



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**RANCANG BANGUN *COMPACT MARBLE TOYS*  
DENGAN KOMBINASI MEKANISME PENGANGKAT  
TANGGA DAN KINCIR**

**TUGAS AKHIR**

**BHEKTI HARYO SUYONO  
L2E 605 211**

**FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**SEMARANG  
DESEMBER 2011**

## TUGAS SARJANA

Diberikan kepada : Nama : Bhekti Haryo Suyono  
NIM : L2E 605 211  
Dosen Pembimbing : Ir. Dwi Basuki Wibowo, MS  
Jangka Waktu : 6 (enam) bulan  
Judul : RANCANG BANGUN *COMPACT MARBLE TOYS*  
DENGAN KOMBINASI MEKANISME PENGANGKAT  
TANGGA DAN KINCIR


Isi Tugas :

1. Merancang setiap modul dan mekanisme penggerak Mainan Simulasi Kelereng (*Compact Marber Tyos*)
2. Mengetahui ketepatan posisi di awal dan di akhir lintasan setiap modul melalui analisis posisi dan kecepatan pada komponen mekanisme kelereng meluncur bebas.
3. Menguji besarnya perbedaan waktu saat simulasi dengan menggunakan software Visual Nastran 4D dan pengujian pada mesin simulator kelereng jadi.

Semarang, Desember 2011

Menyetujui,

Dosen Pembimbing



Ir. Dwi Basuki Wibowo, MS  
NIP. 196204231987031003

## **HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

**Skripsi/Tesis/Disertasi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

**NAMA : Bhekti Haryo Suyono**

**NIM : L2E 605 211**

**Tanda Tangan : **

**Tanggal : Desember 2011**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

NAMA : Bhukti Haryo Suyono

NIM : L2E 605 211

Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : Rancang Bangun *Compact Marble Toys* dengan Kombinasi Mekanisme Pengangkat Tangga dan Kincir

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan/Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.**

### TIM PENGUJI

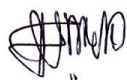
Pembimbing : Ir. Dwi Basuki Wibowo, MS

(  )

Penguji : Dr.Ir. Eflita Yohana, MT

(  )

Penguji : Dr. Sri Nugroho, ST, MT

(  )

Penguji : Muchammad, ST, MT

(  )

Semarang, Desember 2011

Jurusan Teknik Mesin  
Ketua,



Dr. Ir. Dipl. Ing. Berkah Fajar TK  
NIP. 1959072219870310003

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

---

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : BHEKTI HARYO SUYONO  
NIM : L2E 605 211  
Jurusan/Program Studi : TEKNIK MESIN  
Fakultas : TEKNIK  
Jenis Karya : TUGAS AKHIR

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Rancang Bangun *Compact Marble Toys* dengan Kombinasi Mekanisme Pengangkat Tangga dan Kincir.

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang  
Pada Tanggal : Desember 2011

Yang menyatakan



(BHEKTI HARYO SUYONO)  
NIM: L2E605211

## ABSTRAK

Sebelum membuat suatu produk, terlebih dahulu dilakukan sebuah perancangan terhadap produk tersebut. Begitu juga dengan produk mainan, sebelum diproduksi terlebih dahulu dilakukan perancangan awal untuk membuat prototype. Jenis mainan yang akan dirancang adalah sebuah produk mainan mekanikal untuk hiasan/peraga yaitu Mainan Simulator Kelereng (*Compact Marble Toys*).

Produk mainan ini mensimulasikan gerak kelereng berupa siklus yang secara umum terdiri dari 2 komponen yaitu: (1). Komponen pengangkat kelereng berbentuk kombinasi Kincir dan Tangga Berjalan, dan (2). Komponen yang membuat kelereng meluncur bebas dan kembali ke awal pengangkatan. Setiap komponen terdiri dari beberapa modul dan setiap modul dirancang dan dianalisa terpisah dengan kendala (*constraints*) posisi dan kecepatan di akhir setiap modul, agar pergerakan kelereng bisa terus meluncur ke modul berikutnya tanpa hambatan.

Untuk memutar mekanisme pengangkat tangga dan kincir dibutuhkan torsi sebesar 0,0309 Nm. Perbedaan waktu tempuh kelereng untuk satu siklus putaran antara simulasi dan testing untuk skema pertama (mekanisme pengangkat kincir, mekanisme pengangkat tangga, panel lintasan *3 hole drop*, panel lintasan *down rail*) adalah 2,42 detik. Dan skema kedua (mekanisme pengangkat kincir, mekanisme pengangkat tangga, panel lintasan *screw drop*, panel lintasan *down rail*) adalah 1,76 detik.

Kata kunci: *Compact Marble Toys*, Mainan Simulator Kelereng, *mechanical toys*

## **ABSTRACT**

Before create a product, first made a design of the product. Likewise with toys, before it is produced first performed preliminary design to create prototype. Types of toys that will be designed is a mechanical toy products for decoration / prop ie Marbles Toys Simulator (Compact Marble Toys).

The product of this toy marbles to simulate the motion of the cycle generally consists of two components : (1). Component of the combination of windmill-shaped marble lifter and Ladder Walk, and (2). The components that create marbles slide freely and return to the beginning of appointment. Each component consists of several modules and each module is designed and analyzed separately with the constraints (constraints) position and velocity at the end of each module, so that movement of marbles could continue to slide into the next module without a hitch. Simulations will be performed to test the magnitude of the difference in time when the simulation by using Visual Nastran 4D software and testing the simulator engine marbles so.

*Keyword: Compact Marble Toys, Simulator Marble Toys, mechanical toys*

## MOTTO:

“Manusia tidak memiliki talenta yang sama, tapi kita memiliki kesempatan yang sama untuk mengembangkan talenta kita”  
(John F. Kennedy 1917-1963)

“Jadilah engkau didunia laksana orang asing atau orang yang menyeberangi jalan bila engkau berada di sore hari, maka jangan menunggu datangnya pagi dan bila engkau di pagi hari, maka jangan menunggu datangnya sore. Manfaatkanlah waktu sehatmu sebelum sakitmu dan waktu hidupmu sebelum matimu”  
(HR.Bukhori)

“Kesabaran dan ketekunan menghadapi sesuatu akan menghasilkan suatu karya yang besar”



## **PERSEMBAHAN:**

Kupersembahkan Karyaku ini Kepada:

Kedua orang tuaku, *Bapak Sujono* dan *Ibu Neneng Hartati Habsiah* atas segala doa, kasih sayang yang tulus, serta pengorbanannya selama ini

Kakakku, Saudaraku dan teman-teman  
atas semangat dan dukungannya

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat melewati masa studi dan menyelesaikan Tugas Sarjana yang merupakan tahap akhir dari proses untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin di Universitas Diponegoro.


Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan Tugas Sarjana ini tidak lepas dari bantuan orang-orang yang dengan ikhlas memberikan bantuan, bimbingan dan dukungan baik moral maupun material. Dengan segala kerendahan hati, pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir. Dwi Basuki Wibowo selaku dosen pembimbing Tugas Sarjana, yang telah memberikan bimbingan, pengarahan-pengarahan dan masukan kepada penulis hingga terselesaikannya Tugas Sarjana ini.
2. Dr. Ir. Dipl. Ing. Berkah Fajar TK selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro beserta staf pengajar yang telah membagikan ilmu yang berguna baik dimasa sekarang maupun dimasa yang mendatang.
3. Semua pihak yang telah membantu baik langsung maupun tidak langsung sehingga Laporan Tugas Sarjana ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari kekurangan yang ada pada laporan Tugas Sarjana ini mengingat keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang penulis miliki, sehingga saran dan kritik dari pembaca yang bersifat membangun selalu penulis harapkan.

Akhir kata semoga laporan Tugas Sarjana ini bermanfaat bagi penulis sendiri maupun bagi para pembaca.

Semarang, Desember 2011



**Penulis**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>TUGAS SARJANA .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xix</b>
<b>BAB I    PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penulisan.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II    DESIGN MEKANISME PENGANGKAT</b>	
<b><i>COMPACT MARBLE TOYS</i>.....</b>	<b>5</b>
2.1 Macam – Macam Model Mekanisme Pengangkat .....	5
2.1.1 Mekanisme Pengangkat <i>Hole Disc</i> .....	5
2.1.2 Mekanisme Pengangkat <i>Lifting Chain</i> .....	7
2.1.3 Mekanisme Pengangkat Tangga Berjalan .....	8
2.1.4 Mekanisme Pengangkat Kincir .....	10

2.1.5	Mekanisme Pengangkat jungkat - Jungkit .....	11
2.2	Design Mekanisme Pengangkat Kincir dan Tangga .....	13
2.2.1	Deskripsi Mekanisme Pengangkat Kincir .....	13
2.2.2	Prinsip Kerja Mekanisme Pengangkat Kincir .....	15
2.2.3	Design Sistem Mekanisme Pengangkat Kincir .....	20
2.2.4	Perhitungan .....	22
2.2.5	Deskripsi Mekanisme Pengangkat Tangga Berjalan .....	25
2.2.6	Prinsip Kerja Mekanisme Pengangkat Tangga Berjalan .....	26
2.2.7	Design Mekanisme Pengangkat Tangga Berjalan .....	30
2.2.8	Perhitungan .....	36

### **BAB III DESKRIPSI *COMPACT MARBLE TOYS***

<b>YANG DIRENCANAKAN.....</b>	<b>41</b>
3.1 <i>Compact Marble Toys</i> .....	41
3.2 Dimensi global <i>Compact Marble Toys</i> .....	42
3.3 Bagian – Bagian <i>Compact Marble Toys</i> .....	44
3.3.1 Mekanisme Pengangkat .....	44
3.3.1.1 Mekanisme Pengangkat Kincir.....	44
3.3.1.2 Mekanisme Pengangkat Tangga.....	46
3.3.2 Panel Lintasan .....	49
3.3.2.1 Panel Lintasan <i>Three Hole Drop</i> .....	49
3.3.2.2 Panel Lintasan <i>Down Rail</i> .....	53
3.3.2.3 Panel Lintasan <i>Screw Drop</i> .....	55

### **BAB IV ANALISA KINEMATIKA SISTEM .....** **57**

4.1 Simulasi Pergerakan Kelereng Pada Mekanisme Pengangkat...	57
4.1.1 Simulasi Pergerakan Kelereng pada Mekanisme Pengangkat Tangga.....	57
4.1.2 Simulasi Pergerakan Kelereng pada Mekanisme Pengangkat Kincir.....	61

4.2	Simulasi Pergerakan Kelereng pada Panel Lintasan.....	65
4.2.1	Simulasi Pergerakan Kelereng pada Panel lintasan 3 <i>Hole Drop</i> .....	65
4.2.2	Simulasi Pergerakan Kelereng pada Panel Lintasan <i>Down Rail</i> .....	74
4.2.3	Simulasi Pergerakan Kelereng pada Panel Lintasan <i>Screw Drop</i> .....	78
4.3	Analisa Pergerakan Kelereng pada Sistem.....	81
<b>BAB V</b>	<b>TESTING COMPACT MARBLE TOYS.....</b>	<b>84</b>
5.1	Testing Pergerakan Kelereng pada Mekanisme Pengangkat....	84
5.2	Testing Pergerakan Kelereng pada Panel Lintasan.....	86
<b>BAB VI</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>89</b>
6.4	Kesimpulan .....	89
6.2	Saran .....	90

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Mekanisme pengangkat <i>hole disc</i> .....	5
Gambar 2.2	Mekanisme pengangkat <i>lifting chain</i> .....	7
Gambar 2.3	Mekanisme pengangkat tangga berjala.....	9
Gambar 2.4	Mekanisme pengangkat kincir .....	10
Gambar 2.5	Mekanisme pengangkat jungkat-jungkit.....	12
Gambar 2.6	Bagian-bagian mekanisme pengangkat kincir.....	14
Gambar 2.7	Posisi titik mati atas dan titik mati bawah lubang pada kincir.....	15
Gambar 2.8	Arah kemiringan lubang.....	16
Gambar 2.9	<i>Pool</i> .....	17
Gambar 2.10	Tuas kecil pada bagian sisi dalam <i>pool</i> .....	17
Gambar 2.11	<i>Pool</i> akan miring karena tuas tertekan oleh ujung kincir.....	18
Gambar 2.12	<i>Pool</i> miring dan sejajar dengan lubang pada kincir.....	18
Gambar 2.13	<i>Pool</i> kembali ke posisi semula karena terdapat pemberat pada sisi luar <i>pool</i> .....	19
Gambar 2.14	Kelereng memasuki lubang dan <i>pool</i> kembali ke posisi semula.....	19
Gambar 2.15	Ketinggian kincir.....	20
Gambar 2.16	Dimensi lubang dan jari-jari lintasan lubang .....	21
Gambar 2.17	Ketinggian kelereng pada proses pengangkatan .....	21
Gambar 2.18	Kemiringan lubang pada kincir .....	22
Gambar 2.19	Diagram benda bebas mekanisme pengangkat kincir.....	23
Gambar 2.20	Perbandingan jari-jari puli penggerak mekanisme pengangkat kincir	24

Gambar 2.21 Bagian-bagian mekanisme pengangkat tangga berjalan .....	25
Gambar 2.22 Perbedaan ketinggian dan kemiringan anak tangga .....	26
Gambar 2.23 Gerakan rotasi <i>cam</i> .....	26
Gambar 2.24 Gerakan rotasi <i>cam</i> dan anak tangga.....	27
Gambar 2.25 Gerakan naik turun anak tangga.....	27
Gambar 2.26 Gerakan naik turun anak tangga.....	28
Gambar 2.27 Kelereng bergerak dan berada pada permukaan anak tangga ke 1 .	29
Gambar 2.28 Kelereng bergerak ke atas .....	29
Gambar 2.29 Kelereng bergerak menuju anak tangga ke 2 dan seterusnya hingga anak tangga ke 6.....	30
Gambar 2.30 Diameter <i>cam</i> dan jarak pusat rotasi .....	30
Gambar 2.31 Dimensi anak tangga ke 1.....	31
Gambar 2.32 Dimensi anak tangga ke 2.....	32
Gambar 2.33 Dimensi anak tangga ke 3.....	33
Gambar 2.34 Dimensi anak tangga ke 4.....	34
Gambar 2.35 Dimensi anak tangga ke 5.....	35
Gambar 2.36 Dimensi anak tangga ke 6.....	36
Gambar 2.37 Diagram benda bebas mekanisme pengangkat tangga.....	37
Gambar 2.38 Diagram benda bebas <i>cam</i> .....	38
Gambar 2.39 Arah torsi pada puli mekanisme pengangkat tangga.....	39
Gambar 2.40 Perbandingan jari-jari puli penggerak mekanisme pengangkat tangga .....	40

Gambar 3.1	<i>Compact Marble Toys</i> .....	41
Gambar 3.2	Dimensi <i>compact marble toys</i> .....	42
Gambar 3.3	Tinggi minimum kelereng .....	43
Gambar 3.4	Tinggi maksimum kelereng.....	43
Gambar 3.5	Mekanisme pengangkat kincir.....	44
Gambar 3.6	Kemiringan lubang dan arah putaran kincir.....	45
Gambar 3.7	Kelereng menuju ke mekanisme pengangkat tangga berjalan .....	45
Gambar 3.8	Mekanisme pengangkat tangga berjalan .....	45
Gambar 3.9	Pergerakan <i>cam</i> dan anak tangga .....	47
Gambar 3.10	Permukaan anak tangga sejajar dan kelereng bergerak Menuju tangga selanjutnya.....	47
Gambar 3.11	<i>Wessel</i> yang berfungsi sebagai pembagi arah kelereng .....	48
Gambar 3.12	Pergerakan kelereng menuju panel lintasan berikutnya.....	48
Gambar 3.13	<i>Three hole drop</i> .....	50
Gambar 3.14	Pergerakan kelereng ke lubang ke 1.....	50
Gambar 3.15	Pergerakan kelereng ke lubang ke 2.....	51
Gambar 3.16	Pergerakan kelereng ke lubang ke 3.....	51
Gambar 3.17	Kelereng menabrak penyangga ke 1.....	52
Gambar 3.18	Kelereng menabrak penyangga ke 2 .....	52
Gambar 3.19	Ketiga kelereng menuju mekanisme pengangkat kincir.....	53
Gambar 3.20	<i>Down rail</i> .....	54
Gambar 3.21	Pergerakan kelereng dalam lintasan <i>down rail</i> .....	54



Gambar 3.22 Kelereng bergerak menuju mekanisme pengangkat.....	55
Gambar 3.23 <i>Screw drop</i> .....	56
Gambar 3.24 Pergerakan kelereng pada panel lintasan <i>screw drop</i> .....	56
Gambar 4.1 Simulasi pergerakan kelereng pada mekanisme pengangkat tangga..	57
Gambar 4.2 Grafik kecepatan kelereng pada mekanisme pengangkat tangga berjalan.....	58
Gambar 4.3 Grafik posisi kelereng pada mekanisme pengangkat tangga berjalan.	59
Gambar 4.4 Simulasi pergerakan kelereng pada mekanisme pengangkat kincir hingga anak tangga ke 6.....	61
Gambar 4.5 Grafik kecepatan kelereng pada mekanisme pengangkat kincir.....	62
Gambar 4.6 Grafik posisi kelereng pada mekanisme pengangkat kincir.....	63
Gambar 4.7 Simulasi pergerakan kelereng pada panel lintasan <i>3 hole drop</i> .....	65
Gambar 4.8 Grafik kecepatan kelereng pertama pada panel lintasan <i>3 hole drop</i> ...	66
Gambar 4.9 Grafik kecepatan kelereng ke dua pada panel lintasan <i>3 hole drop</i> .....	67
Gambar 4.10 Grafik kecepatan kelereng ke tiga pada panel lintasan <i>3 hole drop</i> ....	68
Gambar 4.11 Grafik posisi kelereng pertama pada panel lintasan <i>3 hole drop</i> .....	69
Gambar 4.12 Grafik posisi kelereng ke dua pada panel lintasan <i>3 hole drop</i> .....	70
Gambar 4.13 Grafik posisi kelereng ke tiga pada panel lintasan <i>3 hole drop</i> .....	71
Gambar 4.14 Simulasi pergerakan kelereng pada mekanisme pengangkat tangga..	74
Gambar 4.15 Grafik kecepatan kelereng pada panel lintasan <i>down rail</i> .....	75

Gambar 4.16 Grafik posisi kelereng pada panel lintasan <i>down rail</i> .....	76
Gambar 4.17 Simulasi pergerakan kelereng pada mekanisme pengangkat tangga...	78
Gambar 4.18 Grafik kecepatan kelereng pada panel lintasan <i>screw drop</i> .....	79
Gambar 4.19 Grafik posisi kelereng pada panel lintasan <i>screw drop</i> .....	80
Gambar 5.1 Titik awal dan akhir pencatatan waktu pergerakan kelereng pada mekanisme pengangkat tangga.....	84
Gambar 5.2 Titik awal dan akhir pencatatan waktu pergerakan kelereng pada mekanisme pengangkat kincir.....	85
Gambar 5.3 Titik awal dan akhir pencatatan waktu pergerakan kelereng pada panel lintasan <i>3 hole drop</i> .....	86
Gambar 5.4 Titik awal dan akhir pencatatan waktu pergerakan kelereng pada panel lintasan <i>down rail</i> .....	86
Gambar 5.5 Titik awal dan akhir pencatatan waktu pergerakan kelereng pada panel lintasan <i>screw drop</i> .....	87

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Kecepatan dan waktu tempuh kelereng pada mekanisme pengangkat tangga.....	60
Tabel 4.2	Kecepatan dan waktu tempuh kelereng pada mekanisme pengangkat kincir.....	64
Tabel 4.3	Kecepatan dan waktu tempuh kelereng pada panel lintasan <i>3 hole drop</i> .....	72
Tabel 4.4	Kecepatan dan waktu tempuh kelereng pada panel lintasan <i>3 hole drop</i> .....	72
Tabel 4.5	Kecepatan dan waktu tempuh kelereng pada panel lintasan <i>3 hole drop</i> .....	72
Tabel 4.6	Kecepatan rata-rata dan waktu tempuhrata-tata kelereng pada panel lintasan <i>3 hole drop</i> .....	73
Tabel 4.7	Kecepatan dan waktu tempuh kelereng pada panel lintasan <i>down rail</i> .....	77
Tabel 4.8	Kecepatan dan waktu tempuh kelereng pada panel lintasan <i>screw drop</i> .....	81
Tabel 4.9	Kecepatan dan waktu tempuh kelereng pada sitem.....	82
Tabel 4.10	Kecepatan dan waktu tempuh kelereng pada jalur antara lintasan.....	82

Tabel 4.11 Estimasi waktu yang dibutuhkan kelereng	
untuk melakukan satu siklus putaran pada sistem. ....	83
Tabel 4.12 Estimasi waktu yang dibutuhkan kelereng	
untuk melakukan satu siklus putaran pada sistem.....	83
Tabel 5.1 Hasil testing pada mekanisme pengangkat.....	85
Tabel 5.2 Hasil testing pada panel lintasan.....	87
Tabel 5.3 Estimasi waktu yang dibutuhkan kelereng	
untuk melakukan satu siklus putaran pada sistem. ....	88
Tabel 5.4 Estimasi waktu yang dibutuhkan kelereng	
untuk melakukan satu siklus putaran pada sistem. ....	88