD**

Implementasi QFD mempunyai beberapa tahapan, dimana seluruh kegiatan yang dilakukan pada masing-masing tahap dapat diterapkan seperti layaknya suatu proyek. Menurut Nasution, secara garis besar implementasi QFD terdiri dari 3 tahap utama yang sebelumnya didahului oleh tahapan perencanaan dan persiapan dalam mendesain sebuah produk. Ketiga tahapan utama tersebut adalah:

1. Tahap pengumpulan suara pelanggan, *Voice Of Customer* (VOC),
2. Tahap penyusunan rumah kualitas, *House Of Quality* (HOQ),
3. Tahap analisis dan interpretasi.

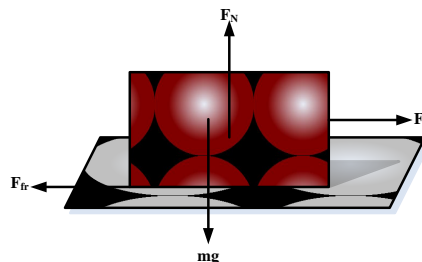
### Penerapan Gaya Gesekan

Gesekan ada diantara dua permukaan benda padat karena permukaan yang paling licin pun sebenarnya sangat kasar dalam skala mikroskopis. Apabila ketika kita mencoba meluncurkan sebuah benda melintasi permukaan lain, tonjolan-tonjolan ini mengganggu gerak tersebut. Sebagai tambahan, pada tingkat atomik, sebuah tonjolan pada permukaan menyebabkan atom-atom menjadi sangat dekat dengan atom-atom pada permukaan lainnya sehingga gaya-gaya listrik diantara atom dapat membentuk ikatan kimia, sebagai penyatu kecil diantara kedua permukaan. Peluncuran sebuah benda melintasi suatu permukaan seringkali tersentak-sentak karena adanya pembentukan dan pelepasan ikatan-ikatan ini. Bahkan ketika sebuah benda berguling diatas sebuah permukaan, tetap ada gesekan, yang disebut gesekan berguling, walaupun biasanya lebih kecil ketika dari ketika benda meluncur melintasi permukaan tersebut. Gesekan yang terjadi saat meluncur disini juga sering disebut gesekan kinetik (kinetik berasal dari bahasa Yunani yang berarti “bergerak”).

Ketika sebuah benda bergerak sepanjang permukaan kasar, gaya gesekan kinetik bekerja dengan berlawanan dengan arah laju dari benda. Besar gaya gesek kinetik bergantung pada jenis kedua permukaan yang bersentuhan. Untuk suatu permukaan tertentu, eksperimen menunjukkan bahwa gaya gesekan kira-kira sebanding dengan gaya normal antara kedua permukaan, yang merupakan gaya yang diberikan benda-benda tersebut satu sama lain, dan tegak lurus terhadap permukaan sentuhnya (Douglas, 2001). Gaya gesekan antara permukaan-permukaan yang keras sangat sedikit bergantung pada daerah kontak permukaan total; yaitu, gaya gesekan pada buku ini hampir sama apakah diluncurkan pada sisi lebarnya atau pada pinggirnya, dengan menganggap bahwa permukaan-permukaan tersebut memiliki kelicinan yang sama.

Dapat dituliskan perbandingannya sebagai persamaan Rumus 1.1 dengan memasukkan konstanta perbandingan,  $\mu_k$ :

$$F_{fr} = \mu_k \cdot F_N \dots\dots\dots \text{(Rumus 1.1)}$$



Gambar 2 Penerapan Gaya Gesekan  
Ketika sebuah benda ditarik dengan sebuah gaya ( $F_A$ ) sepanjang suatu permukaan, gaya gesekan  $F_{fr}$  melawan gerak. Besar  $F_{fr}$  sebanding dengan besar gaya normal ( $F_N$ ).

Rumus ini bukan merupakan hukum mendasar; ini merupakan hubungan eksperimental antara besar gaya gesekan  $F_{fr}$  yang bekerja sejajar dengan kedua permukaan, dan besar gaya normal  $F_N$  yang bekerja tegak lurus terhadap permukaan-permukaan tersebut. Rumus diatas bukan merupakan persamaan vektor karena kedua gaya tegak lurus satu dengan yang lain.  $\mu_k$  disebut koefisien gesek kinetik, dan nilainya bergantung pada jenis kedua permukaan. Nilai-nilai yang terukur untuk berbagai permukaan diberikan pada tabel 1. Bagaimanapun, nilai-nilai ini hanya merupakan perkiraan karena m bergantung apakah permukaan tersebut basah atau kering, pada apakah telah digosok atau diampelas, jika masih ada bagian kasar, dan faktor-faktor seperti hal yang telah dijelaskan sebelumnya.

Tabel 1 Nilai Koefisien Gaya Gesek Kinetik dan Gesek Statik

Material	Static Friction ( $\mu_s$ )	Sliding Friction ( $\mu_k$ )
Brakes	~0.3	0.3 - 0.7
Clutches	0.3 - 0.4	0.3 - 0.7
Earth - Earth	0.25 - 1.0	
Lignum vitae - Steel		0.1
Metal - Metal (dry)	0.15 - 0.6	0.1 - 0.5
Nylon - Steel		0.3 - 0.5
Perspex - Steel	~0.5	
PTFE - Steel		0.05 - 0.2
Rubber - Steel	0.6 - 0.9	0.3 - 0.6

Rubber - Asphalt	0.7 - 0.9	0.5 - 0.8
Wood - Wood	0.25 - 0.5	0.25 - 0.5

Sumber: <http://www.diracdelta.co.uk/science/source/f/r/friction/source.html#.VF7M7xc7A6KE>

Pada paragraf ini kita masih akan membahas mengenai gesekan, namun terdapat sedikit perbedaan yaitu mengenai gesekan statik. Gesekan statik yang mengacu pada gaya yang sejajar dengan kedua permukaan, dan bisa ada walaupun permukaan-permukaan tersebut tidak meluncur satu sama lain. Misalkan sebuah benda seperti meja yang tidak bergerak, sehingga pasti ada gaya lain pada meja yang menahannya tidak bergerak (gaya total adalah nol pada benda yang tidak bergerak). Ini adalah gaya gesekan statik yang diberikan oleh lantai pada meja. Jika Anda mendorong dengan gaya yang lebih besar tanpa bisa menggerakkan meja, gaya gesekan statik juga bertambah. Jika Anda mendorong cukup kuat, meja pada akhirnya akan bergerak, dan gesekan kinetik mengambil alih. Pada saat ini, Anda telah melampaui gaya gesek statik maksimum, yang dinyatakan dengan:

$$F_{\max} = \mu_s \cdot F_N \dots\dots\dots \text{(Rumus 1.2)}$$

Dimana  $\mu_s$  adalah koefisien gesekan statik (tabel 1). Karena gaya gesekan statik dapat bervariasi dari nol sampai nilai maksimum ini, kita tuliskan.

$$F_{\text{fr}} \leq \mu_s \cdot F_N \dots\dots\dots \text{(Rumus 1.3)}$$

Kita mungkin telah memperhatikan bahwa seringkali lebih mudah untuk menjaga agar sebuah benda yang berat tetap bergerak daripada membuatnya mulai bergerak. Hal ini konsisten dengan kenyataannya (lihat tabel 1) bahwa  $\mu_s$  lebih besar dari  $\mu_k$ .

Keterangan untuk Rumus 1.1 hingga Rumus 1.3:

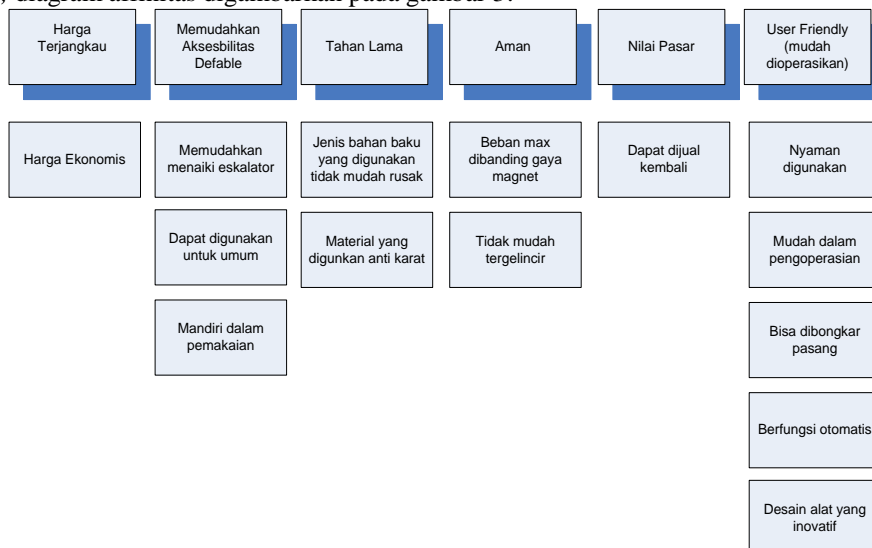
- $F_{\text{fr}}$  : Gaya gesek yang melawan dari  $F_A$  (N).
- $F_N$  : Gaya normal (N).
- $F_A$  : Gaya yang bekerja dengan suatu arah tujuan (N).
- $m$  : Massa suatu benda (kg)
- $g$  : Percepatan gravitasi bumi ( $9,8 \text{ m/s}^2$ )
- $\mu_s$  : koefisien gaya gesek statis.
- $\mu_k$  : koefisien gaya gesek kinetik.

## PEMBAHASAN

### Quality Function Deployment (QFD)

#### Affinity Diagram

Berdasarkan kuisioner yang telah peneliti sebar terhadap target responden, didapat beberapa poin mengenai hal yang perlu diperhatikan dalam proses perancangan alat bantu kursi roda magnetis yang peneliti tawarkan dan peneliti rumuskan dalam diagram affinitas sehingga dapat menyimpulkan kebutuhan pelanggan (*customer needs*), diagram affinitas digambarkan pada gambar 3:



Gambar 3 Affinity Diagram

### Bobot Derajat Kepentingan (Weight Importance)

Untuk menentukan model dari QFD alat bantu yang akan dirancang, sebelumnya perlu dilakukannya pembobotan dari antara aspek-aspek yang tercantum pada *affinity diagram* diatas. Hal tersebut dimaksudkan untuk memprioritaskan aspek atau atribut mana yang lebih dipentingkan peneliti dalam merancang produk. Dengan menggunakan skala likert berupa angka 1 hingga 5 untuk menentukan pembobotan derajat kepentingannya ditunjukkan pada tabel 2 yang berbentuk sebagai berikut:



Tabel 2 Pembobotan Derajat Kepentingan

Atribut	Derajat Kepentingan				
	1	2	3	4	5
Harga terjangkau					
Memudahkan aksesibilitas					
Tahan lama					
Aman					
Nilai pasar					
<i>User friendly</i> (mudah pengoperasian)					

Dengan penjelasan keterangan tingkat kepentingan alat bantu kursi roda magnetis pada tabel 3:

Tabel 3 Definisi Skala Derajat Kepentingan

Skala Likert	Keterangan
1	Tidak penting sama sekali
2	Kurang penting
3	Cukup Penting
4	Sangat penting
5	Paling penting

Setelah diperoleh data dari responden terkait kepentingan tiap-tiap atribut, didapat nilai-nilai derajat kepentingan yang ditunjukkan pada tabel 4:

Tabel 4 Hasil Derajat Kepentingan

		ATRIBUT					
		harga terjangkau	memudahkan aksesibilitas	tahan lama	aman	nilai pasar	<i>user friendly</i> (mudah pengoperasian)
RESPONDEN	1	4	3	2	4	2	3
	2	3	3	4	5	2	4
	3	4	3	3	5	1	4
	4	4	3	5	5	2	4
	5	3	5	4	4	1	5
	6	5	4	4	5	2	3
	7	3	5	3	5	3	4
	8	2	3	3	4	2	3
	9	5	4	4	4	2	3
	10	3	4	3	5	1	4
	11	3	5	3	5	1	4
	12	4	4	4	4	1	3
	13	5	5	4	5	3	2
	14	4	4	3	4	1	3
	15	3	4	4	4	2	3
Jumlah		55	59	53	68	26	52

Setelah memperoleh bobot, untuk memudahkan dalam prioritas pengembangan bobot dari masing-masing atribut/aspek perlu dinormalisasikan. Normalisasi bobot dapat dihitung dengan cara bobot dibagi dengan total bobot dikali 100. Contoh pada atribut pertama (harga terjangkau) dengan Rumus:

$$\begin{aligned} \text{Normalisasi bobot} &= \frac{\text{bobot}}{\text{total bobot}} \times 100 \\ &= \frac{55}{313} \times 100 = 17,571 \end{aligned}$$

Selanjutnya dihitung nilai normalisasi dari masing-masing aspek, yang ditunjukkan pada tabel 5

Tabel 5 Hasil Derajat Kepentingan Setelah Normalisasi

Atribut	Bobot
Harga terjangkau	17,57188

Memudahkan aksesibilitas	18,84984
Tahan lama	16,93291
Aman	21,72524
Nilai pasar	8,306709
User friendly (mudah pengoperasian)	16,61342

**Diagram House Of Quality (HOQ)**

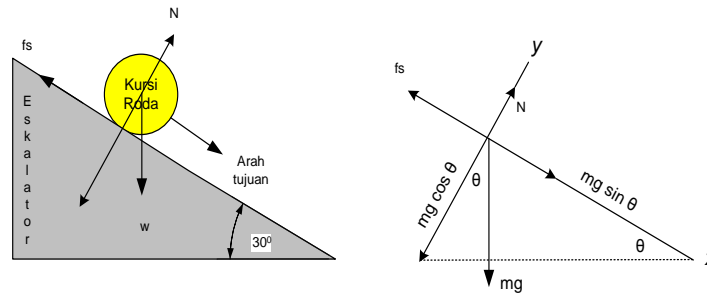
Setelah diperoleh nilai derajat kepentingan, tahap berikutnya membentuk Rumah Kualitas (*House Of Quality*) dari perancangan alat bantu kursi roda magnetis sesuai dengan harapan konsumen, yang berisikan dari *customer needs*, nilai bobot kepentingan (*weight/importance*), sampai dengan parameter teknik.

Untuk memenuhi atribut-atribut alat bantu kursi roda magnetis pada tahap perancangan produk, maka diperlukan aspek teknis. Aspek teknis yang diperhatikan oleh peneliti diantaranya: harga alat bantu, koefisien gaya gesek statis, gaya magnet yang dibutuhkan untuk menopang kursi roda beserta pengendara, sudut elevasi yang bisa diraih, berat alat bantu, jumlah komponen alat bantu, tinggi alat bantu saat menutup (tidak berfungsi), *postconsumer reusable percent*, umur alat bantu hingga berkarat, dan berat kursi roda.

Selanjutnya pada tahap pengembangan komponen alat bantu kursi roda magnetis juga dibutuhkan aspek teknis. Diantaranya adalah: material yang digunakan dalam merancang alat bantu, kandungan *Chromium* yang terdapat pada rangka alat bantu, jenis magnet yang digunakan, alat bantu menggunakan kombinasi sistem pegas dan magnet, dan alat bantu terdiri dari pegas, magnet, rangka, sekrup, dan karet penutup. Berikut QFD alat bantu kursi roda magnetis yang terlampir pada halaman lampiran.

**Analisa Kekuatan Magnet dan Material**

Pada sub bab ini akan dijelaskan gambaran agar diperoleh resultan gaya magnet dari material logam sehingga dapat menopang berat dari kursi roda beserta pengendara. Untuk memudahkan proses pemahaman tersebut bisa kita amati gambar diagram bebas dibawah ini:



Gambar 4 Diagram Bebas Kursi Roda Terhadap Eskalator

Dimana:

- fs: gaya gesek statis
- N: gaya normal kursi roda
- w: gaya gravitasi
- θ: sudut kemiringan

Gaya normal merupakan gaya yang tegak lurus terhadap bidang dari benda, gaya gravitasi adalah gaya yang timbul akibat gaya tarik gravitasi bumi dan sudut kemiringan disini diperoleh dari terbentuknya antara bidang lurus permukaan lantai dengan sudut lintasan eskalator.

Dalam kasus ini, arah yang dituju kursi roda dan alat bantu adalah kebawah dengan sudut yang terbentuk 30° dan berat total antara kursi roda beserta pengendara sebesar 150 Kg (pengendara 130 Kg; kursi roda 20 Kg). Maka timbul pertanyaan, apabila kursi roda melewati eskalator dalam keadaan statis akankah kursi roda tersebut selip ditengah perjalanan?apabila selip, maka berapakah gaya yang diperlukan untuk menahan kursi roda tersebut tetap statis?. Sehingga kita memperoleh data-data sebagai berikut:

Diketahui:

- m: 150 Kg
- g: 9,8 N
- θ: 45°

Ditanya:

F fric req?

Jawab:

$$F \text{ fric req} = m \cdot g \cdot \sin \theta$$

$$= 150 \cdot 9,8 \cdot \sin 30^\circ$$

$$\begin{aligned}
&= 150 \cdot 9,8 \cdot \frac{1}{2} \\
&= 150 \cdot 9,8 \cdot 0,5 \\
&= 735\text{N}
\end{aligned}$$

Hasil diatas merupakan berapa gaya minimal yang diperlukan agar dapat menahan kursi roda dari selip dengan kondisi-kondisi yang telah dijelaskan sebelumnya. Untuk mengetahui berapa gaya statis yang terjadi, dengan diketahui koefisien gaya gesek statis antara ban kursi roda (karet) dengan lantai eskalator (logam) berkisar 0,9 yang selajutnya disebut  $\mu s1$  dan antara as roda (logam) dengan as rangka kursi roda (logam) berkisar 0,6 yang selanjutnya disebut  $\mu s2$  dapat dihitung dengan cara berikut:

$$\begin{aligned}
F_s &= \mu s1 \cdot \mu s2 \cdot N \\
&= \mu s1 \cdot \mu s2 \cdot m \cdot g \cdot \cos \theta \\
&= 0,9 \cdot 0,6 \cdot 150 \cdot 9,8 \cdot \cos 30^\circ \\
&= 0,9 \cdot 0,6 \cdot 150 \cdot 9,8 \cdot \frac{1}{2} \sqrt{3} \\
&= 0,9 \cdot 0,6 \cdot 150 \cdot 9,8 \cdot 0,86 \\
&= 682,668\text{N}
\end{aligned}$$

Dengan diperoleh kedua gaya diatas maka kita dapat melakukan perbandingan. Kita telah mengetahui setelah apa yang dijelaskan sebelumnya, bahwa gaya gesek dapat sama besar dengan  $\mu sN$  namun tidak dapat lebih besar. Apabila hasil gaya gesek yang dibutuhkan lebih besar dari  $\mu sN$ , maka kursi roda dapat tergelincir. Pada kondisi lain, apabila hasil gaya gesek yang dibutuhkan sama dengan  $\mu sN$ , kursi roda hampir tidak seimbang. Pada kasus ini dapat kita rumuskan:

$$\begin{aligned}
F_{\text{fric req}} &> \mu sN: \text{kursri roda akan tergelincir} \\
F_{\text{fric req}} &\leq \mu sN: \text{kursi roda akan statis atau hampir tergelincir}
\end{aligned}$$

Karena gaya gesek yang diperlukan (735N) lebih besar dari  $\mu sN$  (682,668N), maka kursi roda akan tergelincir. Sehingga diperlukan gaya tambahan untuk menopang kursi roda agar tidak tergelincir.

$$\begin{aligned}
\Delta F &= F_{\text{fric req}} - \mu sN \\
&= 735 - 682,668 \\
&= 52,332\text{N}
\end{aligned}$$

Demi faktor keamanan maka gaya yang perlu ditambahkan agar dapat menahan kursi roda dari tergelincir maka dikalikan faktor pengali sebesar 30% dari hasil gaya awal. Sehingga diperoleh gaya untuk menahan kursi roda dengan alat bantu magnet sebesar:

$$\begin{aligned}
F_{\text{untuk safety factor}} &(\text{faktor keamanan}): \\
&= 30\% \times F_{\text{magnet awal}} \\
&= \frac{30}{100} \times 52,332 \\
&= 15,7\text{N}
\end{aligned}$$

Sehingga hasil dari penjumlahan antara gaya magnet awal dengan gaya tambahan sebagai *safety factor* adalah:

$$\begin{aligned}
F_{\text{akhir}} &= F_{\text{awal}} + F_{\text{safety factor}} \\
&= 52,332 + 15,7 \\
&= 68,032\text{N}.
\end{aligned}$$

### Kebutuhan Material

Pada sub bab terkait pemilihan material ini lebih difokuskan pada segi kekokohan dan ketahanan dari efek korosi. Untuk itu perlu dilakukan perbandingan elemen yang dipilih sehingga memperoleh *output* yang proporsional sesuai dengan kebutuhan yang sebelumnya telah dijelaskan pada *Quality Function Deployment* (QFD). Berikut dibawah ini tabel 6 merupakan tabel beberapa sifat atau karakter yang dimiliki elemen yang akan dibandingkan untuk dipilih sebagai material alat bantu kursi roda magnetis:

Tabel 6 Sifat Dari Beberapa Elemen dan Rekayasa Material

Sifat Dari Beberapa Elemen dan Rekayasa Material								
No	Element	Symbol	Atomic Number	Density, $10^3 \text{ kg m}^{-3}$	Molar Volume, $10^{-8} \text{ m}^3$	Young's Modulus, GN $\text{m}^2$	Melting Point, $^\circ\text{C}$	% Elongation
1	Aluminium	Al	13	2,7	9,99	71	660	
2	Carbon	C	6	2,25	5,33	8,3	3550	
3	Chromium	Cr	24	7,19	7,23	243	1875	
4	Iron	Fe	26	7,87	7,1	210	1535	
5	Platinum	Pt	78	21,45	9,09	170	1769	
6	Silver	Ag	47	10,49	10,28	80,5	961	
7	Titanium	Ti	22	4,51	10,63	106	1668	

8	Stainless steel			7,93		210		65
9	Brass			8,5		110		50
10	Bronze			8,8		110		30

Sumber: Raghavan, V. 2004

Berdasarkan tabel diatas terdapat beberapa pilihan yang dapat digunakan. Dan *Stainless steel* terpilih sebagai rangka dari alat bantu karena memiliki *Density* dan *Young's Modulus* yang cukup besar serta tahan terhadap oksidasi lebih lama dibanding karena hasil rekayasa campuran dari beberapa unsur yang salah satunya terdapat unsur *Cr (Chromium)* yang cukup besar. Meskipun masih terdapat beberapa elemen seperti *Platinum, Silver, Titanium, Brass, dan Bronze* yang juga tahan korosi, namun biaya yang dibutuhkan untuk memperoleh elemen-elemen perbandingan *Stainless steel* tersebut jauh lebih mahal.

Tabel 7 Komposisi Beberapa Tipe *Stainless Steel*

Type No.	Austenitic (Cr 18%, Ni 8%), Hardenable by Cold Working; Non magnetic when Fully Annealed				Martensitic (Cr 12%) Hardenable by Heat Treatment		Ferritic (Cr 17%) Non Hardenable; Can Be Hot Worked; Magnetic	
	302	304	316	347	410	440A	430	446
Cr	17,0-19,0	18,0-20,0	16,0-18,0	17,0-19,0	11,5-13,5	16,0-18,0	14,0-18,0	23,0-27,0
Ni	8,0-10,0	8,0-12,0	10,0-14,0	9,0-12,0	0,5 max	0,5 max	0,5 max	0,5 max
C,max	0,15	0,08	0,1	0,08	0,15	0,60-0,75	0,12	0,2
Mn, max	2	2	2	2	1	1	1	1,5
Si, max	1	1	1	1	1	1	1	1
Others			Mo 2,0-3,0	Cb stab.		Mo 0,75 max		N 0,25

Sumber: Spotts, M.F. 1985

*Stainless steel* merupakan baja tahan karat yang digunakan secara luas untuk melawan korosi. Ada banyak paduan dari *stainless steel*, dan paduan yang tepat harus dipilih untuk tujuan yang telah ditetapkan. *Chromium* adalah elemen paduan utama, dengan kisaran prosentase sebesar 11,5 sampai dengan 30. Dalam beberapa paduan tersebut terdapat juga *Nikel* hingga 14%. Ada tiga klasifikasi umum baja tahan karat, seperti yang tertera pada tabel 7 menunjukkan angka komposisi paduan *stainless steel* dari masing-masing kelas. Dan karena berupa baja paduan maka biaya proses lebih besar dibanding baja karbon biasa.

## Desain Produk

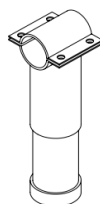
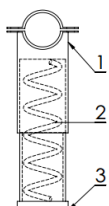
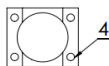
### Deskripsi Alat Bantu

Alat bantu tersusun oleh beberapa komponen antara lain ditunjukkan pada gambar 5 dengan penjelasan sesuai nomor dibawah ini:

1. Rangka Alat Bantu, menggunakan material *stainless steel* sesuai kebutuhan konsumen alat yang kokoh dan tahan karat. Dengan tinggi 25cm diameter 3cm dan diameter as 1cm serta dengan ketebalan silinder 0,5cm.
2. Pegas Tarik, berfungsi saat magnet tidak digunakan akan menarik silinder keposisi awal. Dengan panjang awal (l<sub>0</sub>) 15cm dan setelah meregang (l<sub>1</sub>) 25cm, sehingga regangannya ( $\Delta l$ ) sebesar 10cm.
3. Magnet, dengan menggunakan tipe Neodymium DX22 yang terlampir pada halaman lampiran. Dengan spesifikasi kekuatan 6,525Kg untuk satu alat, pada penggunaan alat bantu digunakan dua alat sehingga total 13,05Kg.
4. Sekrup, digunakan sebagai pengencang alat bantu sehingga ketika diaplikasikan pada kursi roda tidak goyah.

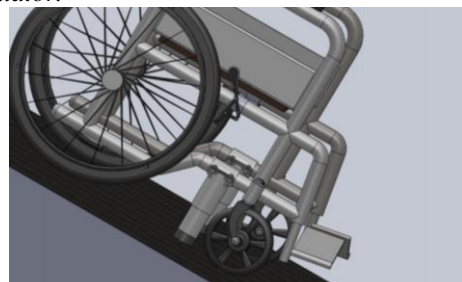
### Gambar Desain Alat Bantu

Pada gambar 5 digambarkan desain alat bantu kursi roda magnetis.



Gambar 5 Desain Alat Bantu Tampak Transparan

Selanjutnya digambarkan pada gambar 6 ilustrasi dari mekanisme alat bantu ketika menaiki *escalator*.



Gambar 6 Ilustrasi Pengaplikasian Alat Bantu pada Kursi Roda ketika Menaiki *Escalator*

## Cara Kerja Alat Bantu

Alat bantu kursi roda magnetis ini bekerja dengan cara sebagai berikut:

1. Ketika melewati eskalator yang permukaannya berupa logam, magnet yang disambungkan pada pegas secara otomatis pegas merenggang dan magnet menempel pada permukaan eskalator.
2. Setelah sampai pada tujuan, ketika telah melewati eskalator, maka sistem pegas akan kembali merapat dan menarik magnet kembali pada posisi awal.
3. Agar menghindari gaya magnet dari alat bantu dengan logam lain, alat bantu di isolasi dengan karet sebagai peredam sifat kemagnetannya.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, hasilnya dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Merancang dan mendesain alat bantu berdasar kriteria yang diharapkan oleh konsumen antara lain: harga terjangkau (17,57%), memudahkan aksesibilitas (18,84%), tahan lama (16,93%), aman (21,72%), nilai pasar (8,3%) dan *user friendly* (16,61%).
2. Gaya tambahan untuk menopang pengendara agar terhindar dari selip dengan menggunakan alat bantu kursi roda magnetis sebesar 52,332 N dan ditambah *safety factor* sebesar 30% dari gaya awal sebesar 15,7N sehingga diperoleh hasil gaya akhir sebesar 68,032N dengan arah gaya tegak lurus dengan lintasan kursi roda. Dengan demikian telah mencakup beban rata-rata pengguna kursi roda, sehingga faktor keamanan telah terpenuhi.
3. Pemilihan material yang digunakan berdasarkan spesifikasi *customer needs* adalah *Stainless Steel* yang memiliki sifat tahan terhadap karat dan kokoh (tahan lama).

### Saran

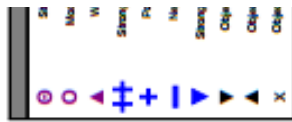
Berikut saran yang diharapkan dari peneliti terhadap perancangan alat bantu kursi roda magnetis ini:

1. Perancangan ini dapat diproduksi oleh perusahaan manufaktur sehingga dapat diakses oleh seluruh *defable* di Indonesia.
2. Agar dilakukan pengembangan dari alat bantu kursi roda magnetis ini, sehingga dapat memaksimalkan fitur-fitur yang belum ada dari sudut pandang peneliti.
3. Mengembangkan sistem saklar/tombol dalam pengaktifan magnet sehingga lebih memudahkan pengguna.

## DAFTAR PUSTAKA

- Biancoli, C Douglas. 2001. "Fisika Edisi Kelima Jilid Satu". Erlangga. Jakarta.
- Chandra, Genta Emel P dan Jumeno, Desto. 2011. "PERANCANGAN ALAT BANTU JALAN KRUK BAGI PENDERITA CEDERA DAN CACAT KAKI". Universitas Andalas. Padang.
- Giordano, Nicholas. "College Physics Reasoning and Relationships 2<sup>nd</sup> Edition". Brooks/Cole LENGAGE Learning. U.S.A.
- Goetsch, L. David and Davis, B. Stanley. 2000. "Quality Management. Introduction to Total Quality Management for Production, Processing, and Services 3<sup>rd</sup> Edition". Prentice Hall Internasional, Inc. New Jersey.
- <http://f4iqun.wordpress.com/2007/08/01/perencanaan-instalasi-gedung-bertingkat/>. Dikutip pada 5 April 2014 jam 15:30 WIB
- [http://syakir-berbagiilmu.blogspot.com/2012/03/cara-kerja-tangga-jalan-escalator.html#Uz-\\_NIO2720](http://syakir-berbagiilmu.blogspot.com/2012/03/cara-kerja-tangga-jalan-escalator.html#Uz-_NIO2720). Dikutip pada 5 April 2014 jam 15:39 WIB
- <http://www.diracdelta.co.uk/science/source/f/r/friction/source.html#.VFM7xc7A6KE>. Dikutip pada 31 oktober 2014 pukul 14:43 WIB
- <https://www.kjmagnetics.com/categories.asp>. Dikutip pada 6 November 2014 jam 21:00 WIB
- Lee, Kunwoo. 1999. "Principle of CAD/CAM/CAE Systems". Addison Wesley Longman. U.S.A.
- Nasution, Arman Hakim. 2006. "MANAJEMEN INDUSTRI". ANDI. Yogyakarta.
- Nutranta, Ruli dan Ariswan. 2008. "ANALISA PERENCANAAN ESKALATOR PADA GEDUNG C UNIVERSITAS MERCU BUANA". Universitas Mercu Buana. Jakarta.
- Utomo, Unggul Dwi Nara. 2010. "SIMULASI ESKALATOR OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S51". Universitas Diponegoro. Semarang.
- Purnomo, Hari. 2004. "Pengantar Teknik Industri". Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Raghavan, V. 2004. "Material Science And Engineering: A First Course, 5<sup>th</sup> Ed". Prentice Hall of India Private Limited. New Delhi.
- Spotts, M.F. 1985. "DESIGN OF MACHINE ELEMENTS, 6<sup>th</sup> Ed". Prentice Hall of India Private Limited. New Delhi.





Defect	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Material yang digunakan dalam	X														
memerang alat bantu															
rendungan Chromium yang terdapat	X														
pada setiap alat bantu	X														
jenis magnet yang digunakan	X														
menyebabkan kondisi akan terjadi	X														
dan magnet															
dirangsang seluruh dan beres pemupuk	X														
terjadi															
renggangan															
kondisi dalam magnet															
menyebabkan															
terjadi															
pengaliran															
yang tidak															
terjadi															
perbedaan															
yang signifikan															

1. Kesimpulan Alat Bantu Kurn Roda Magnetika  
 2.  
 3.  
 4.  
 5.  
 6.  
 7.  
 8.

## MAGNET NEODYMIUM

DX22 yang sesuai dengan spesifikasi karena dapat menahan beban sebesar 6,525Kg, maka untuk dua alat bantu total sebesar 13,05Kg, pada kenyataannya tiap alat bantu hanya dibutuhkan 3,5Kg dan total 7Kg, sehingga telah mencakup kebutuhan.

(1lbs = 0.453592Kg)



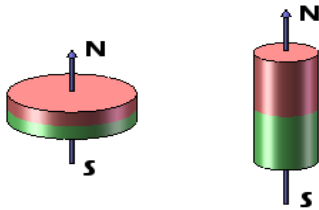
 <p><b>DX21</b> 1 1/8" dia. x 1/16" thick Nickel Plated Axially Magnetized</p> <p>Price: <b>\$2.54</b> Qty: <input type="text" value="1"/></p> <p><b>ADD TO CART +</b></p>	 <p><b>DX22</b> 1 1/8" dia. x 1/8" thick Nickel Plated Axially Magnetized</p> <p>Price: <b>\$4.12</b> Qty: <input type="text" value="1"/></p> <p><b>ADD TO CART +</b></p>	 <p><b>DX24</b> 1 1/8" dia. x 1/4" thick Nickel Plated Axially Magnetized</p> <p>Price: <b>\$7.27</b> Qty: <input type="text" value="1"/></p> <p><b>ADD TO CART +</b></p>	 <p><b>DX28</b> 1 1/8" dia. x 1/2" thick Nickel Plated Axially Magnetized</p> <p>Price: <b>\$13.48</b> Qty: <input type="text" value="1"/></p> <p><b>ADD TO CART +</b></p>
---	--	--	---

## Magnetization Direction for Neodymium Magnets

### Discs & Cylinders

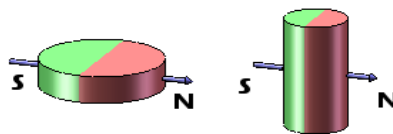
Disc and Cylinder magnets can be axially or diametrically magnetized.

#### Axially Magnetized



Examples include [D82](#) and [D48](#).

#### Diametrically Magnetized



Examples include [D82DIA](#) and [D48DIA](#).

Sumber: <https://www.kjmagnetics.com/categories.asp>