

## PENGEMBANGAN DAN ANALISIS ERGONOMI KURSI OPERATOR MESIN VULKANISIR BAN DENGAN METODE *REVERSE ENGINEERING*

Yuni Hermawan<sup>1</sup>

### **ABSTRACT**

*The likelihood of complaints occurring in the tire retreading machine operator is very possible especially if the seats are not as ergonomic. This situation occurs and will be redesign chair process machine operators with a method of tire retreading Reverse Engineering (RE) with respect to ergonomic aspects. By analysis using finite element software simulations, we can determine the voltage that occurs in part the concept of tire retreading machine operator seat. So it can be seen clearly the force distribution that occurs in material unit concept tire retreading machine operator seat. To calculate the material strength analysis by finite element software can use the help of CATIA V5R14 software. This is intended to get maximum results and an accurate analysis. After the experiment, the voltage that occurs on a cushion of  $1.81 \times 10^6$  N/m<sup>2</sup> located on the bottom face of the middle cushion while the minimum working voltage is  $1.81 \times 10^5$  N/m<sup>2</sup> located on the bottom front cushion edges. The voltage that occurs on a cushion of  $1.27 \times 10^8$  N/m<sup>2</sup> located at the base of the curved pipe connections while the minimum working voltage is  $1.27 \times 10^7$  N/m<sup>2</sup> located at the base of a straight pipe connection. Ergonomics analysis obtained by using the method Rula when operators run the machine has the injury risk rate value is 2, which shows the attitude of the body is acceptable and do not need to be changed for the long term.*

*Keywords: ergonomic, chair operator and reverse engineering.*

### **PENDAHULUAN**

Ban vulkanisir adalah ban yang lebih tua yang telah dilapis ulang dengan karet veneer tapak. Ban vulkanisir dianggap menjadi cara yang efektif untuk mendaur ulang ban bekas dan mengurangi jumlah karet yang berakhir di landfill. Bagi orang-orang yang dengan anggaran yang ketat, vulkanisir ban ini juga dapat memungkinkan untuk mengganti ban aus tanpa menimbulkan banyak biaya. Sementara proses yang tepat untuk vulkanisir ban sedikit bervariasi dari satu produsen ke yang lain, tugas penting melibatkan mengambil ban yang dalam kondisi baik dan menambahkan satu lapisan karet di atas tapak yang usang. Ini menginjak penggantian adalah menempel pada ban asli menggunakan metode yang membantu untuk obligasi veneer ke ban yang lebih tua yang sangat kuat sehingga sulit bahkan tidak mungkin untuk membedakan antara ban vulkanisir dan ban baru. Kualitas ikatan juga penting sebagai ukuran keselamatan, karena obligasi harus cukup kuat untuk menghalangi veneer dari memisahkannya setelah hanya jangka pendek digunakan. Vulkanisir ban dibuat untuk hampir semua jenis kendaraan roda yang bergerak jalan umum. Mobil adalah salah satu contoh yang paling umum dari kendaraan yang menggunakan ban vulkanisir.

Namun, itu tidak biasa bagi perusahaan truk untuk menggunakan ban vulkanisir di kedua transportasi jarak pendek dan jarak jauh van dan rig besar. Karena catatan keselamatan terbukti kualitas ban vulkanisir, ada keyakinan penuh bahwa ban akan terus dengan baik dan memberikan nilai adil perjalanan aman bagi sopir truk. Secara umum, ban vulkanisir biaya bisa di mana saja dari setengah sampai dua pertiga dari harga ban baru. Untuk keluarga yang harus mengoperasikan dua mobil dan juga tinggal di dalam anggaran, pembelian ban vulkanisir cukup masuk akal. Biaya rendah membawa manfaat dari meningkatnya jumlah keselamatan atas terus mengoperasikan kendaraan dengan ban yang sangat sedikit tapak tersisa.

---

<sup>1</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

Sementara banyak produsen berusaha keras untuk memastikan ban vulkanisir mereka adalah kualitas tertinggi, penting untuk dicatat bahwa beberapa retreaders melakukan sedikit lebih dari memenuhi persyaratan dasar. Untuk alasan ini, adalah ide yang baik untuk menyelidiki bagaimana penyedia diberikan vulkanisir ban yang lebih tua dan mencari produk yang membawa setidaknya terbatas garansi .

Masalah sikap kerja yang dihadapi oleh operator pada waktu menjalankan mesin vulkanisir ban akibat dari kursi kerja yang tidak ergonomis adalah menimbulkan sikap kerja paksa seperti: membungkuk, mengangkat lengan, dan bahu dalam keadaan terangkat. Menurut OSHA resiko yang potensial sering terjadi pada pekerja adalah:

1. Pekerja seringkali menjaga postur bahu, siku, dan pergelangan tangan yang kaku pada saat menjahit karena tinggi atau posisi kursi yang tidak sesuai dengan antropometri pekerja.
2. Pekerja harus duduk dalam jangka waktu yang lama dalam satu posisi yang sama, yang berakibat pada rasa sakit di punggung, leher, pantat, dan mengurangi sirkulasi ke kaki.

Dari uraian diatas, yang menjadi masalah utama dan perlu segera dilakukan perbaikan adalah masalah kursi kerja yang tidak sesuai dengan antropometri operator. Masalah ergonomi tersebut apabila tidak segera diperbaiki, tentunya akan dapat memberikan beban berlebihan, menimbulkan keluhan muskuloskeletal yang akan diikuti oleh menurunnya tingkat produktivitas kerja. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian dalam upaya mengatasi masalah yang muncul. Untuk maksud tersebut dilakukan penelitian berupa perbaikan-perbaikan kondisi kerja. Upaya pendekatan partisipasi dengan operator mesin vulkanisir ban dan pihak perusahaan menunjukkan hasil bahwa alternatif perbaikan yang dipilih adalah perbaikan kursi kerja sesuai antropometri operator.

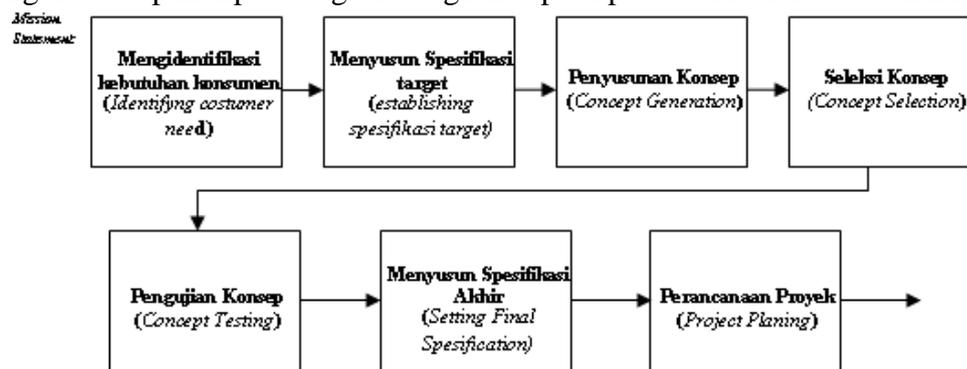
Untuk memperbaiki kekurangan rancang bangun kursi tersebut, maka perlu dilakukan pengembangan kursi operator mesin vulkanisir ban dengan suatu metode, dan metode ini harus bisa digunakan untuk memperbaiki dan mengembangkan kursi operator mesin vulkanisir ban dengan efisien dan biaya yang rendah. Berbagai metode/cara pengembangan produk yang dapat dipakai untuk mengembangkan kursi operator mesin vulkanisir ban yaitu metode RCA, FMEA, metode *Ulrich, Pahl & bectz*, Metode *Reverse Engineering* (RE). *Reverse Engineering* banyak dimanfaatkan oleh industri-industri besar, industri otomotif, seperti toyota, honda, general motor, ford dll. Metode *Reverse Engineering* dapat digunakan secara sederhana yaitu; produk yang sudah ada dilepas, kemudian diukur, setelah itu dilakukan perbaikan atau dirancang kembali dan pada proses terakhir dibuat prototipe serta pengujiannya

## TINJAUAN PUSTAKA

### Pengembangan Konsep

Inti dari perencanaan desain adalah terletak pada pengembangan konsep. Ulrich mengemukakan bahwa konsep desain adalah kombinasi antara lisan, tulisan dan bentuk prototipe yang akan dilakukan perbaikan dan bagaimana pelanggan menunjukkan keuntungan/kerugiannya.

Pengembangan konsep meliputi langkah-langkah seperti pada Gambar 1 dibawah ini :



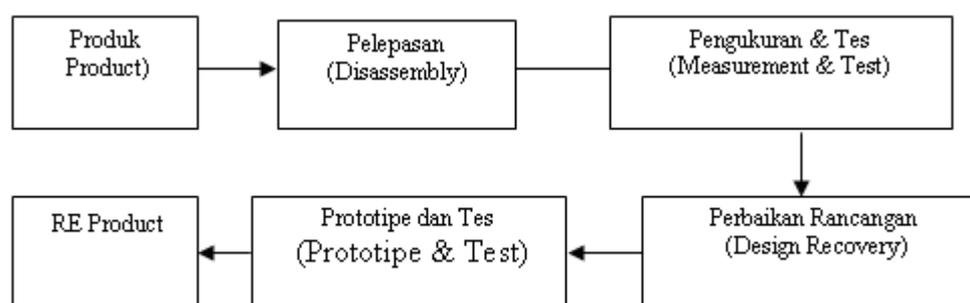
Gambar 1. Langkah-langkah pengembangan konsep (Ulrich, 2000)

Identifikasi produk, merupakan hal pertama yang harus dilakukan. Informasi ini secara formal disebut sebagai pernyataan misi (*mission statement*). Proses pengembangan konsep (Ulrich, 2000) mencakup kegiatan-kegiatan sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi Kebutuhan Konsumen (*Identifying Costumer Needs*)  
Sasaran kegiatan ini adalah untuk memahami kebutuhan konsumen dan menghubungkan secara efektif kepada tim pengembangan. Output dari langkah ini adalah sekumpulan pernyataan kebutuhan pelanggan yang tersusun rapi, diatur dalam daftar secara hierarki, dengan bobot-bobot kepentingan untuk tiap kebutuhan.  
Tujuan metode identifikasi kebutuhan pelanggan adalah :
  - a. Meyakinkan bahwa produk telah difokuskan terhadap kebutuhan konsumen.
  - b. Mengidentifikasi kebutuhan konsumen yang tersembunyi dan tidak terucapkan (*latent needs*) seperti halnya kebutuhan yang eksplisit.
  - c. Menjadi basis untuk menyusun spesifikasi produk.
2. Menyusun Spesifikasi Target (*Establishing Target Spesification*)  
Spesifikasi merupakan terjemahan dari kebutuhan konsumen menjadi kebutuhan secara teknis. Output dari langkah ini adalah suatu daftar spesifikasi target. Proses pembuatan target spesifikasi terdiri dari 3 langkah :
  - a. Menyiapkan daftar matrik kebutuhan dengan tingkat kepentingan yang diturunkan dari tingkat kepentingan kebutuhan yang direfleksikannya.
  - b. Mengumpulkan informasi tentang pesaing dan mengkombinasikannya dengan tingkat kepuasan dari pelanggan produk pesaing..
  - c. Menetapkan nilai target ideal dan marginal yang dapat dicapai untuk tiap matrik.
3. Penyusunan Konsep (*Concept Generation*)  
Pada tahap ini hal yang dilakukan adalah :
  - a. Menentukan spesifikasi teknis dari kursi operator mesin vulkanisir ban yang akan dirancang seperti model dan bentuk dasar rangka.
  - b. Menentukan besar persentil dari antropometri masyarakat Indonesia yang digunakan untuk perancangan kursi operator mesin vulkanisir ban
  - c. Memilih material komponen rangka kursi mesin operator vulkanisir ban yang sesuai dengan persyaratan produk.
4. Seleksi Konsep (*Concept Selection*)  
Pemilihan konsep merupakan kegiatan memilih berbagai konsep dianalisis secara berturut-turut, kemudian dieliminasi untuk mengidentifikasi konsep yang paling menjanjikan.  
Pemilihan konsep terdiri atas dua tahap, yaitu :
  - a. Penyaringan konsep  
Tujuan penyaringan konsep adalah mempersempit jumlah konsep secara cepat dan untuk memperbaiki konsep.
  - b. Penilaian konsep  
Pada tahap ini, tim memberikan bobot kepentingan relatif untuk setiap kriteria seleksi dan memfokuskan pada hasil perbandingan yang lebih baik dengan penekanan pada setiap kriteria.

### **Reverse Engineering**

*Reverse Engineering (RE)* adalah suatu langkah proses pengembangan data teknik untuk mendukung efisiensi sumber daya dan untuk meningkatkan produktifitas. Dalam RE Data yang akurat untuk pengembangan jangka waktu panjang dan alat bantu untuk kapabilitas teknik adalah merupakan yang paling utama. Sukses pada *reverse engineering* umumnya diukur dengan kembalinya jumlah modal dalam waktu tertentu. Demikian pula sukses RE juga diukur dari efektifitas menyeluruh dari objektif jangka panjang dan pendek. Berikut ini perbedaan antara *traditional design process* dengan *reverse engineering*. Yaitu dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram *Traditional design process* dan *RE Design Process* [Kevin Otto & Kristin Wood, 2001]

Dari gambar diagram diatas dapat dilihat bahwa pada proses perancangan tradisional, produk dibuat setelah ada permintaan dari pelanggan kemudian dirancang dan dibuat prototipe serta dites, setelah itu baru dibuat produk baru. Sedangkan pada design proses RE, produk yang sudah ada dilepas dan diukur jika perlu dites, pada proses ini dilakukan pengukuran dimensi dari masing-masing bagian yang telah dilepas (dis-assembly) kemudian dites *fitting* atau diukur dimensinya dan diidentifikasi geometrinya. Proses selanjutnya adalah dibuat prototipe dan terakhir dilakukan pengujian prototipe. Jika prototipe sudah memenuhi spesifikasi, maka produk dapat dibuat kembali dan siap dipasarkan.

Hal-hal penting dalam Reverse Engineering (RE) adalah

1. RE adalah suatu rangkaian produksi
2. RE goals adalah menghasilkan suatu produk/komponen dengan efisiensi tinggi dan berkualitas dengan biaya yang rendah.
3. RE mengidentifikasi kelemahan sistem dalam berbagai hal.
4. Pada pembuatan produk RE dokumen yang baru untuk menyokong peralatan dan sistem dokumen pemeliharaan peralatan adalah hal yang sangat penting.

Adapun keuntungan dari Reverse Engineering (RE) adalah

1. RE ditargetkan juga untuk memodernisasi komponen singular dari suatu sistem, bukan sistem yang dikehendaki untuk meningkatkan sistem produksi.
2. RE adalah sebagai *Quality Function*; RE memakai TQM. Dimana TQM adalah sebuah proses untuk me-manaj (menangani) pekerjaan yang didasarkan atas evaluasi analisis proses pekerjaan. RE juga mengikuti jaminan mutu ISO 9000. RE banyak dimanfaatkan pada sistem produksi. Sebagian besar sistem, baik sumber daya manusia maupun manufaktur, dapat memakai proses RE untuk meningkatkan efisiensi dan produktifitas.

### **Ergonomi - Rapid Upper Limb Assessment**

Dari metode yang dikemukakan oleh Wiedhi Akbar Nugroho dalam tugas akhirnya “*Design Of Tricycle Bike* “. *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) merupakan metode yang dikembangkan untuk menghasilkan penilaian secara cepat terhadap beban dari sistem kerangka dan otot individu pekerja karena faktor resiko. Faktor resiko yang diamati dikenal sebagai faktor beban luar, yang terdiri dari: Jumlah dari pergerakan, Kerja otot secara statis, Gaya dan Sikap kerja.

Untuk menghasilkan sebuah metode kerja yang cepat untuk digunakan, tubuh dibagi dalam segmen-segmen yang membentuk dua kelompok atau grup yaitu grup A dan B. Grup A meliputi bagian lengan atas dan bawah, serta pergelangan tangan. Sementara grup B meliputi leher, punggung dan kaki. Hal ini untuk memastikan bahwa seluruh postur tubuh terekam, sehingga segala kejanggalan atau batasan postur oleh kaki, punggung atau leher yang mungkin saja mempengaruhi postur anggota tubuh bagian atas dapat tercakup dalam penilaian.

Jangkauan gerakan untuk tiap bagian tubuh dibagi dalam bagian-bagian berdasarkan kriteria yang berasal dari literatur-literatur terkait yang telah ada. Bagian-bagian ini diberi angka, kemudian angka 1 diberikan pada jangkauan gerakan atau postur kerja yang memiliki faktor-faktor resiko paling kecil atau minimal. Angka yang lebih besar diberikan pada bagian

jangkauan gerakan dengan postur yang lebih ekstrim yang menunjukkan peningkatan kehadiran faktor resiko yang menyebabkan beban pada struktur segmen tubuh.

Nilai akhir menandakan perkiraan terjadinya resiko kecelakaan yang disebabkan karena beban pada sistem otot dan rangka menggunakan angka 1 sampai 7. Sikap tubuh yang mempunyai range nilai 1 dan 2 menunjukkan bahwa sikap tubuh tersebut diterima dan tidak perlu dirubah untuk jangka panjang. Nilai 3 dan 4 menandakan bahwa sikap kerja berada diantara range gerakan yang ditentukan akan tetapi untuk kerja berulang-ulang investigasi lebih lanjut diperlukan dan perubahan terhadap sikap tubuh hanya sebatas masukan. Nilai 5 dan 6 menunjukkan bahwa sikap kerja berada diluar range gerakan yang ditentukan. Oleh karena itu diperlukan suatu pengecekan atau investigasi dan adanya perubahan terhadap sikap tubuh untuk jangka pendek dan panjang. Nilai 7 menunjukkan bahwa terjadinya kelebihan beban, sehingga perubahan sikap tubuh harus dilaksanakan baik untuk jangka pendek maupun panjang.

Pengecekan atau investigasi nilai akhir perkiraan terjadinya resiko kecelakaan dengan jangkauan nilai tertentu ditunjukkan pada Tabel 2.4 di bawah ini

Tabel 1 Jangkauan nilai tingkat resiko cedera

Range Nilai	Warna	Kemungkinan timbul cedera pada postur tubuh
1 dan 2	Hijau	Dapat Diterima
3 dan 4	Kuning	Penyelidikan Lebih Jauh Dibutuhkan Dan Mungkin Saja Perubahan Diperlukan
5 dan 6	Orange	Penyelidikan Dan Perubahan Dibutuhkan Segera
7	Merah	Penyelidikan Dan Perubahan Dibutuhkan Seseberapa Mungkin (Mendesak)

Sumber : rula.co.uk

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini direncanakan akan dilakukan pada operator mesin ban vulkanisir di kota Jember. Kegiatan ini meliputi tahap wawancara kepada operator serta tahap perancangan dan pengembangan produk. Waktu penelitian akan dilaksanakan pada bulan Desember 2010. Alat bantu yang digunakan pada penelitian ini Software CATIA

Adapun langkah-langkah yang diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

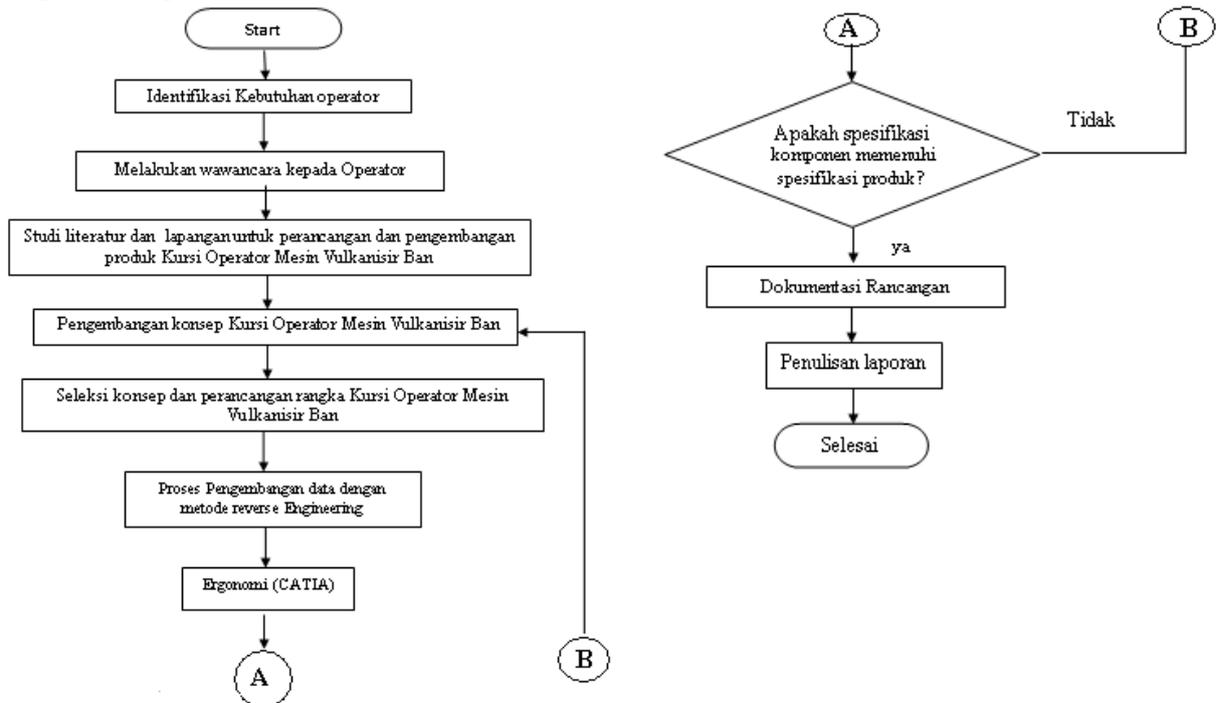
1. Melakukan wawancara kepada operator vulkanisir ban.
2. Pengembangan konsep.
3. Seleksi konsep.
4. Gambar teknik.
5. Melakukan Reverse Engineering produk pada kursi operator vulkanisir ban.
6. Analisa kenyamanan (ergonomi) ditinjau dari data dimensi tubuh manusia Indonesia (anthropometri) dan metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA).
7. Menyimpulkan hasil penelitian.

Model rangka pada prototipe kurang memenuhi estetika, pada gambar dibawah ini dapat diketahui bahwa bentuk rangka bagian bawah cukup banyak membutuhkan komponen sehingga dapat memperpanjang proses. Sedangkan posisi sandaran pada saat duduk posisi tubuh terlalu jauh terhadap mesin sehingga operator tidak bisa bersandar dengan nyaman.



Gambar 3. Rangka prototipe kursi operator mesin vulkanisir ban

Diagram alir penelitian:

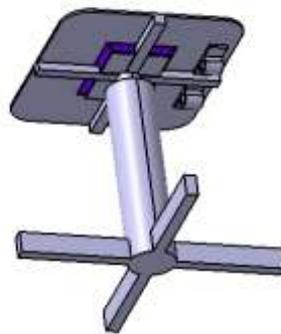


Gambar 4. Diagram alir penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Konsep Sambungan

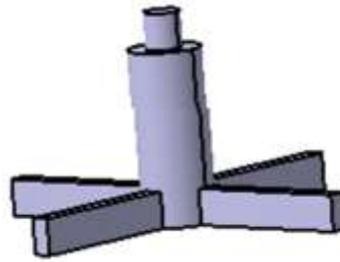
Desain komponen untuk konsep sambungan ini dirancang secara sederhana agar mudah dilepas dan mudah perawatannya, dan sambungan dibuat lebih kuat agar tidak mudah terjadi kegagalan material pada saat terkena beban operator, rangka kursi ini dapat berputar agar memudahkan operator pada menjalankan mesin vulkanisir ban. Konsep sambungan kursi dapat dilihat pada gambar 5



Gambar 5 Konsep Sambungan

### Konsep Penyangga Kursi

Pada dasarnya kaki tidak dirubah secara signifikan tapi roda yang ada pada kursi dihilangkan agar kursi tidak bergerak pindah tempat pada saat operator mengoperasikan mesin. Konsep alas penyangga Kursi (kaki-kaki) dilihat pada gambar 6

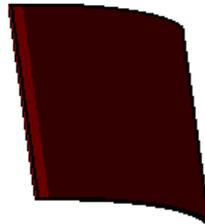


Gambar 6. Konsep alas penyangga Kursi (kaki-kaki)

Tinggi tempat duduk tidak terlalu tinggi sesuai dengan antropometri operator yang mengakibatkan sisi bawah paha tidak tertekan. Hal ini menyebabkan kenyamanan operator, karena tinggi kursi ini disesuaikan antara jarak lutut dengan kepala pada saat operator dalam posisi duduk sebesar 91 cm.

### Konsep Sandaran

Konsep sandaran yang dirancang adalah sebagai berikut; Secara umum komponen yang dibutuhkan untuk sandaran kursi lebih sedikit dan lebih mudah pembuatannya. Bentuk sandaran yang dibuat lebih sederhana dan lebih kuat karena dibuat melengkung sesuai dengan postur punggung operator. Konsep sandaran kursi dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7 Konsep sandaran

Ukuran, konfigurasi, dan lokasi sandaran adalah pertimbangan yang paling penting dan perlu untuk meyakinkan kesesuaian yang tepat antara operator dan kursi. Fungsi sandaran kursi disediakan untuk mendukung daerah pinggang atau punggung. Ini merupakan lekukan pada kursi yang lebih rendah cenderung dari pinggang kira-kira berada ditengahnya.

### Konsep Alas duduk

Alas duduk sudah diperbaiki yang pertama kali memakai busa yang apabila sering diduduki dapat tipis dan membuat operator mesin vulkanisir tidak nyaman pada saat duduk. Diganti dengan karet yang sitentis sehingga dapat menyesuaikan pantat yang duduk di kursi tersebut. Konsep sandaran kursi dapat dilihat pada gambar 8



Gambar 8. Alas duduk kursi operator mesin vulkanisir ban

### Konsep Model rangka

Model rangka pada prototipe ini dirancang sedemikian mungkin agar kursi operator mesin vulkanisir ban nyaman dan kuat saat diduduki oleh operator dan operator tetap dapat berkonsentrasi pada saat menjalankan mesin, dengan desain kursi pada rangka yang agak maju sehingga posisi operator dapat tetap tegap pada waktu mengoperasikan mesin vulkanisir dan pada saat operator menyandarkan tubuhnya ke dalam sandaran kursi operator dapat nyaman

karena posisi kursi dapat mengikuti gerakan operator pada saat duduk. Konsep sandaran kursi kursi dapat dilihat pada gambar 9

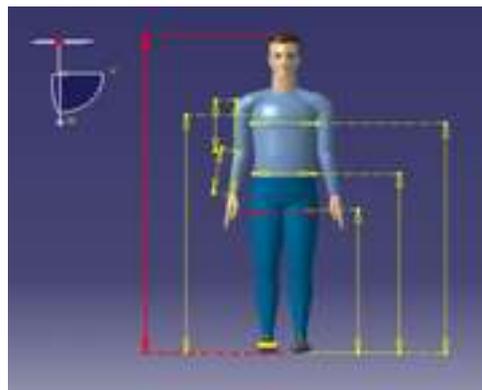


Gambar 9 Rangka prototipe kursi operator mesin vulkanisir ban

### Analisa Ergonomi

Membuat manikin merupakan langkah pertama dalam tahapan analisa permasalahan ergonomi. Untuk membuat dengan menggunakan perintah *creation manikin*, perintah ini mempunyai dua opsi yaitu *manikin* dan *option*, dimana pada perintah ini *user* dapat memilih dari jenis kelamin populasi dari suatu Negara (Amerika, Jepang, Korea, Kanada, Perancis). Model manikin yang akan dibuat (seluruh body, tangan sebelah kanan atau kiri). Adapun model *manikin* yang terpilih akan terlihat seperti Gambar 10.

Pada perancangan ini penulis mengganti data antropometri *manikin* yang telah dibuat dengan data antropometri masyarakat Indonesia yang didapat dari interpolasi masyarakat British dan Hongkong (Pheasant, 1986) terhadap masyarakat Indonesia (Sumakmur, 1989) serta istilah dimensionalnya dari Nurmianto (1991a dan 1991b), hal ini dilakukan karena tidak tersedianya manikin bangsa Indonesia.



Gambar 10. Model manikin dengan data antropometri masyarakat Indonesia

Pada metode ini sisi tubuh dianalisa secara terpisah dan sikap tubuh dibagi menjadi dua grup, yaitu grup A dan B

Sisi tubuh bagian kiri untuk grup A

- Lengan atas, *Flexion* :  $60^0$
- Lengan bawah, *Flexion* :  $40^0$
- Pergelangan tangan  
*Flexion/* :  $16^0$   
*Radial deviation/ulnar deviation* :  $0^0$

Sisi tubuh bagian kiri untuk grup B

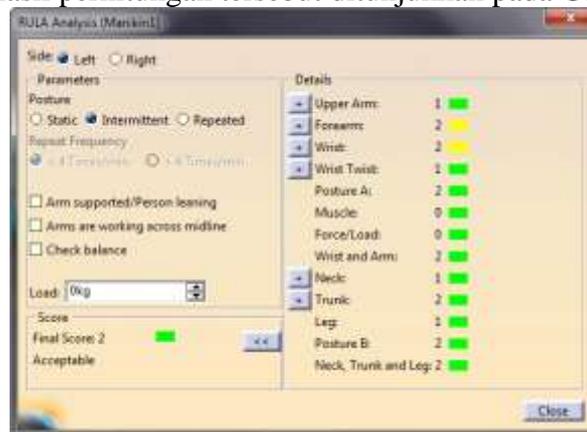
- Leher, *Flexion/ extension* :  $0^0$
- Punggung *Flexion* :  $0^0$
- Kaki, *Flexion* :  $55^0$

Dari *inputan data* diatas, maka didapatkan hasil analisa tubuh bagian kanan dengan metode RULA untuk bagian tubuh pada kondisi statis, ini ditunjukkan pada Gambar 11 dibawah ini.



Gambar 11 Hasil analisa postur tubuh dengan menggunakan metode RULA

Dari hasil analisa postur tubuh pada Gambar 11 akan dilakukan perhitungan dengan metode RULA. Adapun hasil perhitungan tersebut ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12 Hasil analisa RULA

Dapat dilihat bahwa postur tubuh seperti Gambar 12 di atas mendapat nilai 2, dimana angka tersebut menunjukkan bahwa sikap tubuh masih berada dalam range gerakan yang ditentukan baik untuk kerja berulang-ulang maupun statik (*acceptable*).

## KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Setelah melakukan reverse engineering terdapat 5 bagian kursi operator yang dilakukan perbaikan yaitu di bagian: Sambungan kursi alas penyangga, Alas penyangga kursi(kaki-kaki), Sandaran, Alas duduk, dan Rangka total kursi operator.
2. Beban maksimal pada kursi operator adalah 700 N diberikan pada alas duduk Terlihat bahwa tegangan terbesar yang terjadi masih berada di bawah tegangan ijin dari bahan itu sendiri. Tegangan yang terjadi pada alas duduk sebesar  $1.81 \times 10^6$  N/m<sup>2</sup> terletak pada bagian bawah muka alas duduk bagian tengah sedangkan tegangan minimum yang bekerja yaitu  $1.81 \times 10^5$  N/m<sup>2</sup> terletak pada bagian bawah muka alas duduk bagian pinggir.
3. Beban maksimal pada kursi operator adalah 300N diberikan pada sandaran Terlihat bahwa tegangan terbesar yang terjadi masih berada di bawah tegangan ijin dari bahan itu sendiri. Tegangan yang terjadi pada alas duduk sebesar  $1.27 \times 10^8$  N/m<sup>2</sup> terletak pada bagian sambungan pipa alas yang melengkung sedangkan tegangan minimum yang bekerja yaitu  $1.27 \times 10^7$  N/m<sup>2</sup> terletak pada bagian sambungan pipa alas yang lurus.

4. Nilai tingkat resiko cedera yang didapatkan adalah 2, dimana menunjukkan sikap tubuh tersebut diterima (*acceptabel*) dan tidak perlu dirubah untuk jangka panjang.

### Saran

1. Perlu dilakukan perancangan dan pengembangan lebih lanjut, supaya dapat memberikan kenyamanan yang lebih terhadap operator.
2. Perlu adanya produk multifungsi sehingga nilai ekonomis suatu produk akan meningkat dan juga dapat mengurangi biaya produksi.
3. 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

- Agus Saifullah . 2008. *Pengembangan Sepeda Flexi Dengan Metode Reverse Engineering*. Penelitian , Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri ITS.
- Kevin Otto & Kristin Wood, 2001. *Product Design Techniques in Reverse Engineering and New Product Development*.
- Linda theresia. 1997. *perancangan Kursi Yang Ergonomis Bagi Anak-Anak Sekolah di Indonesia*, thesis Teknik industri, ITB
- Nugroho, Wiedhi. A. 2005. *Design of tricycle bike*, Final Project, Manufacture Engineering, Sepuluh Nopember Institute of Teknologi Surabaya.
- Nurmianto, Eko. 1999. *Ergonomi konsep dasar dan aplikasinya*, Edisi pertama, Penerbit Guna Widya.
- OSH, 2005. “ *Ergonomic Chair* “. Canada s National Occupational Health & Safety Resource. <http://www.ccohs.ca/products/shop.html>.
- Rahmat Hidayatulloh . 2010. *Studi Ergonomi Perancangan dan Pengembangan Produk Tongkat Lansia Dengan Metode Quality Function Deploymen(QFD)*, Penelitian Teknik Mesin. Universitas Jember
- S.Wignjosoebroto,S.Gunani,A.Pawennari, 2008, *Analisis Ergonomi Terhadap Rancangan Fasilitas Kerja Pada Stasiun Kerja Dibagian Skiving Dengan Antropometri Orang Indonesia( Studi Kasus Di Pabrik Vulkanisir Ban )*. Jurnal. ITS, UMI Makasar
- Wardani, Laksmi. K. 2003. *Evaluasi ergonomic dalam perancangan desain*, Jurusan Desain Interior, Fakulas Seni dan Desain, Universitas Kristen Petra Surabaya.
- 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 Teknolog Sepuluh November Surabaya.