

ISSN 1693 - 3168

PROSIDING

Seminar



Teknik

MESIN

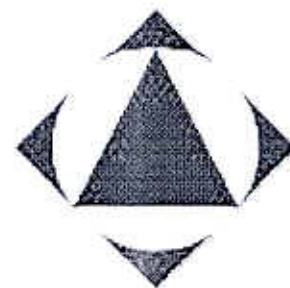


SEMINAR NASIONAL XII REKAYASA DAN APLIKASI TEKNIK MESIN DI INDUSTRI

Kampus ITENAS

Bandung, 17-18 Desember 2013

Editor : Dr.Ing. M. Alexin Putra
Tarsisius Kristyadi, Ph.D.
Dani Rusirawan, Ph.D.
Novianti Nugraha, MT.
Ir. Encu Saefudin, MT.
Iwan Agustiawan, MT
Ali, MT
Tito Shantika, M.Eng
Meilinda Nurbanasari, Ph.D.
Yusril Irwan, MT.
Marsono, MT.
Liman Hartawan, MT



Penyelenggara :
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL (ITENAS) - BANDUNG

Rancangan Mesin Uji Tarik Polimer dengan Instrumen Pengukuran *Loadcell*

Oyok Yudiyanto, Adhitya Sumardi, Wiwik Purwadi
Politeknik Manufaktur Negeri Bandung
Jl Kanayakan No. 21 – Dago, Bandung - 40135
oyok@polman-bandung.ac.id

Abstrak

Mesin Uji Tarik sangat diperlukan untuk memberikan data kekuatan bahan dalam menahan beban tarikan satu sumbu. Data tersebut selanjutnya digunakan untuk menganalisis sifat mekanik material. Mesin uji tarik merupakan instrumen yang mutlak digunakan dalam analisa bahan dan produk, baik untuk bahan logam maupun non logam. Pada pengujian bahan polimer diperlukan mesin uji tarik yang mampu mendeteksi elongasi yang tinggi serta beban yang rendah dan akurat. Saat ini mesin uji tarik, terutama untuk bahan polimer, masih merupakan produk import. Penelitian ini dimaksudkan untuk menghasilkan sebuah mesin uji tarik yang mampu mendeteksi dan mengukur elongasi yang tinggi dan beban yang rendah tetapi akurat. Instrumen pengukurannya menggunakan *loadcell* untuk pengukur beban dan *encoder* untuk mengukur elongasi. Penelitian akan dilaksanakan melalui tahapan perancangan sistem mekanik mesin, perancangan sistem data akuisisi, pembuatan mesin uji tarik dan uji coba mesin, perancangan sistem pengolahan dan tampilan data. Tahapan pertama yang dicapai pada penelitian ini adalah rancangan mesin uji tarik yang mampu menahan tarikan maksimum 367kg.

Kata kunci: mesin uji tarik, polimer, load cell, kurva uji tarik

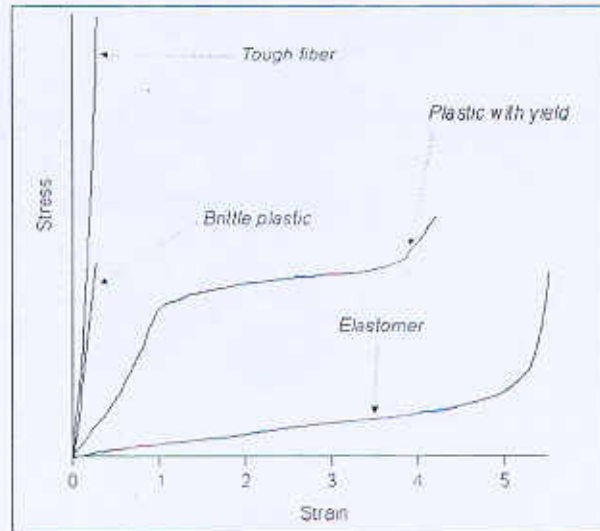
1. Pendahuluan

Produk karet dan polimer sangat umum digunakan dalam industri manufaktur, misalnya sebagai bahan perapat, engine mounting dan botol plastik. Bahan yang digunakan dalam pembuatan produk ini harus memenuhi tuntutan kekuatan dan kelenturan yang terdefinisi dan terukur.

Untuk menghasilkan produk polimer dan karet yang baik diperlukan pengujian sifat mekanik polimer dan karet. Salah satu pengujian yang mutlak harus dilakukan adalah uji tarik, yang dapat menghasilkan data elongasi dan kekuatan, gambar 2 menunjukkan kurva hasil uji tarik dari beberapa jenis polimer. Untuk menghasilkan data tersebut diperlukan mesin uji tarik (Gambar 3), yang sampai saat ini masih merupakan produk import. Dengan menggunakan *loadcell* dan *encoder* (Gambar 1) maka dua parameter utama pengujian, yaitu beban (*stress*) dan elongasi (*strain*) akan dapat diukur. Selanjutnya dilakukan pengolahan data dan penampilan hasil.



Gambar 1. *Loadcell* [Conventry Scale Company] dan *Encoder* [Sensors and Switches]



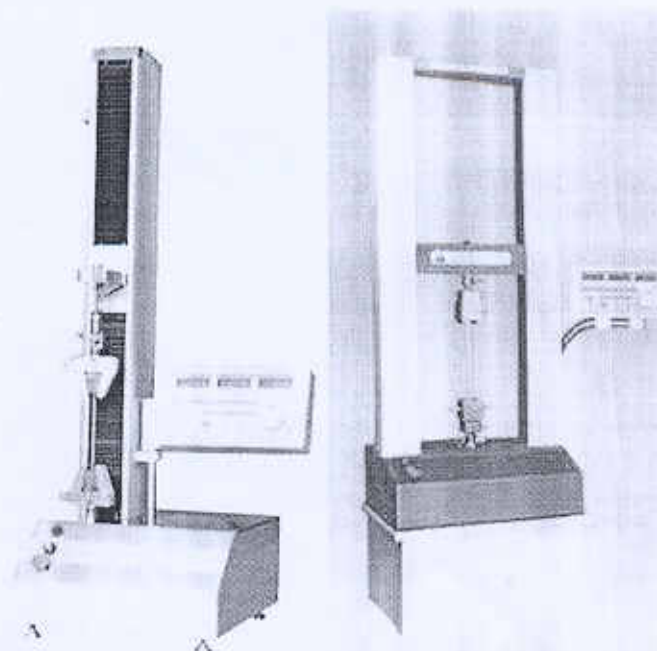
Gambar 2. Kurva hasil Uji Tarik [Introduction to polymer chemistry]

Secara keseluruhan penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan pembuatan mesin uji tarik yang dapat mengurangi ketergantungan akan produk import. Selain itu proses pembuatan yang mudah dan sederhana (dan tanpa mengurangi fungsi) akan menurunkan biaya produksi pembuatan. Pada tahapan awal penelitian ditargetkan untuk pemanfaatan di dunia pendidikan, sehingga mereka mampu memahami fenomena pengujian tarik.

Mesin Uji Tarik

Mesin uji tarik terdiri dari beberapa bagian pokok antara lain: kolom, landasan, pencekam, mekanisme penggerak dan sistem akuisisi data. Konstruksi dasar terbagi dalam dua kelompok besar yaitu konstruksi portal dan konstruksi C.

Mekanisme penggerak yang umum digunakan adalah sistem mekanis dengan poros berulir dan sistem hidrolik.



Gambar 3. Konstruksi dasar mesin uji Tarik [Electronic Tensile Testing Machine]

Standar Uji Tarik

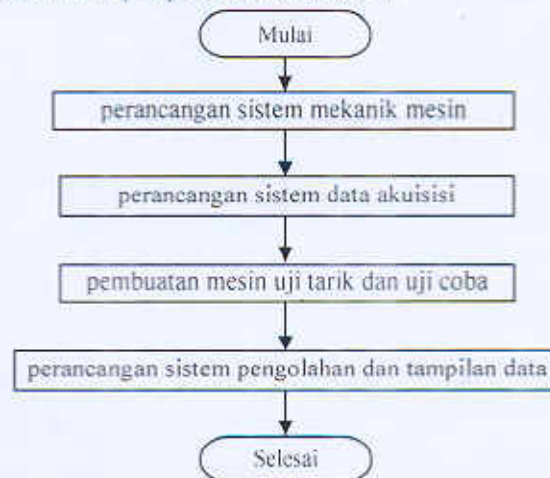
Standard uji tarik mengatur parameter, satuan dan besaran batasan yang digunakan pada saat pengujian. Parameter yang diatur antara lain: bentuk dan ukuran spesimen, kecepatan penarikan, akurasi dan temperatur.

Beberapa standard pengujian untuk plastik dan karet antara lain:

1. ASTM D412 untuk karet vulkanisir dan bahan termoplastik
2. ASTM D638, D5766, ISO 527 untuk uji tarik plastic
3. ASTM D882 untuk uji tarik lembaran plastic tipis
4. ASTM D1708 untuk uji tarik mikro

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini termasuk penelitian pengembangan yang menggunakan pendekatan *Research and Development* yang terdiri dari perancangan sistem mekanik mesin, perancangan sistem data akuisisi, pembuatan mesin uji tarik dan uji coba mesin, perancangan sistem pengolahan dan tampilan data. Masing masing tahap akan memiliki teknik pengembangan yang saling mendukung dan melengkapi. Berikut ini adalah diagram alir tahapan penelitian (Gambar 4).



Gambar 4. Diagram alir tahapan penelitian

Perancangan Sistem Mekanik Mesin

Penelitian yang dilaksanakan mencakup seluruh bagian mesin, meliputi penentuan spesifikasi mesin, konstruksi dasar mesin dan sistem mekanik mesin dengan memperhatikan parameter-parameter desain. Analisis kekuatan mesin pada bagian-bagian kritis dengan menggunakan analisis finit elemen.

Perancangan Sistem Data Akuisisi

Pengambilan data pada mesin uji tarik menggunakan loadcell dan encoder, kedua instrumen pengukuran tersebut dihubungkan dengan sistem mikrokontroler yang menghasilkan keluaran berupa gaya dan elongasi.

Pembuatan Mesin Uji Tarik dan Uji Coba

Proses manufaktur mesin uji tarik disesuaikan dengan rancangan yang dibuat. Selanjutnya dilakukan uji coba dengan menggunakan sampel uji, data yang muncul baru berupa gaya tarik dan elongasi. Data-data tersebut dilakukan kalibrasi untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan standar.

Perancangan Sistem Pengolahan dan Tampilan Data

Perancangan sistem pengolahan ini berupa pembuatan program dan peralatan pengolahan data menjadi informasi yang dapat ditampilkan dalam bentuk kurva dan data numerik.

Penelitian pertama yang akan dilakukan adalah tahapan perancangan dari mesin uji tarik, gambar 5 memperlihatkan diagram alir penelitian yang dilaksanakan.



Gambar 5. Diagram alir penelitian

Penentuan material dan spesifikasi mesin

Material yang akan digunakan harus memenuhi kriteria sifat mekanik yang sesuai dan kemampuan untuk diproses dengan pengerjaan mesin dan pengelasan.

Konstruksi dasar mesin

Mesin didesain untuk dapat menahan beban tarik sesuai dengan kapasitas yang ditentukan. Selain unsur kekuatan, konstruksi dasar mesin juga harus memenuhi ketentuan deformasi maksimal yang diijinkan untuk menghasilkan akurasi. Konstruksi dasar mesin meliputi rangka, sistem penggerak dan sistem pencekam.

Desain parameter

Penentuan kekuatan tarik maksimal, akurasi mesin dan regangan maksimal sesuai dengan sifat mekanik bahan polimer.

Desain prototipe mesin Uji Tarik

Mesin terdiri dari bagian utama berupa rangka, sistem penggerak, pencekam, lengan pencekam, penyetel posisi, sistem pengukuran gaya, sistem pengukuran langkah, dudukan dan tutup. Mesin didesain untuk ditempatkan diatas meja kerja (work bench) dan harus memenuhi aspek fungsi, ergonomis dan estetika

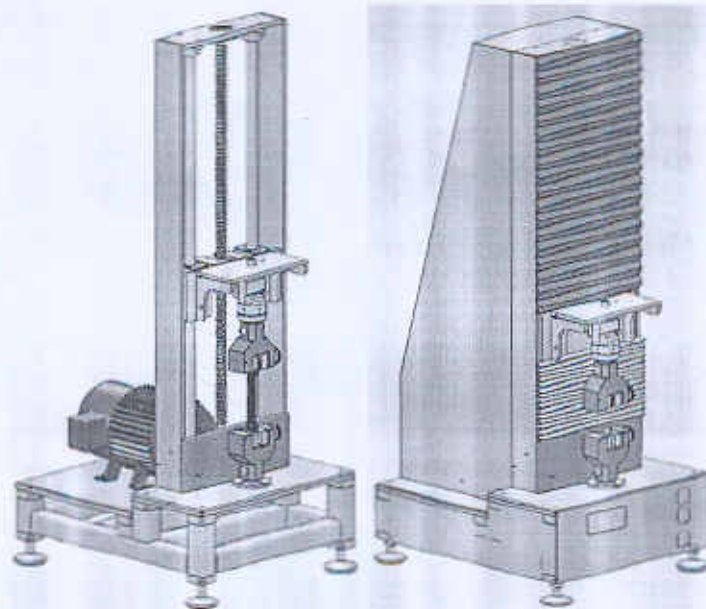
Analisis kekuatan desain

Bagian-bagian yang kritis dianalisa kekuatannya agar dapat menahan beban maksimum.

3. Hasil dan Pembahasan

Konstruksi dasar Mesin

Berdasarkan kajian yang dilakukan konstruksi dasar mesin menggunakan konstruksi C dengan sistem penggerak poros berulir dan sistem pencekam jepit dengan baut. Gambar berikut menunjukkan konstruksi rancangan mesin uji tarik.



Gambar 6. Konstruksi mesin uji tarik

Desain parameter

Parameter yang diukur dari pengujian tarik adalah besar gaya tarik dan perpanjangan. Kedua parameter ini membatasi desain mesin uji tarik, gaya tarik maksimum mesin dibatasi dari nilai maksimum tensile strength polimer terbesar, perpanjangan atau elongasi membatasi langkah atau gerakan kepala penarik.

Tensile Strength

Berdasarkan data-data yang diambil dari beberapa jenis polimer (Tabel 1), Tensile strength yang terbesar adalah 150 Mpa, maka gaya tarik maksimum yang direncanakan harus mampu untuk mencapai tensile strength 150 Mpa.

Tabel 1. Propertis jenis-jenis polimer [*Tensile Property Testing of Plastics*]

Polymer Type	Ultimate Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)	Tensile Modulus (GPa)
ABS	40	30	2.3
ABS + 30% Glass Fiber	60	2	9
Acetal Copolymer	60	45	2.7
Acetal Copolymer + 30% Glass Fiber	110	3	9.5
Acrylic	70	5	3.2
Nylon 6	70	90	1.8
Polyamide-Imide	110	6	4.5
Polycarbonate	70	100	2.6
Polyethylene, HDPE	15	500	0.8
Polyethylene Terephthalate (PET)	55	125	2.7
Polyimide	85	7	2.5
Polyimide + Glass Fiber	150	2	12
Polypropylene	40	100	1.9
Polystyrene	40	7	3

Elongasi

Berdasarkan data-data yang diambil dari beberapa jenis polimer (Tabel 1), nilai elongasi yang terbesar adalah 500%, maka jarak maksimum langkah gerakan adalah hingga mencapai 5 kali panjang specimen uji atau sekitar 250 - 300 mm.



Gaya Tarik

Gaya tarik mesin tergantung dari luasan spesimen uji yang ditarik, jika polimer yang diuji memiliki *tensile strength* 150 Mpa dan spesimen ujinya menggunakan Type IV, maka besarnya gaya tarik maksimum dapat dihitung sebagai berikut

$$\sigma = 150 \text{ MPa} \left[\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right]$$

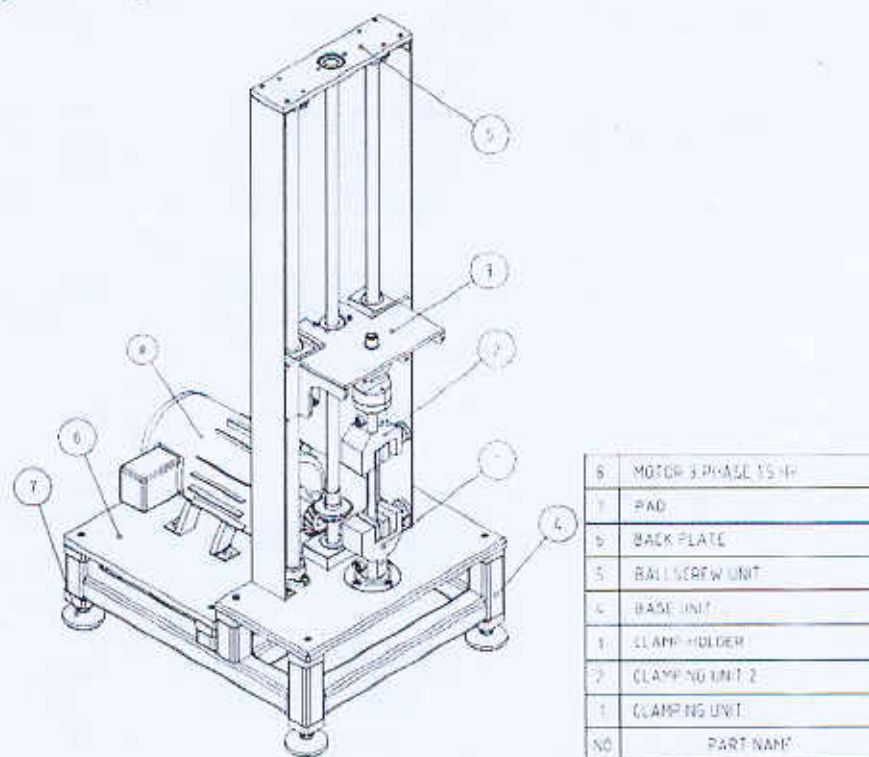
$$A = 4 \cdot 6 = 24 \text{ mm}^2$$

$$F = \sigma \cdot A = 150 \cdot 24 = 3600 \text{ N}$$

Besarnya gaya tarik maksimum adalah 3600 N atau 367 kg.

Kapasitas mesin yang di rancang bisa mencapai kekuatan gaya tarik hingga 1000 kg, karena *load cell* yang dipilih memiliki kapasitas maksimum 1000 kg.

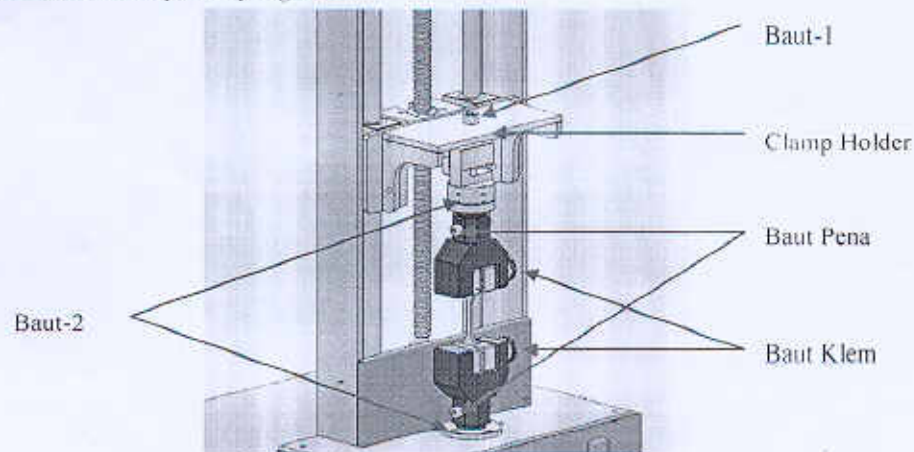
Rancangan Mesin Uji Tarik



Gambar 7. Rancangan Mesin Uji Tarik

Rancangan mesin uji tarik ini menggunakan penggerak motor 3 fasa dengan ulir daya *ballscrew*, putaran motor direduksi oleh *dirver motor* dan diatur sesuai kebutuhan. *Ballscrew unit* menggunakan dua buah poros pengarah agar gerakan terarah dan memperkuat poros *ballscrew*. Pada bagian *clamp holder* terdapat *load cell* yang di gabung dengan *clamping unit* bagian atas. Pada bagian *clamping unit* sistem klem yang digunakan adalah sistem jepit dengan menggunakan baut. Bagian bawah mesin atau pad menggunakan sistem ulir yang dapat di atur ketinggiannya dan untuk membantu *leveling* mesin.

Analisa kekuatan komponen yang kritis



Gambar 8. Komponen-komponen kritis

Baut-1 (M12)

Luas Area tension baut M12 berdasarkan table: $A_t = 84.3 \text{ mm}^2$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{3600}{84.3} = 42.7 \text{ MPa}$$

Jika bahan yang di gunakan medium carbon maka, *yield strength* baut adalah $\sigma_y = 240 \text{ MPa}$

Maka faktor keamanannya adalah :

$$SF = \frac{\sigma_y}{\sigma} = \frac{240}{42.7} = 5.6$$

Baut-2 (M5)

Luas Area tension baut M5 berdasarkan table : $A_t = 14.2 \text{ mm}^2$, Jumlah baut ada 4 buah, jadi

$$F = \frac{3600}{4} = 900 \text{ N}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{900}{14.2} = 63.4 \text{ MPa}$$

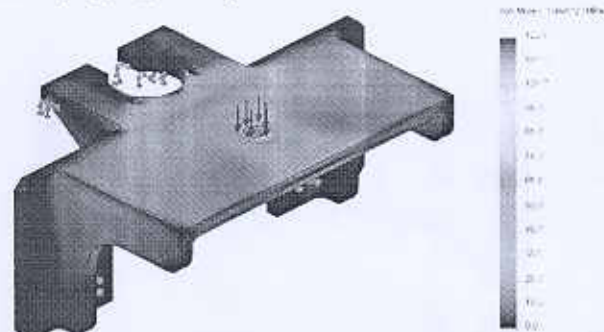
Jika bahan yang di gunakan medium carbon maka, *yield strength* baut adalah $\sigma_y = 240 \text{ MPa}$

Maka faktor keamanannya adalah :

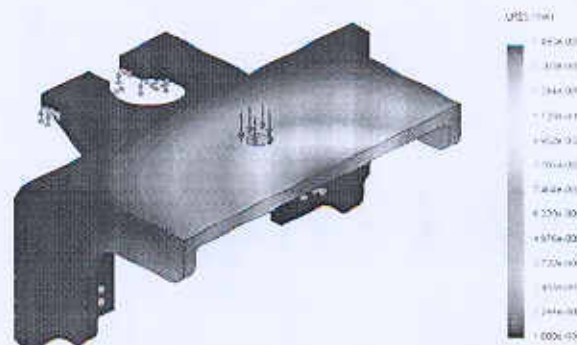
$$SF = \frac{\sigma_y}{\sigma} = \frac{240}{63.4} = 3.78$$

Clamp Holder

Dengan bantuan software simulasi tegangan maksimum yang terjadi sebesar 122 MPa, distribusi tegangan yang terjadi ditunjukkan pada gambar 9. Gambar 10 memperlihatkan lendutan yang terjadi akibat gaya tarik, lendutan yang terjadi sangat kecil sekitar 0.07 mm



Gambar 9. Simulasi distribusi tegangan pada part pembawa

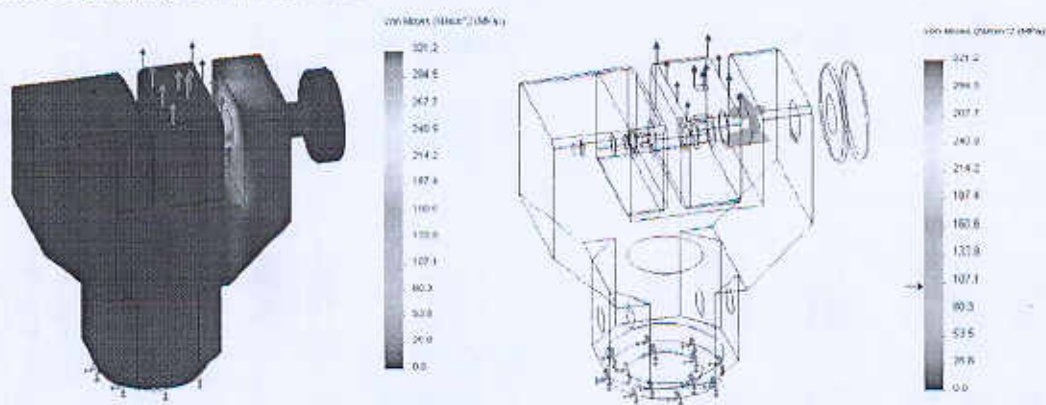


Gambar 10. Simulasi lendutan

Clamp holder ini menggunakan bahan *stainless steel* dengan *yield strength* sekitar 240 MPa. Sehingga factor keamanan $SF = \frac{\sigma_y}{\sigma} = \frac{240}{125} = 1,96$

Baut Klem

Berdasarkan software simulasi gambar 11 menunjukkan distribusi tegangan yang terjadi pada baut klem, tegangannya sekitar 100 MPa.



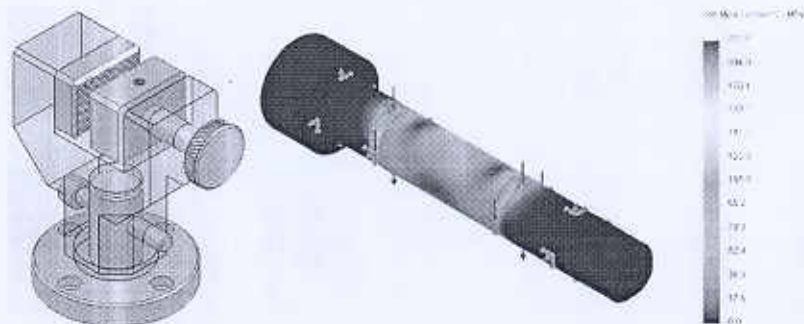
Gambar 11. Simulasi distribusi tegangan pada baut klem

Baut klem ini menggunakan bahan SKD tegangan luluhnya bisa mencapai 400 MPa, sehingga faktor keamanannya untuk tegangan yang terjadi bisa mencapai 4.

Baut Pena

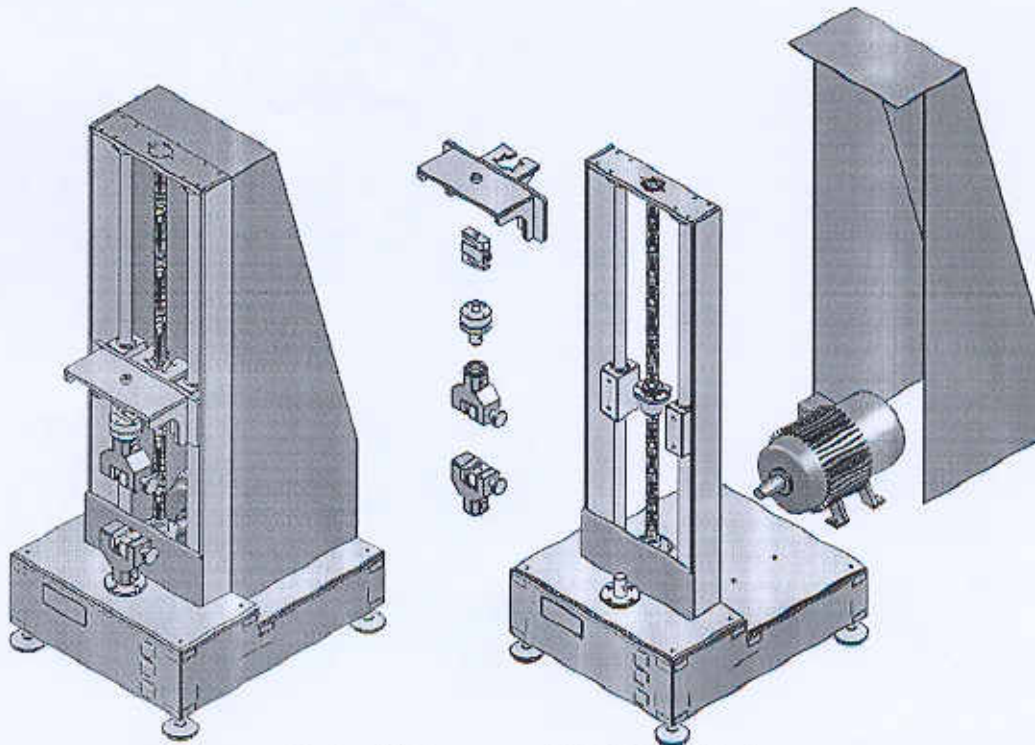
Berdasarkan software simulasi tegangan yang terjadi sebesar 211 MPa

Baut klem ini menggunakan bahan SKD tegangan luluhnya bisa mencapai 400 MPa, sehingga faktor keamanannya untuk tegangan yang terjadi bisa mencapai 2.



Gambar 12. Simulasi distribusi tegangan pada baut pena

Berdasarkan batasan parameter gaya tarik maksimum 367 kg, analisis komponen-komponen yang kritis memperlihatkan desain yang ada cukup kuat menahan gaya tarik maksimum. Gambar 13 memperlihatkan rancangan akhir mesin uji tarik.



Gambar 13. Rancangan Akhir Mesin Uji Tarik

4. Kesimpulan

Rancangan mesin uji tarik telah dihasilkan dengan memperhatikan desain parameter yang diinginkan yaitu gaya tarik maksimumnya sebesar 367 kg dan panjang gerakan mesin dapat memenuhi elongasi maksimum sebesar 300 mm. Rancangan ini pun telah dianalisis kekuatannya pada bagian-bagian yang kritis.

Daftar Pustaka

- Coventry Scale Company, 26 Juni 2013, http://www.coventryscale.co.uk/product_info.php?ID=5896
- Electronic Tensile Testing Machine, 26 Juni 2013, <http://www.hiwtc.com/products/electronic-tensile-testing-machine-3098-12804.htm>
- Introduction to polymer chemistry, 26 Juni 2013
<http://chem.chem.rochester.edu/~chem421/classify.htm>
- Plastic, 27 Juni 2013, <http://en.wikipedia.org/wiki/Plastic>
- Sensors and Switches, 26 Juni 2013,
<http://www.automationdirect.com.au/Welcome/lswiches/inputdevices.html>
- Shigley's, *Mechanical Engineering Design, Eight Edition*, Mc Graw Hill, 2008.
- Society of the Plastics Industry, Inc. Plastics Engineering Handbook, Fifth Edition*, Kluwer Academic Publisher, Massachusetts
- Tensile Property Testing of Plastics, 26 Juni 2013
<http://www.matweb.com/reference/tensilestrength.aspx>