

## DESAIN AWAL PERANGKAT MEKANIK PADA PEREKAYASAAN PERANGKAT DIGITAL RADIOGRAFI UNTUK INDUSTRI

Nur Khasan, Samuel Praptoyo  
Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir (PRFN) – BATAN  
Email : hasanur@batan.go.id

### ABSTRAK.

*DESAIN AWAL PERANGKAT MEKANIK PADA PEREKAYASAAN PERANGKAT DIGITAL RADIOGRAFI UNTUK INDUSTRI. Desain awal perangkat mekanik pada perancangan perangkat digital radiografi telah dilakukan. Desain ini ditujukan sebagai dasar pembuatan kelengkapan fasilitas perangkat mekanik untuk terwujudnya prototipe perangkat digital radiografi untuk industri. Desain ini dilakukan dengan memperhatikan bentuk konfigurasi secara umum pada desain dasar yang mana di dalam perangkat mekaniknya terdapat beberapa komponen dengan dimensi tertentu dan beban massa yang cukup berat. Desain terdiri dari sebuah rangka dudukan utama, penyangga detektor flat panel dan penggunaan hydraulic hand stacker untuk dudukan pesawat sinar-x. Desain perangkat mekanik ini selanjutnya akan difabrikasikan untuk mempermudah dan membantu pekerjaan pengambilan data citra digital radiografi. Program aplikasi komputer sketch-up digunakan untuk menggambar desain ini dan stress analysis Autodesk Inventor untuk analisis kekuatan desain konstruksi. Hasil dari desain ini adalah gambar konfigurasi, gambar-gambar seksta konstruksi dan faktor keamanan desain konstruksi dengan nilai minimal 2,39 serta nilai maksimal 15 jika dikenai simulasi beban 500kg yaitu 4 kali total beban kerja.*

*Kata kunci : Perangkat mekanik, desain konstruksi, faktor keamanan*

### ABSTRACT.

*A PRELIMINARY DESIGN OF MECHANICAL DEVICE ON INDUSTRIAL DIGITAL RADIOGRAPHY EQUIPMENT DESIGN. A preliminary design of mechanical device on industrial digital radiography equipment has been done. This design is intended as a basis for the manufacture of complete facilities for the realization a prototype on industrial digital radiography equipment. The design and construction were carried out by paying attention to the general configuration of the basic design in which its mechanical design has several components with specific dimensions and heavy mass. This design consist of a main frame holder, flat panel detector support and hydraulic hand stacker for mounting the x-ray machine. This mechanical device design will then be fabricated to facilitate and assist work of digital radiographic retrieval. Computer application programs sketch-up is used to draw this design and the analysis stress of Autodesk Inventor to analysis the strength construction design. The results of this design are the configuration drawing, sketch drawings of construction and the safety factor of construction design with a minimum value of 2.39 as well as a maximum value of 15 when to be simulated by the load 500kg which is 4 times of total workload.*

*Key words: mechanical devices, construction design, safety factor*

## 1. PENDAHULUAN

Perekayasa perangkat digital radiografi untuk industri saat ini sangat diperlukan karena teknik uji tak merusak ini sangat luas penggunaannya dalam industri manufaktur sebagai kendali kualitas maupun dalam inspeksi rutin. Perkembangan teknik digital memberikan keunggulan dalam waktu pengolahan dan analisis citra radiografi. Proses analisis akan dapat langsung dilakukan tanpa harus menunggu waktu pengembangan film dalam radiografi konvensional atau proses *scanning* pada CR (*Computer Radiography*)<sup>[1]</sup>.

Perangkat mekanik mempunyai peran yang juga penting sebagai kelengkapan fasilitas sehingga terwujudnya prototipe secara keseluruhan dari perangkat digital

radiografi karena menjadi tumpuan dasar kerja dari kinerja sub perangkat yang lain. Dalam lingkup perangkat mekanik terdapat penggunaan beberapa komponen pokok seperti tabung sinar-x, *hydraulic hand stacker*, *rotary table* dan detektor *flat panel*. Sehubungan dengan hal tersebut maka diperlukan desain awal untuk pembuatan konfigurasi dan konstruksi mekanik antara lain :

1. Penempatan tabung sinar-x
2. Penempatan posisi *hydraulic hand stacker* dalam konfigurasi
3. Rangka dudukan utama/obyek uji dan penyangga detektor *flat panel*

Desain tersebut akan menjadi dasar dalam pekerjaan pembuatan/fabriksi perangkat mekanik yang diperlukan. Makalah ini membahas mengenai desain awal perangkat mekanik meliputi konfigurasi posisi atau penempatan komponen/perangkat mekanik standar, sketsa konstruksi rangka dudukan yang akan dibuat dan analisis faktor keamanan konstruksi yang diperlukan dalam keseluruhan desain perangkat digital radiografi untuk industri.

## **1.1. TEORI**

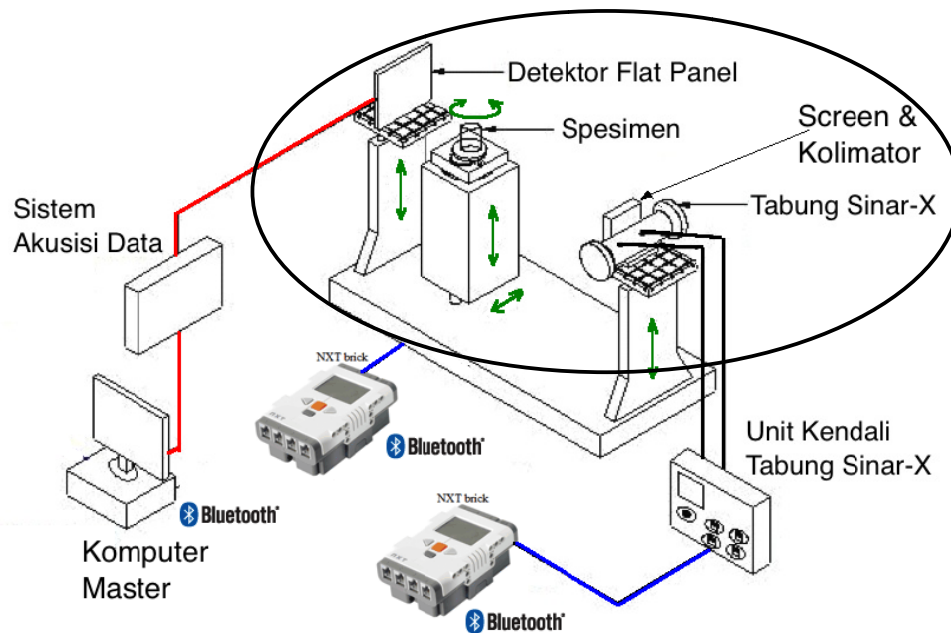
### **1.1.1. Sistem Perangkat Digital Radiografi Untuk Industri<sup>[1]</sup>**

Teknik uji tak merusak sangat penting dalam menjamin mutu berbagai komponen dalam industri. Salah satu teknik uji tak merusak yang sangat bermanfaat adalah radiografi karena dengan teknik ini kita dapat melihat bagian dalam sebuah benda dengan bantuan sinar-x atau sinar gamma yang memiliki daya tembus tinggi. Teknik radiografi konvensional dilakukan dengan menggunakan film sehingga memiliki banyak keterbatasan seperti pemrosesan film lama dan membutuhkan zat-zat kimia yang tidak ramah lingkungan. Di samping itu proses analisis radiografi dengan menggunakan film sangat terbatas, mengingat kemampuan mata manusia yang spektrumnya terbatas.

Secara umum gambaran dari sistem perangkat digital radiografi untuk industri dapat dilihat pada seperti Gambar 1. Perangkat mekanik didesain untuk komponen-komponen yang ditunjukkan dalam lingkup tanda lingkaran pada gambar bagan tersebut.

### **1.1.2. Bahan Konstruksi**

Bahan konstruksi yang sering digunakan dan tersedia dipasaran adalah bahan BJ 37<sup>[2]</sup> dengan kekuatan tariknya  $3700\text{kg/cm}^2$  atau  $37\text{kg/mm}^2$ . Kekuatan dari tekanan beban massa dapat dihitung dengan perkalian 0.65 terhadap kekuatan tarik dan kekuatan terhadap tegangan geser dapat dihitung 0,5 dari kekuatan tarik.



Gambar 1<sup>[1]</sup>. Bagan Sistem Perangkat Digital Radiografi Untuk Industri

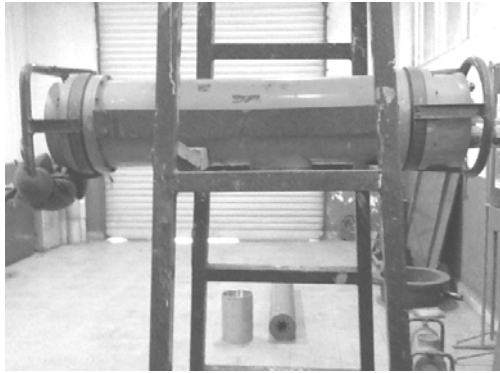
## 2. METODOLOGI

Dengan mengacu terhadap bagan sistem perangkat digital radiografi untuk industri yang akan dibuatkan prototipenya seperti ditunjukkan pada gambar 1 maka proses desain awal perangkat mekanik dilakukan dengan beberapa tahapan kerja di bawah ini.

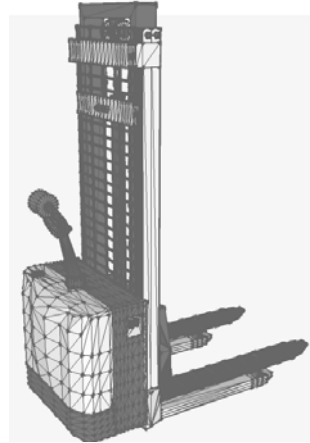
### 2.1. Pendataan Massa, Bentuk, Dimensi Fisik dan Fungsi Komponen

Pendataan dilakukan terhadap komponen mekanik yaitu tabung pesawat sinar-x milik PATIR BATAN, *hydraulic hand stacker* dengan tipe KW0501844 (berupa *manual stacker*), *rotary table* dengan tipe KW0400332K (tipe manual horisontal dan vertikal), dan *flat panel* dengan tipe DMC12DR (*automatic film processor*). Data yang diperoleh digunakan sebagai acuan dalam pembuatan desain sketsa awal dan desain rinci serta saat fabrikasi pembuatan di bengkel kerja. Adapun data-data dari semua komponen tersebut adalah sebagai berikut :

1. Tabung pesawat sinar-x sebagai pemancar radiasi sinar-x mempunyai massa 60 kg berbentuk tabung dengan dimensi panjang 900 mm x diameter 350 mm seperti terlihat pada Gambar 2.a.
2. *Hydraulic hand stacker* kapasitas 1000 kg sebagai dudukan pesawat sinar-x mempunyai massa 200 kg berbentuk produk standar dengan dimensi panjang 1680 mm x lebar 955 mm x tinggi 2090 mm seperti terlihat pada Gambar 2.b.
3. *Rotary table* sebagai dudukan benda uji mempunyai massa 46 kg berbentuk produk standar dengan diameter meja 250 mm dan rasio putaran 1 : 90 seperti terlihat pada Gambar 2.c.
4. Detektor *Flat panel* sebagai penghasil citra mempunyai massa 2 kg, berbentuk plat berdimensi 425 mm x 375 mm x 23 mm seperti terlihat pada Gambar 2.d.



Gambar 2.a<sup>[3]</sup>. Pesawat Sinar-x



Gambar 2.b. *Hydraulic Hand Stacker*



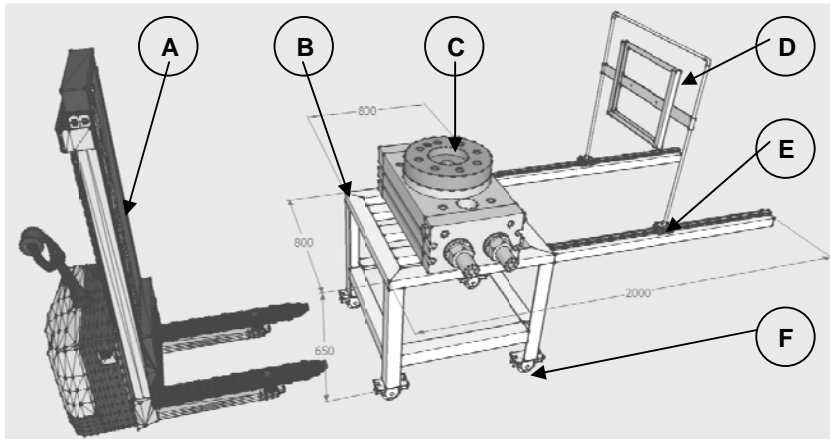
Gambar 2.c. *Rotary Table*



Gambar 2.d. *Flat Panel*

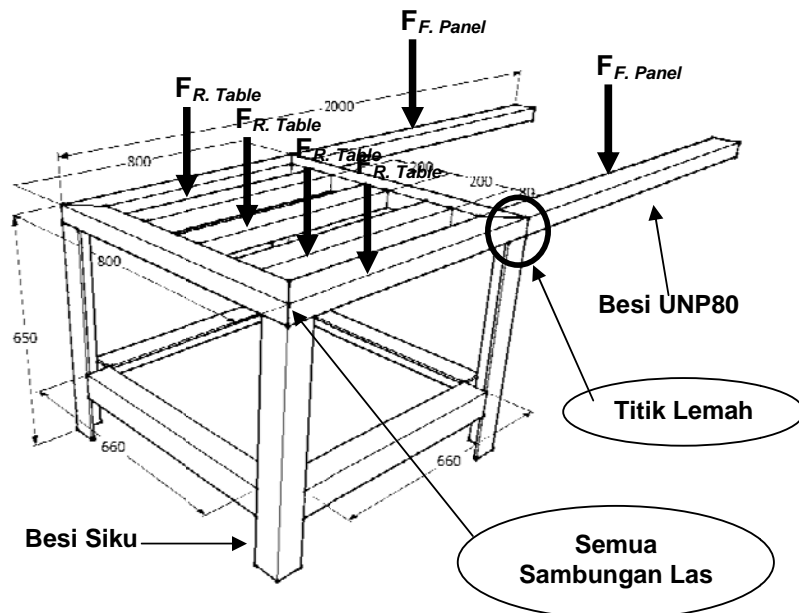
## 2.2. Pembuatan Sketsa Konfigurasi

Pembuatan sketsa konfigurasi dilakukan berdasarkan acuan data-data komponen mekanik yang akan didesain perangkat mekaniknya dengan program komputer *sketch-up*. Sketsa yang dibuat berupa gambar konfigurasi seperti terlihat pada Gambar 3 dimana A adalah *hydraulic hand stacker*, B adalah rangka dudukan *rotary table*, C adalah *rotary table* dan D adalah rangka dudukan *flat panel* dilengkapi dengan E berupa sistem *sliding* menggunakan komponen standar HGW15CC dan F adalah roda standar dengan profil V yang akan ditambahkan rel dudukan. Dari gambar konfigurasi tersebut dapat diambil gambar tiap komponen sebagai gambar perkiraan konstruksi dalam sketsa isometrik yang dapat terlihat nilai-nilai ukuran dimensi secara rinci seperti terlihat pada Gambar 4, 5.a, dan 5.b di bawah ini.

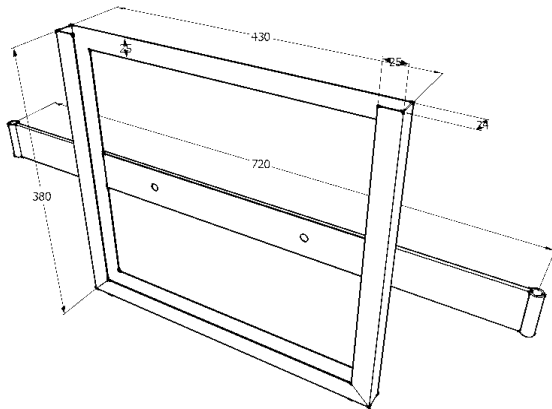


Keterangan Gambar :  
A. Hydraulic hand stacker  
B. Rangka dudukan  
C. Rotary table  
D. Dudukan flat panel  
E. Sistem sliding  
F. Roda standar

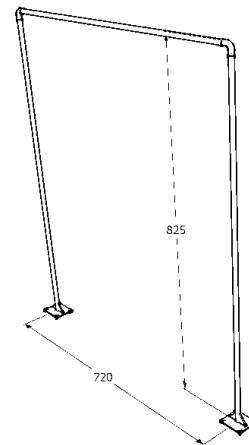
Gambar 3. Konfigurasi Mekanik Perekayasaan Digital Radiografi



Gambar 4. Desain Awal Rangka Dudukan Utama  
Dan Pemodelan Gaya Beban



Gambar 5.a. Rangka Flat Panel



Gambar 5.b. Tiang Rangka Flat Panel

### 2.3. Asumsi Dan Batasan Konstruksi

Gaya beban komponen standar yang ditumpu oleh konstruksi adalah berupa *rotary table* di bagian rangka dudukan utama dimana digambarkan dengan 4 buah gaya  $F_{R. Table}$  masing-masing seperempat total beban dan *flat panel* di bagian lengan rangka dudukan dimana digambarkan 2 buah gaya  $F_{F. Panel}$  masing-masing separuh beban *flat panel* seperti ditunjukkan pada Gambar 4 di atas. *Rotary table* hanya sekitar 50kg dan *flat panel* hanya sekitar 2kg yang kemudian menjadi acuan pemberian beban pada saat simulasi untuk analisis kekuatan konstruksi dengan Autodesk Inventor dimana dalam desain awal ini yang diambil hanya nilai faktor keamanan saja. Adapun batasan nilai faktor keamanan harus lebih dari 1,0 untuk menghindari kondisi gagal baik berupa patah atau rusak akibat pembebanan pada konstruksi. Instalasi atau perakitan struktur bahan konstruksi cukup dilaksanakan dengan pengerjaan las yang memenuhi kekuatan sambungan dengan perkiraan dapat mampu menahan pembebanan sekalipun di titik lemah konstruksi.

### 2.4. Perhitungan Kekuatan Konstruksi

Bahan kerja utama yang dipilih berdasarkan bahan yang tersedia adalah berupa besi siku 70x70x7 mm dan besi UNP 80x40x5 mm sebagai rangka utama dengan konstruksi sambungan las untuk dapat menumpu beban massa komponen yang didesain perangkat mekaniknya. Adapun perhitungan kekuatan konstruksi dari desain ini dilakukan dengan memanfaatkan simulasi software komputer berupa *stress analysis* dari Autodesk Inventor. Dengan dimasukkan desain gambar konstruksi, data bahan dan data beban tekan massa senilai 500kg sebagai batasan maksimum (kira-kira empat kali beban *rotary tabel* ditambah beban operasional) maka langsung didapatkan laporan analisis konstruksi. Data laporan analisis yang utama adalah hasil faktor keamanan. Diinformasikan dari data laporan analisis maka faktor keamanan konstruksi yang didesain tersebut adalah dalam angka minimal 2,39 untuk bagian tengah dan angka maksimal 15 untuk bagian pinggir sehingga dapat dinyatakan sangat aman terhadap beban tekan massa berupa *rotary table* ditambah obyek uji.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain awal perangkat mekanik pada perekrayasaan digital radiografi telah dilakukan dengan melalui tahapan-tahapan tertentu. Tahap pertama adalah pendataan massa, dimensi fisik, dan fungsi terhadap komponen mekanik yang akan dibuatkan konfigurasi posisi dan perangkat mekaniknya. Komponen mekanik tersebut adalah tabung

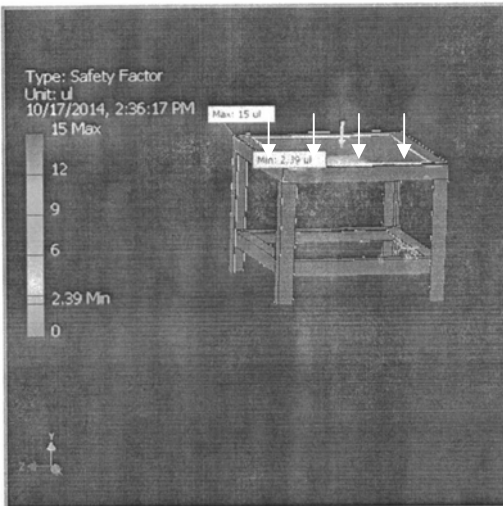
pesawat sinar-x sebagai pemancar radiasi sinar-x yang mempunyai massa 60 kg berbentuk tabung dengan dimensi panjang 900 mm x diameter 350 mm sehingga dipilih 1 unit alat standar *hydraulic hand stacker* sebagai alat tumpunya pada saat penggunaannya. Kemudian satu unit *hydraulic hand stacker* kapasitas 1000 kg sebagai dudukan pesawat sinar-x yang mempunyai massa 200 kg berbentuk produk standar dengan dimensi panjang 1680 mm x lebar 955 mm x tinggi 2090 mm sehingga dalam konfigurasi diletakkan pada posisi secara proporsional. Berikutnya adalah sebuah *rotary table* sebagai dudukan benda uji yang mempunyai massa 46 kg berbentuk produk standar dengan diameter 250 mm dan rasio putaran 1 : 90. Terakhir adalah sebuah detektor *flat panel* sebagai penghasil citra digital mempunyai massa 2 kg, berbentuk plat berdimensi 425 mm x 375 mm x 23 mm.

Tahap kedua adalah pembuatan sketsa awal. Pembuatan sketsa awal dilakukan menggunakan aplikasi komputer untuk gambar desain yaitu program *sketch-up* dengan memperhatikan ukuran/bentuk fisik dari semua komponen mekanik tersebut di atas. Adapun hasil sketsa desain awal berupa gambar konfigurasi mekanik dan beberapa gambar tiap perangkat mekanik yang didesain seperti terlihat pada Gambar 3, 4, 5.a, dan 5.b. Gambar sketsa berupa gambar isometrik sebagai dasar perkiraan konstruksi dan bahan.

Tahap ke tiga adalah perhitungan kekuatan konstruksi dengan bahan BJ37 yang tersedia yaitu berupa besi siku 70x70x7 mm dan besi UNP 80x40x5 mm. Perhitungan awal kekuatan konstruksi dari desain ini dilakukan dengan memanfaatkan simulasi software komputer berupa *stress analysis* dari Autodesk Inventor. Dengan dimasukkan desain gambar konstruksi, data bahan dan data beban tekan massa senilai 500kg dimana kira-kira merupakan 4 kali beban tekan dan beban detektor *flat panel* maka langsung didapatkan laporan analisis konstruksi seperti terlihat pada Gambar 6. Data laporan analisis yang utama diambil adalah informasi hasil mengenai faktor keamanan. Didapatkan dari informasi data laporan analisis bahwa faktor keamanan konstruksi yang didesain tersebut adalah dalam angka minimal 2,39 untuk beban tekan di bagian tengah dan angka maksimal 15 untuk beban tekan di bagian tepi. Hal ini memenuhi batasan awal bahwa faktor keamanan harus lebih besar dari 1,0 untuk menghindari kondisi gagal pada konstruksi. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa konstruksi sangat aman terhadap beban tekan massa berupa *rotary table* ditambah obyek uji serta detektor *flat panel*. Semakin besar angka faktor keamanan dari sebuah konstruksi maka semakin aman dari pengaruh beban-beban yang dikenakan terhadapnya.

Pemodelan gaya beban dalam simulasi analisis kekuatan konstruksi Autodesk Inventor dilakukan dengan pemberian beban seperti pada model gaya terhadap konstruksi sehingga dapat diambil berupa nilai faktor keamanan saja sebagai kekuatan struktur seperti telah dijelaskan di atas.

☐ Safety Factor



Stress Analysis Report

Von Mises Stress	0.00556094 MPa	86.5037 MPa
1st Principal Stress	-5.21191 MPa	45.9555 MPa
3rd Principal Stress	-53.9266 MPa	11.0304 MPa
Displacement	0 mm	1.71509 mm
Safety Factor	2.39296 ul	15 ul
Stress XX	-27.2343 MPa	25.9058 MPa
Stress XY	-30.5166 MPa	31.8528 MPa
Stress XZ	-17.5756 MPa	19.4101 MPa
Stress YY	-36.0927 MPa	25.7085 MPa
Stress YZ	-49.7144 MPa	30.5412 MPa
Stress ZZ	-27.7416 MPa	28.1525 MPa
X Displacement	-0.275928 mm	0.263823 mm
Y Displacement	-1.71499 mm	0.00440684 mm
Z Displacement	-0.252219 mm	0.294646 mm

**Gambar 6. Scan Hasil Analisa Konstruksi**

Dari analisis perhitungan kekuatan konstruksi hasil simulasi tersebut di atas dimana faktor keamanan sudah lebih dari 1,0 maka secara umum konstruksi dengan dipasang roda profil V berdiameter 75 mampu menumpu beban massa yang ditumpu yaitu sebuah *rotary table* dengan massa hanya 50 kg ditambah obyek serta flat panel 2kg di posisi lengan konstruksi. Konstruksi kerangka kaki berupa besi siku mendapatkan beban tekan dan beban geser sedangkan kerangka besi UNP hanya fokus menerima beban geser saja.

Hasil akhir desain awal ini adalah berupa beberapa gambar sketsa berupa konfigurasi penempatan posisi komponen dan sketsa konstruksi perangkat mekanik dengan analisis faktor keamanan. Adapun selanjutnya akan dibuatkan desain rinci untuk sampai dengan tahap fabrikasi/pembuatan perangkat mekanik tersebut.

#### 4. KESIMPULAN

Desain awal perangkat mekanik pada perekayasaan digital radiografi telah dilakukan dengan mengacu terhadap tahapan-tahapan kerja yang dibuat yaitu pendataan komponen/perangkat, sketsa konfigurasi awal, asumsi dan batasan konstruksi serta perhitungan kekuatan konstruksi. Setelah dilakukan pekerjaan ini, maka dihasilkan gambar sketsa berupa konfigurasi penempatan posisi komponen dan desain konstruksi perangkat mekanik dengan data kekuatan konstruksinya yang ditinjau dari faktor keamanan sebesar 2,39 di bagian tengah konstruksi dan 15 di bagian pinggiran konstruksi yang berarti sudah memenuhi batasan aman yaitu harus di atas harga 1,0.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sangat berterima kasih kepada Bapak Ir. Kristedjo Kurnianto, MSc, sebagai penanggung jawab kegiatan atas ide/masukan desain, Bapak Ir. Edy Purwanta yang membantu dalam analisis konstruksi dengan simulasi *stress analysis* Autodesk Inventor sehingga diperoleh data analisis yang diperlukan dan semua anggota tim kegiatan Perekayasaan Perangkat Digital Radiografi, atas kerja samanya dalam kegiatan ini.



## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. KRISTEDJO K, Desain Dasar Perencanaan Perangkat Digital Radiografi Untuk Industri, DS-DR13-2.1.0.0.01.00, Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir-BATAN, 2013.
- [2]. KRISTEDJO K, Program Manual Perencanaan Perangkat Digital Radiografi, PM-01-WBS0-RPN-2014-016, Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir-BATAN, 2014.
- [3]. Anonym, Pengenalan bahan baja, <http://rahmatmuchlas.blogspot.com/2012/12/bahan-baja.html>, tanggal akses 20 Oktober 2014.
- [4]. KRISTEDJO K, MASBATIN P INDARZAH., SUSILA I PUTU, Perencanaan Perangkat Digital Radiografi Untuk Industri, Prosiding Pertemuan Ilmiah Perencanaan Perangkat Nuklir, PRPN-BATAN, 14 November 2013.
- [5]. HANDONO KHAIRUL, YULIAN ALVANO, AWWALUDDIN MUHAMMAD, Analisis Kekuatan Struktur Support Dan Karakterisasi Prototipe Portal Monitor Pencitraan Petikemas, Jurnal Perangkat Nuklir, Vol. 8 No. 02, PRFN-BATAN, November 2014.