

## ANALISA TEGANGAN VON MISES PADA ALAT BANTU JALAN (WALKER)

Sadeli Jokowiyono <sup>1</sup>, Santoso Mulyadi <sup>2</sup>

### ABSTRACT

*Movement for a walk is a function that needs to be helped, especially for the elderly because they experienced degradation of function or sick, one of them is degradation of the body's energy balance. Not uncommon among those who have trouble for walking, that is because the degradation on muscle strength in the limbs, for example, arm muscles, hand muscles, limb muscles, and leg muscles. Moreover, if the condition is accompanied by degenerative diseases such as osteoporosis, Parkinson's, stroke, knee pain, and fractures. A walker, making the right solution. One of the tools is Walker. Walker is an assistant to a very lightweight, portable, high waist, is made of metal pipe, and this tool comes with two handles that serves as a place that used to hold users and is equipped with four sturdy legs as the pedestal.*

*While the power of the framework are analyzed with the help of CATIA V5R14 software is to determine the stress that occurs in order to operate as a walker. It appears that the greatest stress occurs is still under tension permission of the material itself. Stress equivalent (Von-Mises stress) that occurs should not exceed  $1.583333e+007 \text{ N/m}^2$  while the voltage that occurs on the order of  $1.77e +005 \text{ N/m}^2$  walker located at the foot of the minimum voltage while working on the framework of the  $6.98e-009 \text{ N/m}^2$  located on the frame.*

*Key words: walker, von mises stress and framework.*

### PENDAHULUAN

Dalam menggunakan suatu produk kita akan selalu mencari yang lebih praktis baik dalam penggunaan maupun dalam penyimpanan, karena hal tadi akan sangat meringankan beban kita dalam menggunakannya. Seiring dengan perkembangan jaman suatu produk akan selalu mengalami inovasi sesuai dengan kebutuhan penggunanya. Karena keberhasilan industri dalam menghadapi persaingan ditentukan oleh keberhasilan dalam merancang dan mengembangkan produk yang sesuai dengan keinginan konsumen dan kecepatan industri tersebut dalam beradaptasi/merespon perubahan keinginan konsumennya.

Usia lanjut adalah menurunnya kemampuan akal dan fisik, yang di mulai dengan adanya beberapa perubahan dalam hidup. Bagi manusia yang normal, siapapun orangnya, tentu telah siap menerima keadaan baru dalam setiap proses hidupnya dan mencoba menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungannya. Salah satunya, kemunduran daya keseimbangan tubuh, tidak jarang di antara mereka yang sulit berjalan, hal itu disebabkan menurunnya kekuatan otot pada anggota gerak. Misalnya, otot lengan, otot tangan, otot tungkai, dan otot kaki. Apalagi bila kondisi itu disertai penyakit degeneratif seperti osteoporosis, parkinson, pascastroke, nyeri lutut, dan patah tulang. Alat bantu jalan pun menjadi salah satu solusi tepat. Alat bantu jalan adalah alat bantu jalan yang digunakan pada penderita yang mengalami penurunan kekuatan otot dan patah tulang pada anggota gerak bawah serta gangguan keseimbangan. Salah satu Alat bantu jalan adalah *Walker*.

*Walker* adalah suatu alat bantu jalan yang sangat ringan, mudah dipindahkan, setinggi pinggang, terbuat dari pipa logam, dan alat ini dilengkapi dengan dua gagang yang berfungsi sebagai tempat yang digunakan penggunanya untuk berpegangan serta di lengkapi dengan empat kaki yang kokoh sebagai tumpuan.

---

<sup>1</sup> Alumni Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

<sup>2</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember



Gambar 1. Alat Bantu Jalan ( Walker )

*Quality Function Deployment* (QFD) adalah suatu metode untuk perancangan produk dan pelayanan. QFD di mulai dengan mendengar suara dari konsumen sebagai masukan yang penting, dilanjutkan dengan bagaimana cara merespon suara konsumen tersebut. Keinginan dan kebutuhan konsumen merupakan pedoman sekaligus petunjuk bagi pengembang untuk keperluan dalam perancangan dan pengembangan produk ini maka akan meningkatkan kepuasan komsumen. Dalam QFD terdapat beberapa matrik, yang pertama disebut *House of Quality* yang memuat suara konsumen. Sedangkan matrik selanjutnya merupakan matrik-matrik tambahan QFD (Zuliantoni, 2006).

#### TINJAUAN PUSTAKA

Secara garis besar tahapan analisa perancangan yang ditujukan untuk menyelesaikan perancangan rangka (*frame*) alat bantu jalan ( *walker* ) dibagi menjadi dua tahapan adalah :

1. Tahapan analisa untuk permasalahan kekuatan rangka dalam hal pembebanan.
2. Tahapan analisa untuk permasalahan ergonomi.

#### Teori Kegagalan (*Theories of Failure*)

Kegagalan (*failure*) dari suatu elemen mesin yang menerima pembebanan, dinyatakan apabila elemen tersebut tidak dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan yang direncanakan. Oleh karena itu perlu diberikan kriteria-kriteria kapan logam tersebut dapat dikatakan gagal. Untuk teori ini terdapat dua kriteria kegagalan yaitu:

- a. Distorsi atau deformasi plastik. Kegagalan ini menyatakan bahwa bila material tersebut sudah mengalami deformasi plastik karena sudah melewati suatu harga tertentu.
- b. Patah (*fracture*). Kegagalan ini menyatakan bahwa material tersebut sudah patah atau terpisah menjadi dua bagian. Untuk tipe kegagalan ini dipergunakan batas harga tegangan maksimum yang diijinkan pada material.

Teori kegagalan dibedakan menurut jenis material yang digunakan, untuk material getas (*brittle*) biasanya menggunakan *Maximum Normal Stress Criterion* dan *Mohr's Creation*, sedangkan untuk material ulet biasanya menggunakan *Maximum shearing Stress Criterion* (*Tresca Criterion*) dan *Maximum Distortion Energi Criterion* (*Von Mises Criterion*).

#### Teori Kegagalan Tegangan Geser Maksimum (*Maximum Shear Theory Criterion* )

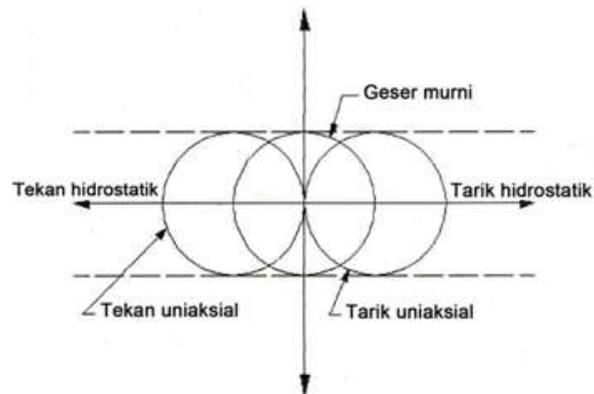
Diusulkan pertama kali oleh C. A Coulomb (1736-1806), kemudian disempurnakan oleh Tresca (1864) sehingga sering disebut teori kegagalan Tresca. Teori ini khusus untuk material yang ulet dengan dasar bahwa kegagalan terjadi bila tegangan geser maksimum yang terjadi, melewati harga tegangan geser yang diijinkan pada material.

$$\tau_{\text{maksimum}} \leq \frac{S_{ys}}{N}$$

Dimana

- $\tau_{max}$  = tegangan geser maksimum
- $S_{ys}$  = tegangan yield geser material
- $N$  = faktor keamanan

Gambar 2 menunjukkan kondisi tegangan dengan metode grafis lingkaran Mohr. Dapat dicatat disini bahwa batas-batas dari semua lingkaran Mohr prinsipal tidak menunjukkan kegagalan pada garis horizontal  $\pm S_{ys}$  ataupun  $\pm S_{us}$ . Teori ini memprediksi bahwa kegagalan tidak terjadi oleh tegangan hidrostatik murni.



Gambar 2. Lingkaran Mohr principal

### Teori Kegagalan Distorsi Energi Maksimum (*Maximum Distortive Energy Theory*)

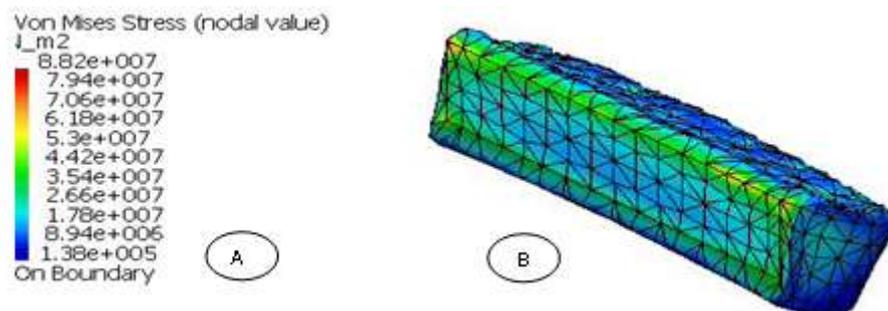
Teori kegagalan ini digunakan untuk menentukan posisi tegangan terbesar dimana pada posisi ini akan terjadi awal kerusakan/kegagalan. Pertama kali diusulkan oleh M.T. Hueber (1904) kemudian diperbaiki dan diperjelas oleh R. Von Mises (1913) dan oleh H. Hencky (1925). Teori ini lebih dikenal dengan nama teori kegagalan Von Mises. Teori kegagalan ini dianalisa pertama melalui tegangan oktahedral yang menyatakan bahwa luluh akan terjadi bila tegangan geser oktahedral maksimum yang terjadi melebihi harga batas yang diketahui dari hasil tes tarik material standar dengan beban uniaksial. Dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$S_y = \frac{\sqrt{2}}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_1)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]^{\frac{1}{2}}$$

Dimana:

- $S_y$  = tegangan luluh material
- $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  = tegangan- tegangan principal ( $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ )

Pemodelan analisa menggunakan bantuan *software CATIA*. Dan dari hasil pemodelan analisa didapatkan hasil komputasi analisa tegangan yang terjadi pada rangka dengan bantuan *software CATIA*, adapun contoh struktur yang diuji dengan menggunakan *software CATIA* adalah sebagai berikut :



Gambar 3. Uji struktur material secara statis (A) Nilai distribusi tegangan pada benda yang di uji, (B) Benda uji yang diberi beban.

Dari Gambar 3 di atas dapat dilihat distribusi tegangan suatu benda yang diberi beban. Dengan menggunakan analisa kegagalan *Von Mises*, distribusi tegangan diwakili dengan perubahan warna yang ditampilkan digambar, dimana semakin menuju warna merah tegangan yang diterima oleh benda semakin besar.

Dari hasil perhitungan secara komputasi didapatkan tegangan maksimum yang bekerja pada rangka tersebut yaitu tegangan terbesar ditunjukkan pada warna merah ( $8,82e+007 \text{ N/m}^2$ ) sedangkan tegangan minimum yang bekerja yaitu ditunjukkan pada warna biru ( $1,38e+005 \text{ N/m}^2$ ).

Setelah didapatkan besar tegangan *Von Mises* kritisnya, maka langkah selanjutnya adalah mengadakan evaluasi terhadap kegagalan material akibat pembebanan.

Tegangan *equivalent* atau tegangan *Von Mises* ( $\sigma_e$ ) adalah:

$$\sigma_e = \frac{\sqrt{2}}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_1)^2 + (\sigma_3 - \sigma_4)^2]^{\frac{1}{2}}$$

Maka persamaannya menjadi :

$$\sigma_e \text{ maksimum} \leq \frac{S_y}{N}$$

Agar material tidak terjadi kegagalan maka tegangan *equivalent* (tegangan *Von-Mises*) yang terjadi tidak boleh melebihi dari ( $S_y / N$ ), jika tegangan *equivalent* atau tegangan *Von Mises* masih di bawah tegangan yang diijinkan, dengan kata lain rangka aman untuk digunakan.

## METODOLOGI PENELITIAN

Secara garis besar tahapan penelitian yang ditujukan untuk menyelesaikan penganalisaan kekuatan alat bantu jalan adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan data sebelumnya.  
Pada tahap ini, mengumpulkan data- data alat bantu jalan. Sehingga data yang diambil benar- benar akurat dengan data sebelumnya.
2. Analisa awal data sebelumnya  
Pada tahap ini, melakukan analisa awal dari produk alat bantu jalan.
3. Melakukan penggambaran teknik  
Pada tahapan ini, perancangan tongkat di visualisasikan dalam bentuk gambar 2D dan 3D beserta dimensi dari konsep terpilih dengan menggunakan *software CATIA*.
4. Analisa kekuatan material  
Menentukan posisi tegangan terbesar dimana pada posisi ini akan terjadi awal kerusakan/kegagalan. Melakukan uji struktur rangka alat bantu jalan dengan bantuan *software CATIA*. Uji struktur hanya pada pembebanan pengguna dan rangka alat bantu jalan secara statis.
5. Analisa kekuatan dari *walker* dengan metode *Element Hingga*  
Menganalisa kekuatan dari produk alat bantu jalan dimana pada tahap ini produk alat bantu jalan akan dilakukan perhitungan tegangan dengan menggunakan metode *Elemen hingga*.
6. Menentukan respon tegangan terbesar dengan metode *Elemen Hingga* dengan bantuan *software pemodelan CATIA*.  
Setelah didapat data yang akurat kita akan membandingkan antara kedua pengujian yang telah dilakukan, sehingga hasil yang didapat sesuai dengan data yang ingin diperoleh.

## Pembebanan Dengan Pemodelan

*CATIA V5R14* merupakan suatu perangkat lunak (*software*) analisa berbasis metode elemen hingga yang memungkinkan seorang *engineering* untuk melakukan tugas sebagai berikut :Membangun model dari sebuah struktur, produk, komponen dan sebagainya.

1. Mengaplikasikan beban operasional dengan kondisi parameter pada model yang dibangun.

2. Mempelajari respon fisik sebagai akibat pembebanan pada model seperti tingkat tegangan (*stress level*), distribusi temperatur dan tegangan terbesar.
3. Mengoptimalkan desain awal model dalam usaha untuk memperbaiki unjuk kerja (*performace*) model dan atau untuk mengurai biaya produksi.

CATIA V5R14 yang bekerja dalam lingkungan windows memiliki *Graphical User Interface* (GUI) yang cukup untuk memudahkan pengguna (*user*) dalam mengakses berbagai macam fungsi, perintah dan dokumentasi yang disediakan program CATIA V5R14. Dalam memasukan data, pengguna dapat menggunakan *mouse* atau *keyboard*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Membangun Model Analisa Struktur

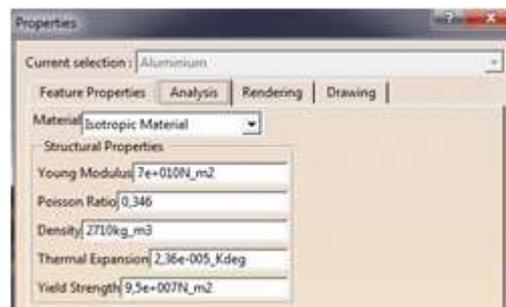
Untuk membuat model analisa struktur menggunakan aplikasi *generative sructural analysis*. *Generative structural analysis* merupakan suatu aplikasi yang dapat menganalisa tegangan yang terjadi pada model secara presisi dengan berbagai macam keadaan pembebanan. Aplikasi *generative structural analysis* dapat diakses dari *start menu* pada aplikasi *analysis and simulation* dari CATIA V5R14, seperti Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Tampilan *generative structural analysis*

Tipe-tipe analisa yang disediakan oleh CATIA V5R14 adalah *static analysis*, *frequency analysis* dan *free frequency analysis*. Dimana masing-masing tipe analisa mempunyai kegunaannya oleh karena itu dalam menentukan tipe analisa sesuai dengan *user*. Tipe analisa yang digunakan adalah *tipe static analysis*. Tahap *preprocesor* merupakan tahapan yang sangat rumit, hal ini dikarenakan banyaknya proses-proses yang harus dilakukan sebelum melakukan analisa struktur dari suatu model, antara lain :

1. Material yang digunakan sudah terdefinisi. Pendefinisian material berdasarkan material propertis tersebut. Pemberian dalam *software catia* dapat terlihat pada Gambar 5 di bawah ini:



Gambar 5. Pemberian materilal *properties*

2. Memberikan *restraint* kepada model. *Restraint* merupakan suatu tool yang berguna untuk membuat mudah dalam proses *solution*. *Restraint* yang diberikan pada model ini adalah *advanced restraint* dan *iso static restraint*. ini dapat di tunjukkan pada Gambar 6 di bawah ini.



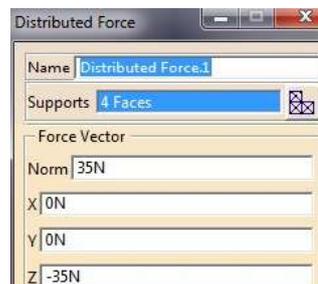
Gambar 6. Memberikan *restraint* pada model

3. Memberikan *constraint* kepada model. *Constraint* merupakan suatu tool yang berfungsi agar komponen-komponen menjadi satu kesatuan body, pada perancangan ini menggunakan *Rigid Connection constraint*.



Gambar 7. Memberikan *constraint* pada model

4. Memberikan beban pada model. Beban yang dimaksud ini adalah beban eksternal, dimana beban yang digunakan adalah gaya distribusi. Pada perancangan ini beban yang digunakan sebesar 35 N. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 8 di bawah ini.



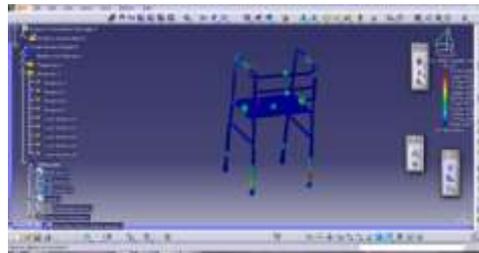
Gambar 8. Memberikan beban pada model

### Analisa Tegangan Struktur Walker

Langkah selanjutnya adalah memberi perintah kepada *CATIA V5R14* untuk mulai proses perhitungan mencari solusi atas tahapan yang telah diberikan pada *preprocessor* dengan menggunakan metode elemen hingga. Untuk dapat memulai proses perhitungan dengan memberi perintah *compute*. Waktu yang dibutuhkan *CATIA V5R14* untuk mendapatkan hasil perhitungan tergantung pada *performance* dari komputer (*memory*, kapasitas *hardisk*, *processor*, *motherboard*) dan kompleksitas dari permasalahan yang ada (model geometri, model pembebanan, ukuran *meshing*). Untuk perancangan ini menggunakan *automeshing*, hal ini dikarenakan kompleksitasnya permasalahan yang ada dan *performance* dari komputer yang standard untuk menganalisa struktur dengan menggunakan *CATIA V5R14*.

Pada *post processor* yang bertujuan untuk melihat hasil perhitungan yang telah dilakukan setelah pembuatan model baik model geometri maupun elemen hingga. Adapun beberapa hal

dari tahap ini yang ditampilkan antara lain tegangan *von mises*, tegangan *principal*, defleksi. Dalam tugas akhir ini hasil *post processor* yang dibutuhkan hanya tegangan von mises pada struktur, yaitu berapa dan dimana tegangan maksimum dan minimum yang terjadi pada model. Dari hasil pemodelan analisa didapatkan hasil komputasi analisa tegangan yang terjadi pada rangka dengan bantuan *software CATIA V5R14* adalah sebagai berikut:



Gambar 9. Tegangan maksimum dan minimum yang terjadi pada rangka

Dari hasil perhitungan secara komputasi didapatkan tegangan maksimum yang bekerja pada rangka tersebut yaitu  $1,77e+005 \text{ N/m}^2$  terletak pada bagian kaki *walker* sedangkan tegangan minimum yang bekerja pada rangka yaitu  $6,98e-009 \text{ N/m}^2$  terletak pada bagian rangka *walker*. Setelah didapatkan besar tegangan *von mises* kritisnya, maka langkah selanjutnya adalah mengadakan evaluasi terhadap kegagalan material akibat pembebanan. Digunakan persamaan di bawah ini untuk mengevaluasi konsep desain yang telah dirancang.

$$\sigma_e \text{ maksimum} \leq \frac{S_y}{N}$$

Dimana tegangan luluh yang diijinkan ( $S_y$ ) adalah  $9.5e+007 \text{ N/m}^2$  dan perhitungan analisa tegangan menggunakan angka keamanan 6 dikarenakan menggunakan material lunak dan paduan, maka:

$$\sigma_e \text{ maksimum} \leq \frac{9.5e+007 \text{ N/m}^2}{6}$$

$$\sigma_e \text{ maksimum} \leq 1,583333e+007 \text{ N/m}^2$$

Agar material tidak terjadi kegagalan maka tegangan equivalent (tegangan *Von-Mises*) yang terjadi tidak boleh melebihi dari  $1,583333e+007 \text{ N/m}^2$ . Dari perhitungan tegangan maksimum dengan menggunakan *software* Catia didapat tegangan maksimumnya adalah  $1,77+005 \text{ N/m}^2$ . Ini dapat ditarik kesimpulan bahwa tegangan equivalent atau tegangan von mises masih dibawah tegangan yang diijinkan, dengan kata lain rangka aman untuk digunakan.

## KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Beban maksimal pada *walker* adalah 35 N. Terlihat bahwa tegangan terbesar yang terjadi masih berada di bawah tegangan ijin dari bahan itu sendiri. Tegangan *equivalent* (tegangan *Von-Mises*) yang terjadi tidak boleh melebihi dari  $1,583333e+007 \text{ N/m}^2$  sedangkan Tegangan yang terjadi pada rangka sebesar  $1,77e+005 \text{ N/m}^2$  terletak pada bagian kaki *walker* sedangkan tegangan minimum yang bekerja pada rangka yaitu  $6,98e-009 \text{ N/m}^2$  terletak pada bagian rangka.
2. Proses manufaktur dan perakitan: proses pembuatan *walker* terdapat beberapa proses yang terlibat didalamnya, peninjauan proses yang terjadi berdasarkan komponen-komponen yang terdapat pada *walker* tersebut. Komponen – komponennya antara lain: rangka *walker*, kaki *walker*, tempat duduk dan tempat barang / keranjang.

## Saran

1. Perlu dilakukan perancangan dan pengembangan lebih lanjut, supaya dapat memberikan kenyamanan yang lebih terhadap para pemakai.
2. Dalam analisa dengan *software Catia*, Sebaiknya dalam menentukan ukuran *meshing* pada analisa struktur menggunakan cara manual untuk menghasilkan hasil analisa struktur yang lebih detail.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akao, Yoji. 1998. *Quality Function Deployment: Intergrating Customer Requirement into Product Design*. Productivity Press, Oregon.
- Cohen, Lou. 1995. *Quality Function Deployment, Howto make QFD work for you*. Addison Wesley Publishing Company, Massachussetts.
- Efunda corp. 2010. "Properties of Material". [online]. [www.efunda.com](http://www.efunda.com). [13 Nopember 2011]
- Febriana, Patrick, 2010. Perancangan Walker Multifungsi dan Praktis Untuk Manula Dengan Tingkat Ekonomi Menengah Keatas. Teknik Industri. Universitas Kristen Petra Surabaya.
- Hidayatulloh, Rahmat. 2010. *Studi Ergonomi Perancangan dan Pengembangan Produk Tongkat Lansia dengan Metode Quality Function Deployment ( QFD )*. Jember.
- Jaelani, E. 2009. "Quality Function Deployment (QFD)". [on line]. [www.e-je.blogspot.com](http://www.e-je.blogspot.com). [13 Nopember 2011]
- Jono.2006. *Implementasi metode Quality Funtion Deployment (QFD) guna meningkatkan qualitaskain batik tulis*, Jurusan Teknik Industri, Universitas Widya Mataram Yogyakarta.
- Nugroho, Wiedhi. A. 2005. *Design of tricycle bike*, Final Project, Manufacture Engineering, Sepuluh Nopember Institute of Teknologi Surabaya.
- Pranyoto, Linawati. 2010. Penerapan Metode Quality Function Deployment Sebagai Masukan Bagi Rancangan Awal Rencana Strategi Jurusan, Teknik Industri, Universitas Kristen Petra Surabaya.
- Tichauer, Chaffin, Herberts , Hagberg , Sculdt, Ringdahl, H. Killbom. 2002. *The Rula against perpetuities as applied to Georgia Wills and Trusts a survey and seggestion for reform*. University of Georgia School of Law. USA.
- Ulman,David G. 1997. *The Mechanical Design Process*. The McGraw-Hill Companies Inc.
- Ulrich, Karl T. 2000. *Product Design and Development*, Second Edition, Irwin McGraw-Hill.
- Wignjosoebroto, S. 2001. *Evaluasi Ergonomi Dalam Perancangan Fasilitas Tata Cara Kerja di Sektor Industri Kecil-Menengah Tradisionil*. Jurnal Ergonews. Bidang Ergonomi Industri. Volume 6 Juli. Lab. Ergonomi dan Perancangan Sistem Kerja. Jurusan Teknik Industri. Institut Teknoligi Sepuluh November Surabaya.
- Zuliantoni, 2006, *Pengembangan produk alat penangkap ular denngan metode QFD*, Faculty of Industrial Technologi, Sepuluh Nopember Institute of Technology Surabaya.