

ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR SUPPORT DAN KARAKTERISASI PROTOTYPE PORTAL MONITOR PENCITRAAN PETIKEMAS

Khairul Handono, Alvano Yulian, Muhammad Awwaluddin
Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir (PRFN) – BATAN
Email : handon@batan.go.id

ABSTRAK

ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR SUPPORT DAN KARAKTERISASI PROTOTYPE PORTAL MONITOR PENCITRAAN PETIKEMAS. Telah dilakukan analisis sistem mekanik dan pengujian sistem kendali dan akuisisi data pada Prototipe Portal Monitor Pencitraan Peti Kemas. Analisis sistem mekanik meliputi support pemegang penting dilakukan untuk menjaga kelangsungan pengoperasian. Sedangkan analisis sistem akuisisi data dan elektrik dilakukan pada sisi sistem` catu daya motor penggerak conveyor . Tujuan dilakukan analisis dan karakterisasi untuk penyempurnaan desain. Proses analisis statik struktur rangka conveyor dilakukan melalui simulasi dalam software ANSYS 1.4. Pada sistem data akuisisi dan sistem elektrik telah dilakukan pengujian. Dari hasil analisis mekanik menunjukkan bahwa desain yang dibuat telah memenuhi kriteria keamanan dan keselamatan. Sedangkan pada pengujian sistem akuisisi data sistem dapat menampilkan data melalui jaringan internet dengan baik.

Kata kunci : analisis, karakterisasi dan portal monitor

ABSTRACT

STRENGTH ANALYSIS OF SUPPORT STRUCTURE AND CHARACTERIZATION OF PROTOTYPE IMAGING PORTAL MONITOR. The mechanical systems analysis and testing of control systems and data acuisition the prototype Portal Imaging Monitor Containe has been conducted. Analysis of the mechanical system includes support holder important to maintain continuity of operations. While the analysis of the data acquisition system and electrically sistem` done on the conveyor drive motor power supply. The purpose of the analysis and characterization for design improvements. The process of static analysis is done through a conveyor frame structure simulation in ANSYS 1.4 software. In the data acquisition system and the electrical system has been tested. From the results of the mechanical analysis showed that the design created has met the criteria of security and safety. While the data acquisition system testing the system can display the data through the Internet with either.

Keywords: analysis, characterization and portal monitors

1. PENDAHULUAN

Prototipe portal monitor adalah alat *scale down* yang dirancang oleh Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir (PRFN), yang berguna untuk mengetahui isi peti kemas di pelabuhan laut.^[1] Verifikasi dan validasi isi petikemas dilakukan secara manual maupun otomatis. Verifikasi secara manual dilakukan dengan cara membuka peti kemas dan memeriksa isinya satu persatu. Metode ini tidak efektif karena menyita waktu dan tenaga, sehingga tidak cocok digunakan di pelabuhan besar dengan objek petikemas yang berjumlah ratusan dan bahkan ribuan, sehingga diperlukan sistem portal monitor otomatis dengan teknik pencitraan sinar gamma. Untuk menghindari paparan radiasi pada operator, sistem ini didesain dapat dioperasikan dan dikendalikan dari jarak jauh melalui jaringan internet.

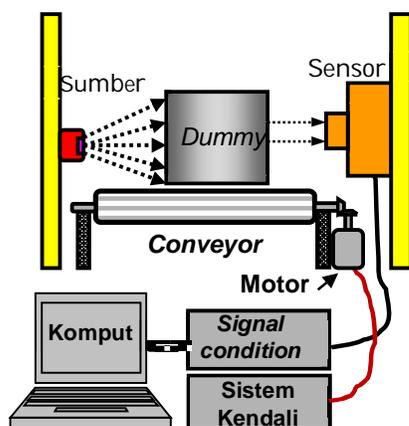
Ruang lingkup penelitian dibatasi pada analisis struktur support pemegang sumber dan karakterisasi yang meliputi pengujian kinerja sistem kendali dan kinerja sistem data akuisisi pada prototipe portal monitor. Hasil yang diharapkan diperolehnya

kinerja yang baik dari sistem kendali dan sistem data akuisisi sehingga mendapatkan citra yang baik.

Deskripsi prototype portal monitor meliputi beberapa komponen utama, yaitu: sumber sinar gamma dan kolimator, detektor line scan camera. Sistem mekanik yang terdiri dari *dummy*, *conveyor* dan *support*. Sistem kendali *conveyor* dan sistem data akuisisi terkomputerisasi.

Sumber sinar gamma adalah Cs-137 dengan Intensitas 250 mili Curie yang ditempatkan pada kolimator. Sebuah detektor line scan camera gamma diletakkan lurus sejajar dengan sumber, detektor ini merupakan detektor NiTi. Perangkat akuisisi data ADC, perangkat aktuasi DAC, komputer pemroses data, dan plan tempat melakukan pemindaian. Prototype portal monitor peti kemas diperlihatkan pada gambar 1.^[1] Sedangkan detail rangka pemegang sumber ditampilkan gambar 2.

Perangkat akuisisi data ADC, perangkat aktuasi DAC, komputer pemroses data, dan plan tempat melakukan pemindaian. Dalam penelitian ini akan dianalisis bagian rangka pemegang sumber Cs¹³⁷ untuk mengetahui tegangan statik maksimal yang mampu diterima oleh rangka serta peralihan/ deformasi maksimal sehingga dapat diketahui faktor keamanan dan efisiensi desain rangkanya. Dan akan dilakukan pengujian sistem akuisisi data, kendali dan sistem elektrik.



Gambar 1. Prototype portal monitor^[2]



Gambar 2. Detail rangka pemegang Sumber

1.1. TEORI

Salah satu sistem pencitraan yang dapat digunakan untuk melihat isi petikemas adalah dengan teknik transmisi sinar gamma. Prototype portal monitor yang dibuat adalah dengan skala laboratorium yang tujuannya sebagai dasar perhitungan untuk merancang bentuk yang nyata atau *full scale* sesuai dengan kebutuhan yang akan digunakan di pelabuhan besar.^[2]

Analisis sistem mekanik dilakukan dengan melihat antara lain faktor keamanan. Kekuatan sistem, yang sebenarnya dari suatu struktur haruslah melebihi kekuatan yang dibutuhkan. Perbandingan dari kekuatan sebenarnya terhadap kekuatan yang dibutuhkan disebut faktor keamanan (n)^[3].

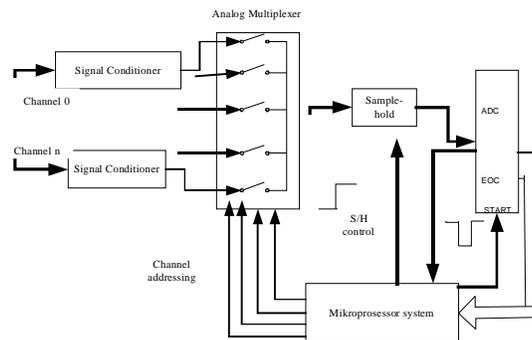
$$\text{Faktor keamanan } (n) = \frac{\text{Kekuatan sebenarnya}}{\text{Kekuatan yang dibutuhkan}}$$

Faktor keamanan haruslah lebih besar daripada 1,0 untuk menghindari kegagalan. Tergantung pada keadaan, maka faktor keamanan yang harganya sedikit di atas 1,0 hingga 10 yang dipergunakan. Mengikutsertakan faktor keamanan ke dalam desain bukanlah suatu hal yang sederhana, karena baik kekuatan dan kegagalan memiliki berbagai macam arti. Kegagalan dapat berarti patah atau rusak sama sekali pada suatu struktur. Penentuan faktor keamanan memperhitungkan kemungkinan pembebanan yang melampaui batas (*overloading*) dari suatu struktur baik dari pembebanan statik maupun pembebanan dinamik secara berulang, serta kemungkinan kegagalan akibat kelelahan struktur (*fatigue failure*) dan lain-lain.

Apabila faktor keamanan sangat rendah, maka kemungkinan kegagalan akan menjadi tinggi dan karena itu desain strukturnya tidak diterima. Sebaliknya jika faktor keamanan sangat besar, maka strukturnya akan menjadi boros bahan dan kemungkinan tidak sesuai dengan fungsinya misalnya menjadi sangat berat

Pada sistem akuisisi data antara sensor dengan bagian pemroses data dihubungkan dengan kabel yang panjang karena jaraknya berjauhan, maka sinyal listrik yang dihasilkan sensor akan melemah dan bahkan hilang di perjalanan. Untuk itu perlu dipasang rangkaian penguat *Pre-Amplifier* dan *Buffer* agar sinyal tersebut cukup kuat sampai di bagian pengolah dan penampil data. Rangkaian ini sering disebut juga pengkondisi sinyal (*signal conditioner*), dimana besarnya sinyal keluaran harus cukup untuk dimasukkan ke kartu akuisisi data (*Data Acquisition Card*).

Data Acquisition Card adalah piranti yang berbentuk kartu standar *PCI bus* yang berfungsi sebagai fasilitas masukan dan keluaran data. Piranti ini dipasang pada slot PCI dalam komputer. Jika parameter yang akan diukur terdiri dari banyak saluran, maka digunakan kartu akuisisi data dengan banyak masukan, biasa disebut *Multichannel DAS*. Pada piranti ini, jika sejumlah besaran harus dibaca secara simultan maka *Time Division Multiplexing (TDM)* digunakan untuk mengontrol pembacaan masukan (*input*). *Multiplexer*, adalah komponen yang tersusun dari sejumlah *switch analog* yang mempunyai keluaran (*output*) terhubung secara bersama membentuk *output* tunggal. Pada gambar 3 ditunjukkan blok diagram *Multichannel DAS*.^[6]



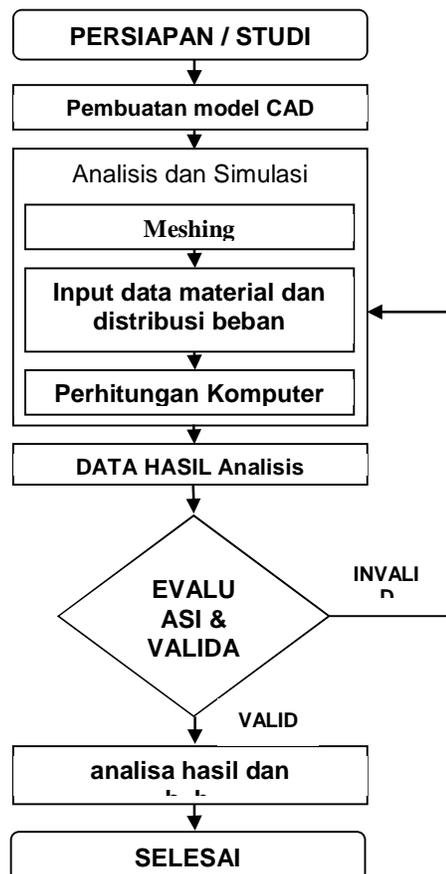
Gambar 3. Multichannel DAS

Dalam konfigurasi seperti dalam Gambar 5 di atas, mikroprosesor menghasilkan: sinyal kontrol untuk rangkaian *sample-and-hold*. Sinyal *start* digunakan untuk memulai perintah menjalankan konversi *Analog to Digital Converter (ADC)*, saat akhir konversi ADC ditandai dengan keluarnya sinyal *End of Conversion (EOC)*, sinyal EOC ini menandakan bahwa data yang diterima sudah *valid*. Sinyal kanal alamat (*address channel*) digunakan untuk pengontrolan kanal *input multiplexer*. Proses membuka atau menutupnya *switch* dikontrol dengan *address channel input*, dimana *logic input* dikodekan dengan sejumlah bit. Satu bit *address channel* dapat mengontrol 2 kanal, dan n bit dapat mengontrol sejumlah 2n kanal. *Multiplexer* yang umum terdiri atas empat, delapan atau

enam belas kanal. Misalnya sebuah *multiplexer* enam belas kanal mempunyai enam belas kanal masukan yang disimbolkan dengan kanal 0 sampai dengan kanal 15.

2. METODOLOGI

Langkah kerja untuk analisis dirancang dengan metode sebagai berikut: Persiapan/studi yaitu dilakukan dengan membaca literatur berkaitan penelitian dan metode yang digunakan. Pembuatan model CAD rangka dilakukan menggunakan *software* Inventor. Analisis dan simulasi dilakukan menggunakan *software* Ansys dengan cara meng-import CAD ke *software* Ansys untuk kemudian dilakukan proses meshing (membagi model kedalam elemen-elemen), selanjutnya diinputkan properti material HSLA dan pemberian pembebanan serta *support /constrain* sesuai dengan kondisi riil untuk selanjutnya proses perhitungan tegangan yang ditimbulkan akibat pembebanan, *safety factor* dan deformasi dilakukan dalam *software* Ansys. Prosesnya menggunakan analisis *static structural* dan data yang dihasilkan berupa *equivalen stress (Von-Mises)*, *safety factor*, dan *deformation*. Setelah itu hasilnya dianalisis. Diagram alir dari proses ini ditunjukkan pada gambar4^[3]



Gambar 4. Diagram Alir Proses Analisis

Sistem data akuisisi terkomputerisasi untuk menampilkan citra, sedangkan pada sistem kendali yang digunakan untuk menggerakkan *conveyor* menggunakan *inverter*

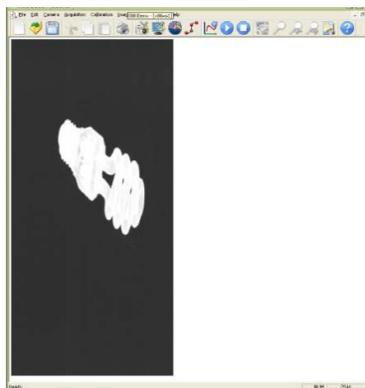
yang divariasikan dengan variabel frekuensi sampai dengan 60 HZ pada kecepatan maksimumnya. Variabel kecepatan konveyor ini disesuaikan dengan kebutuhan kecepatan pemindai citra hasil dari serapan gama. Blok diagram sistem kendali inverter diperlihatkan pada gambar 5 berikut :



Gambar 5. Blok Diagram Sistem Kendali Inverter

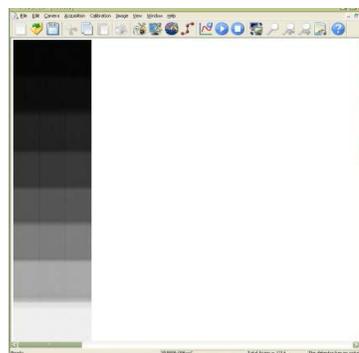
Untuk pengujian sistem kendali dan sistem data akuisisi pada portal monitor terlebih dahulu dilakukan kalkulasi analitis kemudian untuk mengetahui kestabilan sistem kendali dilakukan pengujian P,I dan D. Setelah hasil tersebut diketahui dilakukan pengujian sistem kendali melalui jaringan internet dengan protokol *Transfer Control Protocol Internet Protocol (TCPIP)*.

Pada pengujian sistem data akuisisi dilakukan kalibrasi sistem terlebih dahulu, kemudian dilakukan pengujian yang diintegrasikan dengan sistem kendali dengan variabel kecepatan yang bervariasi. Inisialisasi tampilan sistem ditampilkan pada gambar 6.^[5]



Gambar 6 . Menu utama tampilan awal sistem akuisisi data line scan camera

Tahap akhir dari proses kalibrasi adalah menampilkan hasil level sinyal yang berbeda dengan dua titik kalibrasi seperti diperlihatkan pada gambar 7 berikut :^[6]

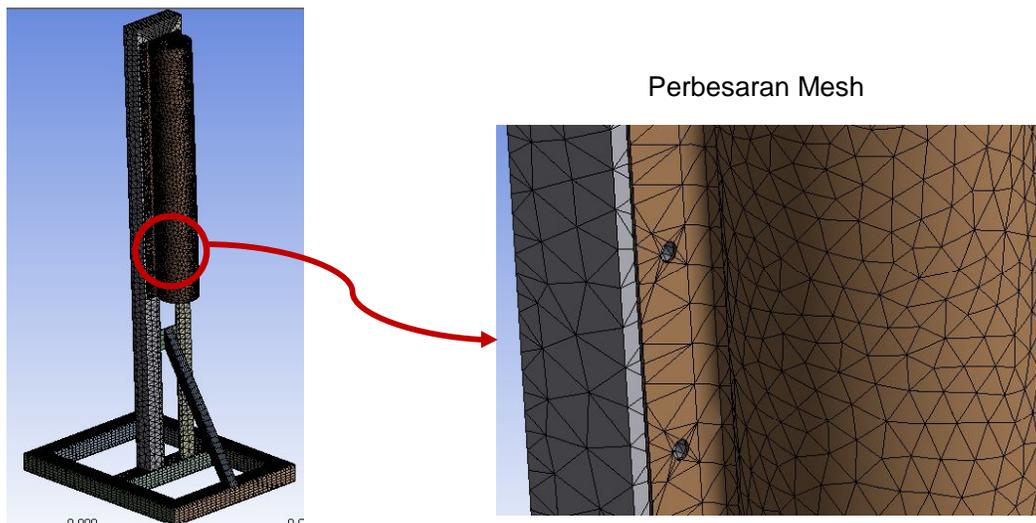


Gambar 7. Hasil Level sinyal yang berbeda dengan 2 titik kalibrasi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis kekuatan beban

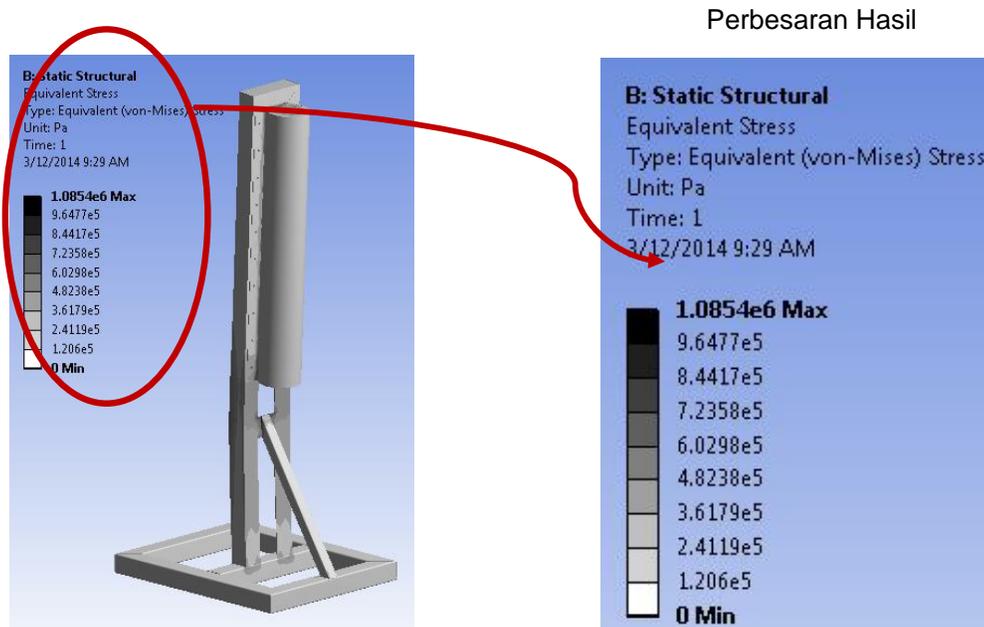
Kegiatan analisis sistem mekanik diawali dengan meshing. Meshing adalah proses membagi geometri model solid menjadi elemen-elemen dan setiap elemen mempunyai node. Setiap node mempunyai derajat kebebasan dimana gaya akan terdistribusi ke setiap elemen. Semakin banyak node maka hasilnya semakin mendekati kondisi aslinya. Namun perlu diperhatikan kemampuan komputer yang digunakan untuk melakukan analisis, karena dengan bertambahnya node diperlukan perhitungan yang semakin banyak sehingga membutuhkan spesifikasi komputer yang tinggi. Hasil meshing pada analisis ini terdiri dari 132182 node dan 43947 elements dan dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Hasil meshing

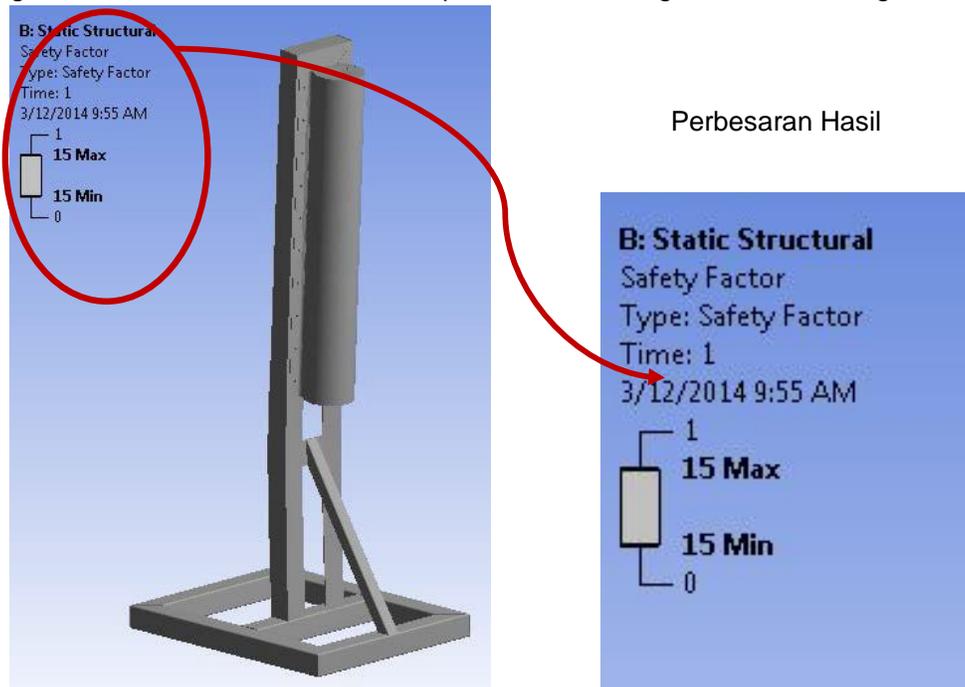
Hasil analisis tegangan maksimum (von mises stress)

Tegangan maksimum dalam hal ini *equivalent stress (Von-Mises)* yang terjadi adalah sebesar $1,0854 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ seperti terlihat pada gambar 9, sehingga struktur tersebut dapat dikatakan aman karena masih di bawah tegangan maksimum yang diijinkan material yaitu sebesar $2,5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ untuk material karbon steel.



Gambar 9. Hasil analisis tegangan maksimum

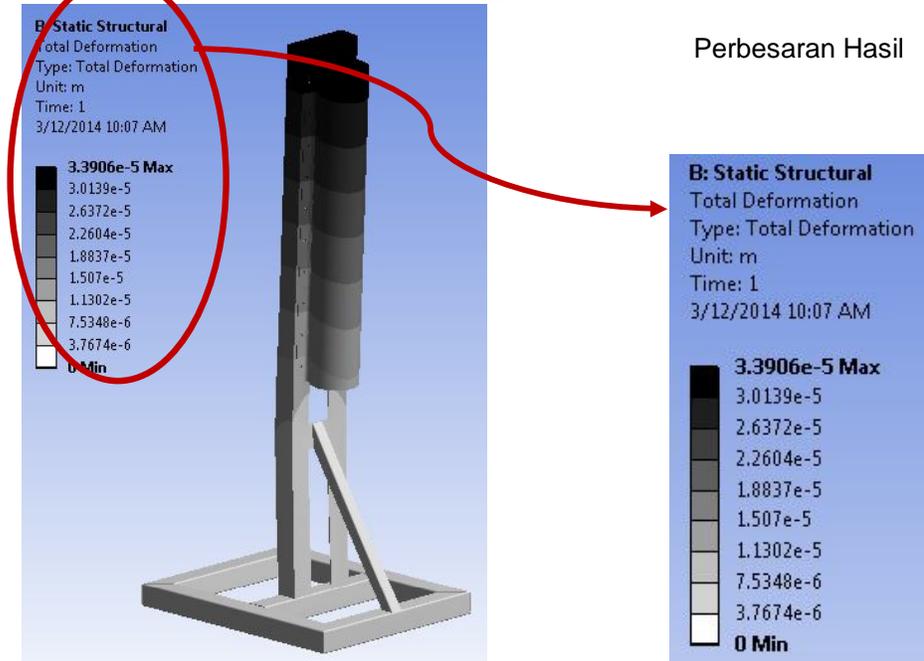
Safety factor tegangan maksimum dalam hal ini *equivalent stress (Von-Mises)* yang terjadi adalah minimum 15 dan maksimum 15 dan hasilnya dapat dilihat pada gambar 10. Dalam hal ini desain dapat dikatakan sangat aman untuk digunakan.



Gambar 10. Hasil analisis *safety factor*

Hasil Analisis Deformasi maksimum

Dari hasil analisis didapatkan peralihan/ deformasi maksimum sebesar 0,000033906 mm seperti terlihat pada gambar 11.



Gambar 11. Hasil analisis Deformasi

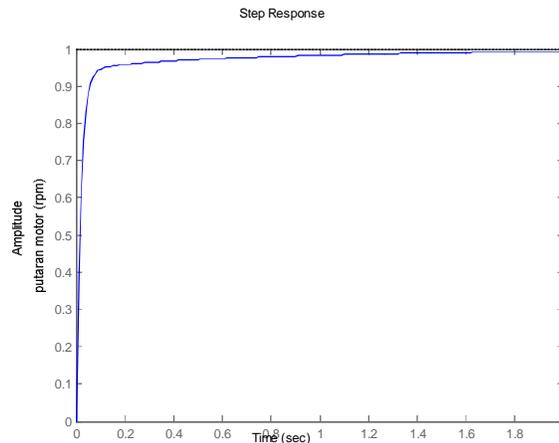
Hasil analisis struktur menggunakan software Ansys dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 1. Rangkuman hasil simulasi dengan software analisis

No	Hasil Analisis	Pembebanan	Deformasi	Nilai Batas
1	Tegangan Maksimum (Equivalent von-mises stress)	93 N	$1,0854 \times 10^6$ N/m ²	$2,479 \times 10^8$ N/m ²
2	Safety Factor	93 N	15 (Min and Max)	1 - 10
3	Peralihan/ Deformation	93 N	0,000033906 mm	4,942 mm

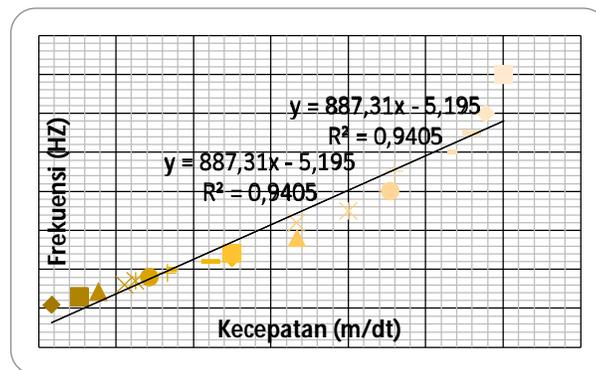
1.2. Pengujian Sistem Kendali

Pada gambar 10 ditampilkan respon dari step signal P, I, dan D untuk nilai Kp=350 dan Ki=300 dan Kd=50. seperti ditampilkan pada gambar 12 berikut :



Gambar 12. Respon step signal P,I D

Gambar 12 di atas menunjukkan sistem kendali pada daerah transien tidak menunjukkan overshoot pada daerah transien detik 0 s/d 1.8. Setelah detik tersebut sistem mengalami kestabilan. Selanjutnya sistem kendali dikatakan stabil, dimana operator siap melakukan pengoperasian kendali inverter dari ruangan lain. Hasil Pengoperasian sistem kendali inverter diperoleh hubungan variabel frekuensi dengan kecepatan benda uji seperti diperlihatkan pada gambar 13.

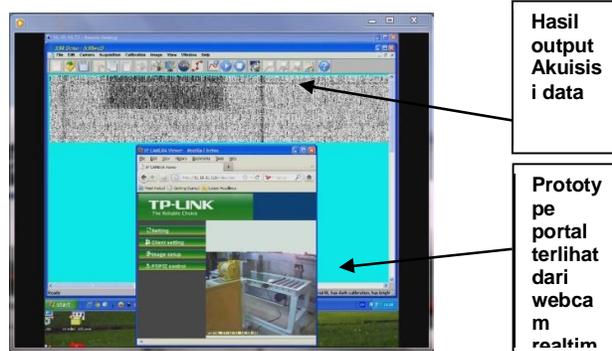


Gambar 13. Frekuensi Vs Kecepatan

Pada gambar 13 menunjukkan hubungan yang linier pada rentang tertentu, antara frekuensi dengan kecepatan. Dari hasil tersebut dapat dianalisis terhadap kebutuhan pengambilan frame data dari camera gama, dengan kecepatan terendah sebesar 0,0017 m/dtk yang dioperasikan pada frekuensi 1 HZ. Sedangkan kecepatan tertinggi benda uji adalah 0,0601 m/dtk yang dioperasikan dioperasikan pada frekuensi 60 HZ. Perlu penelitian lebih lanjut, mengingat kemampuan inverter yang dimiliki maksimum hanya sebesar sekitar 1 km/jam.

Karakterisasi Sistem Akuisisi Data

Hasil pengujian sistem akuisisi data yang dioperasikan secara terintegrasi dengan sistem kendali jarak jauh melalui jaringan internet menunjukkan bahwa sistem data akuisisi dapat berfungsi dengan baik.



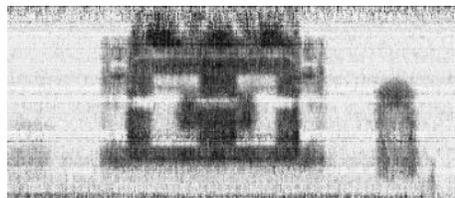
Gambar 14. Frame dari hasil rekaman video dikendalikan dari jaringan internet

Hasil image pengujian sistem akuisisi data dengan obyek benda uji berbentuk kontaktor dan metal berbentuk silinder yang diletakkan di sampingnya, seperti diperlihatkan pada gambar 15 berikut :



Gambar 15. Foto benda uji kontaktor dan metal silinder

Hasil pengujian benda uji berbentuk kontaktor dan metal berbentuk silinder yang diletakkan di sampingnya menampilkan image yang diperlihatkan pada gambar 16 berikut :



Gambar 16. Hasil image kontaktor dan metal silinder

Tampilan hasil image pada gambar 16 menunjukkan hasil gambar yang belum memuaskan. Hal ini disebabkan karena sumber yang dipakai terlalu kecil. Pada penelitian selanjutnya akan menggunakan sumber yang lebih besar dan akan diuji coba beberapa model benda uji dengan kecepatan yang berbeda.

4. KESIMPULAN

Telah dilakukan analisis dan pengujian pada sistem portal monitor pencitraan peti kemas. Pada analisis sistem mekanik diperoleh Desain support atau rangka pemegang sumber Cs^{137} 250 mC yang digunakan pada perangkat Portal Monitor Pencitraan Petikemas dengan pembebanan 93 N dari beban sumber dan tempatnya memenuhi

kriteria aman karena tegangan yang ditimbulkan sebesar $1,0854 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ masih jauh di bawah tegangan yang diijinkan sebesar $2,5 \times 10^8 \text{ N/m}^2$. Dari hasil analisis menunjukkan bahwa *safety factor* minimal dan maksimal 15 sehingga memungkinkan untuk memperkecil struktur sehingga *safety factor* berada antara 1 sampai 10 yang berdampak pada penghematan biaya produksi struktur.

Pada pengujian yang meliputi sistem kendali jarak jauh melalui jaringan internet yang diintegrasikan dengan sistem akuisisi data terkomputerisasi. Hasil pengujian yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem kendali jarak jauh dan sistem akuisisi data dapat berfungsi dengan baik. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dilakukan rekayasa perangkat lunak (software engineering) supaya hasil image lebih baik dengan menggunakan teknologi image processing dan filter digital.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] KHAIRUL HANDONO, dkk, *Rancang Bangun Sistem Kendali Conveyor pada Protipe Monitor Peti Kemas Dengan Teknik Serapan Sinar Gama*, Prosiding PPI, PTAPB-BATAN Yogyakarta, 2011.
- [2] KHAIRUL HANDONO, YULIAN ALVANO, A. FITRI DIAN, *Karakterisasi Prototipe Portal Monitor Menggunakan Sumber Cs¹³⁷ 250 mCi*, Prosiding PPI, PTAPB-BATAN Yogyakarta, 2012.
- [3] MUHAMMAD AWWALUDDIN, dkk. *Analisis Statik Support Pemegang Sumber pada Prototipe Pencitraan Peti Kemas Menggunakan ANSYS*, Jurnal Perangkat Nuklir, 2014
- [4] JAMES M. GERE, STEPHEN P. TIMOSHENKO., *Mekanika bahan*, edisi kedua versi SI., Alih bahasa Hans J. Wospakrik Institut Teknologi Bandung 1996 Penerbit Erlangga.
- [5] ANONYMOUS, *CT-2000ES AC Servo Motor Manual*, CUTES Corporation, Taiwan, 2008
- [6] PRIMIS HILL, MCGRAW, *Shigley's Mechanical Engineering Design*, eighth edition, Budynas-nisbett. 2005.