

RANCANG ULANG KURSI TAMAN DENGAN EVALUASI ERGONOMI - ANTROPOMETRI DAN BIOMEKANIK

Aifrid Agustina¹, Indra Maulana²

¹Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta
Jl. Meruya Selatan Raya no. 1 Jakarta Barat

¹Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta
Jl. Meruya Selatan Raya no. 1 Jakarta Barat 11650
Email: aifrid.agustina@mercubuana.ac.id
fhonix19@yahoo.co.id

Abstrak

Rancangan produk kursi yang banyak dijumpai dan diperjual-belikan lebih terfokus pada aspek fungsional dan kurang melihat keergonomisan produk. UD. Sumber Rejeki adalah sebuah industri yang bergerak dibidang wood working & furniture. Dengan adanya ilmu ergonomi dan studi anthropometri diharapkan dapat menganalisa desain kursi yang lama, kemudian mengusulkan perancangan kursi yang lebih ergonomis. Dalam penelitian ini dianalisa bagaimana merancang suatu kursi teras yang memperhatikan faktor ergonomi yang disesuaikan dengan kondisi fisik rata – rata orang Indonesia. Dalam perancangan ini data yang dikumpulkan adalah data anthropometri orang dewasa dengan rentang usia 20-35 tahun yang meliputi dimensi tinggi bahu duduk (TBD), tinggi siku duduk (TSD), tinggi popliteal (TP), jarak pantat popliteal/panjang popliteal (PP), siku ke tangan (ST), rentang bahu (LB), rentang pinggul (LP), dan rentang antar siku (RAS). Pengolahan data yang akan dilakukan adalah: Melakukan uji kecukupan kata, Melakukan uji keseragaman data, Menghitung nilai rata-rata (X), Menghitung nilai standar deviasi, Menghitung nilai persentil, dan merancang kursi sesuai ukuran yang telah didapatkan. Dari analisa ergonomi-biomekanika yang telah dilakukan, terlihat bahwa perancangan kursi yang baru mempunyai nilai gaya dan momen yang lebih kecil dari pada kursi yang lama, terutama pada segmen tubuh bagian tulang belakang dan pinggul. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa rancangan kursi baru lebih ergonomis dibandingkan dengan rancangan kursi lama.

Kata kunci: *Ergonomi, Antropometri, dan Biomekanik*

Pendahuluan

Latar Belakang

Perancangan produk kursi yang ada selama ini tampak masih belum banyak yang memperhatikan dan mempertimbangkan kelayakan ergonomi. Padahal keergonomisan sebuah produk ataupun fasilitas kerja yang nantinya akan digunakan/dioperasikan oleh manusia sungguh sangat penting agar bisa memenuhi kriteria- kriteria efektif, nyaman, aman, sehat dan efisien (ENASE). Rancangan produk kursi yang banyak dijumpai dan diperjual-belikan lebih terfokus pada aspek fungsional dan kurang melihat parameter parameter yang terkait dengan keergonomisan produk. Penelitian yang dilakukan berawal dari upaya mengidentifikasi parameter-parameter ergonomi yang mampu memberikan kepuasan konsumen.

Perumusan Masalah

Dari latar belakang permasalahan diatas, maka permasalahan yang muncul adalah bagaimana merancang suatu kursi teras yang memperhatikan faktor ergonomi yang disesuaikan dengan kondisi fisik rata – rata orang Indonesia.

Batasan Masalah

Penulis membatasi pembahasan dari masalah yang dikemukakan agar ruang lingkup pembahasan masalah tidak menyimpang dan tidak meluas dalam pemecahan masalah. Pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah:

- 1) Perancangan kursi yang baru hanya untuk tipe *One seater*, tidak untuk tipe atau jenis yang lain.

- 2) Data anthropometri disesuaikan dengan masyarakat Indonesia dengan pertimbangan usia antara 20 - 35 tahun.
- 3) Analisa biomekanik yang dilakukan dibatasi pada analisa biomekanik statis
- 4) Tidak menghitung biaya akibat adanya perubahan desain.

Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

- 1) Merancang kursi teras yang memadukan dimensi kursi secara ergonomis sehingga mampu memberikan kenyamanan dan mampu mengakomodasikan konsumen terhadap rancangan produk kursi. Tolak ukur kesesuaian produk kursi dalam hal ini dilihat dari aspek kelayakan ergonomi-antropometri.
- 2) Melakukan perbandingan antara desain kursi teras lama dengan desain kursi teras yang baru.

Metoda Penelitian

Studi Literatur

Pada bagian ini merupakan landasan teori yang akan digunakan dalam penulisan penelitian, Studi literatur ini bermanfaat sebagai rujukan dalam mengaplikasikan prinsip ergonomi.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data primer yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu Ukuran dan model dari kursi taman/teras yang lama. Data anthropometri tentang ukuran dimensi tubuh manusia yang diperlukan untuk mendesain kursi yang baru data anthropometri yang dikumpulkan adalah data anthropometri orang dewasa dengan rentang usia 20-35 tahun yang meliputi dimensi tinggi bahu duduk (TBD), tinggi siku duduk (TSD), tinggi popliteal (TP), jarak pantat popliteal/panjang popliteal (PP), siku ke tangan (ST), rentang bahu (LB), rentang pinggul (LP), dan rentang antar siku (RAS) ukuran tinggi badan dan berat badan. Data anthropometri diambil secara random/acak dengan cara melakukan pengukuran langsung sebanyak 50 sampel dari mahasiswa fakultas teknik jurusan teknik industri universitas Mercu Buana. Adapun data sekunder dikumpulkan melalui studi kepustakaan yang dilakukan dengan cara membaca dan mengutip informasi dari buku, skripsi, situs-situs internet, maupun dokumen-dokumen yang dimiliki oleh perusahaan.

Pengolahan Data

Pada bagian ini dilakukan pengolahan data yang sudah diperlukan pada langkah sebelumnya. Data anthropometri yang dikumpulkan dan diolah adalah data yang berhubungan dengan perancangan kursi teras. Untuk dapat melakukan analisa perbandingan antara hasil desain kursi teras/taman yang baru maka diperlukan data dari ukuran dan model dari kursi teras/taman yang lama sebagai perbandingan desain yang baru dan Pengukuran data anthropometri dilakukan dengan bantuan kursi anthropometer. Agar diperoleh data yang representatif untuk tahap pembahasan, maka perlu dilakukan pengujian data. Pengujian dilakukan agar data yang akan digunakan merupakan data yang valid atau layak untuk digunakan sebagai sarana menganalisis permasalahan, seperti uji keseragaman, dan kecukupan data. Kemudian dilakukan penghitungan persentil dari masing-masing data dimensi tubuh, Menentukan ukuran masing – masing dimensi tubuh berdasarkan persentil yang telah dihitung dan ditetapkan, Memakai data perhitungan persentil tersebut untuk perancangan.

Hasil dan Analisis

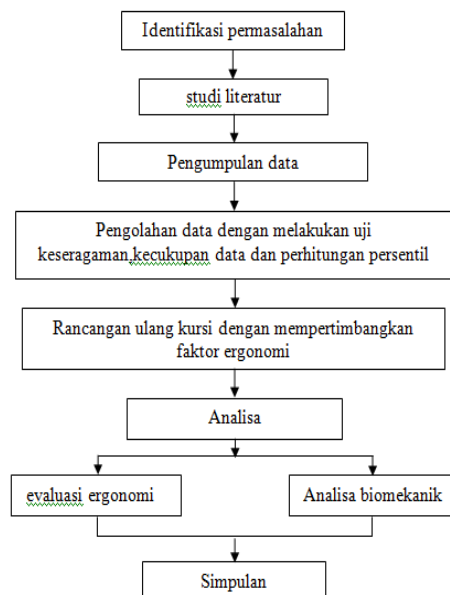
Hasil dari pengolahan data kemudian diverifikasi dengan melakukan Analisa dan evaluasi kelayakan ergonomi mengacu pada keterbatasan dimensi tubuh manusia dan akan dijadikan sebagai acuan perbandingan. Dalam hal ini akan dilakukan perbandingan antara rancangan kursi lama dengan rancangan kursi baru berdasarkan data yang diperoleh dari pengukuran anthropometri. Apakah rancangan kursi yang lama telah memenuhi kualifikasi kelayakan ergonomis atau tidak. Selanjutnya analisa Ergonomi-biomekanika akan dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh rancangan baru dari kursi betul-betul mampu memberikan kenyamanan duduk (kelayakan ergonomis).

Simpulan dan Saran

Setelah semua hipotesa yang dilandaskan pada data hasil analisis dibuat, maka dapatlah ditarik sebuah kesimpulan dari hasil penelitian yang dilakukan, kesimpulan ini merupakan hasil akhir dari penelitian yang dilakukan. Dari kesimpulan inilah dapat dimunculkan usulan-usulan yang berkaitan dengan pokok masalah yang kita angkat pada penelitian.

Tahapan Penelitian

Tahap-tahap tersebut dapat dilihat pada bagan alir (*flowchart*) sebagai berikut:



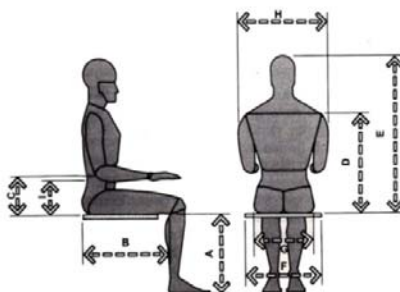
Gambar.1. Flow Chart Penelitian

Hasil dan Analisis

Untuk dapat melakukan analisa perbandingan antara hasil desain kursi teras/taman yang baru maka diperlukan data dari ukuran dan model dari kursi teras/taman yang lama sebagai perbandingan desain yang baru. Untuk ukuran dari kursi teras/taman yang lama dapat dilihat pada table, Dimensi tubuh yang diukur dalam penelitian ini merupakan dimensi tubuh yang diperlukan untuk melakukan perancangan ulang Kursi Teras yang baru. Data antropometri tentang ukuran dimensi tubuh manusia yang diperlukan untuk mendesain kursi yang baru, antara lain:

Tabel 1. Ukuran Kursi Lama

KOMPONEN	DIMENSI	UKURAN (mm)
Alas kursi	Tinggi	410
	Panjang	490
	lebar	430
Sandaran punggung	Tinggi (dari alas duduk)	460
	Lebar	490
	Sudut	90 ⁰
Sandaran tangan	Tinggi (dari alas duduk)	250
	Panjang	560
	Jarak antar sandaran	490



Gambar 2. Dimensi Anthropometri yang Dibutuhkan Bagi Perancangan Kursi

Keterangan:

- A. Tinggi lipat dalam duduk / tinggi popliteal
- B. Jarak pantat – lipatan dalam lutut / pantat popliteal
- C. Tinggi siku posisi istirahat
- D. Tinggi bahu
- E. Tinggi duduk normal
- F. Rentang antar siku
- G. Rentang pinggul
- H. Rentang bahu

Tabel 2. Hasil Perhitungan Uji Kecukupan Data

Dimensi Tubuh	N	$\sum Xi$	$\sum Xi^2$	N'	Keterangan
Tinggi popliteal (TP)	50	2106	89444	13,33	Data cukup
Panjang poplitel (PP)	50	2032	84150	30,40	Data cukup
Lebar bahu (LB)	50	2232	99944	4,93	Data cukup
Tinggi bahu duduk (TBD)	50	2711	147671	7,40	Data cukup
Tinggi siku duduk (TSD)	50	1242	31110	13,41	Data cukup
Rentang antar siku (RAS)	50	2288	104940	3,68	Data cukup
Rentang pinggul (LP)	50	1821	66603	6,80	Data cukup
Siku ke tangan (ST)	50	1889	72209	18,89	Data cukup

Analisis Dan Evaluasi Ergonomi

Analisa dan evaluasi kelayakan ergonomi mengacu pada keterbatasan dimensi tubuh manusia dan akan dijadikan sebagai acuan pembandingan. Dalam hal ini akan dilakukan pembandingan antara rancangan kursi lama dengan rancangan kursi baru berdasarkan data yang diperoleh dari pengukuran anthropometri.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Uji Keseragaman Data

Dimensi Tubuh	BKA	BKB	XMin	XMaks	Keterangan
Tinggi popliteal (TP)	49,88	34,36	35	49	Data seragam
Panjang poplitel (PP)	51,49	29,34	33	51	Data seragam
Lebar bahu (LB)	49,64	39,36	41	43	Data seragam
Tinggi bahu duduk (TBD)	61,66	46,78	47	61	Data seragam
Tinggi siku duduk (TSD)	29,42	20,26	21	29	Data seragam
Rentang antar siku (RAS)	50,18	41,43	42	49	Data seragam
Rentang pinggul (LB)	41,2	31,64	31	41	Data seragam
Siku ke tangan (ST)	46,14	29,34	31	46	Data seragam

Tabel 4. Hasil Perhitungan Nilai Persentil

Dimensi Tubuh	Hasil Perhitungan (Cm)		
	P5 th	P50 th	P95 th
Tinggi popliteal (TP)	35,75	42,12	48,48
Panjang popliteal (PP)	31,38	40,64	49,93
Rentang bahu (LB)	40,52	44,64	48,75
Tinggi bahu duduk (TBD)	48,10	54,22	60,33
Tinggi siku duduk (TSD)	21,07	24,84	28,61
Rentang antar siku (RAS)	42,12	45,76	49,39
Rentang pinggul (LP)	32,48	36,42	40,36
Siku ke tangan (ST)	30,96	37,78	44,59

Tabel 5. Perbandingan Hasil Pengukuran Dan Perhitungan Redesain Kursi

Komponen	Dimensi Kursi	Dimensi Tubuh	Ukuran Kursi lama (cm)	Ukuran kursi baru (cm)	Standar hasil pengukuran antropometri (cm)	Keterangan	
						Kursi lama	Kursi baru
Alas kursi	Tinggi	Tinggi popliteal	41	36	35,75	Tidak sesuai	sesuai
	Panjang	Rentang pinggul	49	41	40,36	Tidak sesuai	sesuai
	Lebar	Panjang popliteal	43	41	40-43	Sesuai	Sesuai
Sandaran punggung	Tinggi(dari alas duduk)	Tinggi bahu duduk	46	61	60,33	Tidak sesuai	sesuai
	Lebar	Rentang bahu	49	49	48,75	Sesuai	Sesuai
	Sudut	Derajat kemiringan	90 ⁰	105 ⁰	95 ⁰ - 110 ⁰	Tidak sesuai	sesuai
Sandaran tangan	Tinggi (dari alas duduk)	Tinggi siku duduk	25	25	24,84	sesuai	Sesuai
	Panjang	Panjang siku ke tangan	56	31	30,96	Tidak sesuai	sesuai
	Jarak antar sandaran	Rentang antar siku	49	50	49,39	Tidak sesuai	sesuai

Berdasarkan Tabel 5 untuk ukuran tinggi alas duduk antara hasil pengukuran rancangan awal dan hasil perhitungan dimana ukuran desain awal adalah 41 cm, sementara menurut hasil perhitungan adalah 36 cm, posisi alas duduk yang terlalu tinggi dapat menyebabkan paha tertekan dan peredaran darah terhambat sehingga menyebabkan stabilitas tubuh berkurang. Untuk panjang alas duduk pada rancangan awal adalah sebesar 49 cm, dan dari hasil perhitungan adalah 41 cm. Untuk lebar alas kursi pada pengukuran rancangan awal adalah sebesar 43 cm, dan menurut hasil perhitungan adalah sebesar 41 cm, meskipun ada selisih hal ini masih dapat dikatakan sesuai hal ini menurut grandjean untuk lebar atau kedalaman alas kursi merekomendasikan sebesar 40 cm – 43 cm. Untuk tinggi sandaran punggung terlihat bahwa kursi lama hanya memiliki tinggi berukuran 46 cm akibatnya akan terasa kurang nyaman pada daerah punggung bila harus duduk terlalu lama. Untuk Lebar sandaran punggung antara desain awal dan menurut perhitungan adalah sama sebesar 49 cm dan hal ini masih dapat dikatakan sesuai. Sudut sandaran punggung pada pengukuran desain awal adalah sebesar 90⁰ sedangkan untuk desain kursi yang baru ditetapkan sudut sandaran punggung sebesar 105⁰. sudut sandaran punggung kursi lama yang dibuat tegak lurus (90⁰) dapat menimbulkan rasa kurang nyaman pada daerah tulang belakang. Faktor penyebab utama adalah karena bagian lumbar akan berbentuk kurva yang tidak natural dan terdapat regangan pada piringan antar ruas pada lumbar serta ligamen. Untuk tinggi sandaran lengan dimana antara pengukuran desain awal dan hasil perhitungan memiliki tinggi yang sama yaitu 25 cm. Sementara untuk panjang sandaran tangan untuk desain awal adalah 56 cm sedangkan menurut perhitungan adalah sebesar 31 cm, dimana hal ini memiliki perbedaan selisih sebesar 25 cm, dimana untuk ukuran panjang sandaran tangan tidak banyak memiliki pengaruh terhadap kenyamanan. Untuk jarak antara sandaran tangan hasil pengukuran desain awal adalah sebesar 49 cm, sementara menurut hasil perhitungan adalah

sebesar 50 cm untuk hal ini dapat dikatakan sesuai berdasarkan hasil perhitungan. Penetapan tinggi sandaran yang sesuai akan berfungsi sebagai penyangga berat lengan atas dan dapat mengurangi tekanan yang terjadi pada piringan ruas antar tulang belakang.

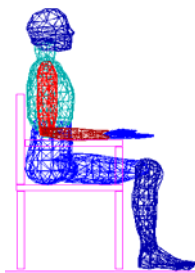


Gambar 3. Desain Rancang Ulang Kursi Analisa Biomekanik

Selanjutnya analisa Ergonomi-biomekanika akan dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh rancangan baru dari kursi betul-betul mampu memberikan kenyamanan duduk (kelayakan ergonomis). Perhitungan biomekanika tubuh dilakukan dengan menggunakan *software Mannequin pro V.10.2*

Analisa Biomekanik Sebelum Perancangan

Pada analisa biomekanik sebelum perancangan disimulasikan posisi duduk dari pengguna tegak lurus dikarenakan mengikuti sudut dari sandaran punggung dari desain kursi yang lama, untuk lebih jelas dapat pada gambar.



Gambar 4. Analisa Posisi Duduk Awal

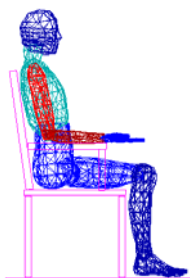
Setelah melakukan analisa perhitungan gaya dan momen yang terjadi terhadap segmen tubuh dengan menggunakan *software mannequinPro* maka dapat dilihat hasil perhitungannya pada Tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan Gaya Dan Momen Tubuh Sebelum Perbaikan

Joint	Force	Moment
Unit	(N)	(N.m)
Left wrist	4,4	0,4
Right wrist	4,2	0,4
Lower back	234	1,9
Left hip	82,7	8
Left knee	30,7	2,3
Left ankle	7,4	0,3
Right ankle	7,8	0,3

Analisa Biomekanik Sesudah Perancangan

Pada analisa biomekanik sesudah perancangan disimulasikan posisi duduk dari pengguna sedikit miring dikarenakan mengikuti sudut dari sandaran punggung dari desain kursi yang baru, untuk lebih jelas dapat pada Gambar 5.



Gambar 5. Analisa Posisi Duduk Sesudah Perancangan

Setelah melakukan analisa perhitungan gaya dan momen yang terjadi terhadap segmen tubuh dengan menggunakan software mannequinPro maka dapat dilihat hasil perhitungannya pada Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan Gaya Dan Momen Tubuh Setelah Perbaikan

Joint	Force	Moment
Unit	(N)	(N.m)
Left wrist	4,4	0,4
Right wrist	4,2	0,4
Lower back	233,8	0,8
Left hip	82,4	7,8
Left knee	30,6	2,3
Left ankle	7,4	0,3
Right ankle	7,8	0,3

Posisi duduk pada kondisi awal memperlihatkan nilai momen yang lebih besar pada setiap segmen tubuh jika dibandingkan dengan posisi setelah perancangan ulang. Momen tersebut menggambarkan bahwa segmen tubuh harus menahan beban otot statis yang sedemikian besar untuk menjaga keseimbangan *link* yang bersangkutan akibat gaya yang bekerja akibat berat dari segmen tubuh itu sendiri. Semakin besar beban otot statis yang terjadi menyebabkan otot akan cepat mengalami kelelahan dan menimbulkan keluhan-keluhan baik berupa rasa nyeri maupun lainnya.

Tabel 8. Perbandingan Gaya Dan Momen

Joint	Desain Awal		Desain Baru	
	Force	Moment	Force	Moment
Unit	(N)	(N.m)	(N)	(N.m)
Left wrist	4,4	0,4	4,4	0,4
Right wrist	4,2	0,4	4,2	0,4
Lower back	234	1,9	233,8	0,8
Left hip	82,7	8	82,4	7,8
Left knee	30,7	2,3	30,6	2,3
Left ankle	7,4	0,3	7,4	0,3
Right ankle	7,8	0,3	7,8	0,3

Dari Tabel 8 terlihat penurunan momen yang terjadi pada tulang belakang untuk desain kursi yang baru, bila pada awalnya momen yang terjadi pada tulang belakang adalah 1,9 N, setelah adanya perubahan desain maka momen yang terjadi pada tulang belakang menjadi 0,8 N dan begitu pula pada bagian pinggul terjadi penurunan momen bila pada awalnya momen yang terjadi pada pinggul adalah 8 N, setelah adanya perubahan desain maka momen yang terjadi pada pinggul menjadi 7,8 N, terjadi penurunan momen dibandingkan pada rancangan kursi lama. Berdasarkan uraian diatas, gaya dan momen yang terjadi pada Segmen tubuh bagian pinggul dan tulang belakang pada desain kursi baru ternyata lebih kecil dibandingkan kursi lama.

Simpulan

Berdasarkan hasil analisis dan evaluasi yang telah dilakukan terhadap rancangan kursi yang lama dapat dihasilkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisa dan evaluasi dapat disimpulkan bahwa rancangan kursi lama tidak/kurang layak-ergonomis. Hal ini ditunjukkan oleh penentuan ukuran kursi lama yang tidak berdasarkan data antropometri yang tepat dan sesuai seperti tinggi alas duduk 41 cm, panjang alas duduk 49 cm, tinggi sandaran punggung 46 cm, sudut sandaran punggung yang tegak lurus 90^0 , dan panjang sandaran tangan 56 cm. Disamping itu rancangan kursi lama tidak memberikan bantalan busa pada alas duduk dan bantalan busa untuk sandaran punggung.
2. Berdasarkan analisa ergonomi-antropometri, selanjutnya dilakukan modifikasi dan perancangan ulang kursi baru sebagai dasar untuk melakukan analisa perbandingan dengan rancangan kursi lama. Evaluasi ergonomi-antropometri memberikan rancangan baru kursi yang memiliki tinggi alas duduk 36 cm, panjang alas duduk 41 cm, lebar alas duduk 41 cm, tinggi sandaran punggung 61 cm, lebar sandaran punggung 49 cm, sudut sandaran punggung 105^0 , tinggi sandaran tangan 25 cm, panjang sandaran tangan 31 cm, jarak antara sandaran tangan 50 cm, serta pemberian bantalan busa sandaran punggung (support lumbar) dan alas duduk.
3. Analisa dan evaluasi biomekanika dengan menggunakan software Mannequin Pro V.10 terhadap rancangan baru memberikan hasil berupa perhitungan gaya dan momen yang terjadi pada setiap segmen tubuh yang lebih kecil bila dibandingkan dengan gaya dan momen terhadap desain kursi yang lama. Yaitu pada bagian tulang belakang dimana sebelumnya adalah 1,9 N turun menjadi 0,8 N, dan pada pinggul dimana sebelumnya 8 N turun menjadi 7,8 N. Kesimpulan akhir menunjukkan bahwa hasil rancangan ulang kursi lebih layak ergonomis bila dibandingkan dengan rancangan kursi lama.

Saran

Beberapa saran yang diharapkan dapat memberikan masukan dan manfaat bagi perusahaan berdasarkan hasil penelitian ini adalah:

1. Dari hasil penelitian ini diharapkan pihak perusahaan agar mendapat solusi perancangan Kursi yang baik bagi konsumennya.
2. Diharapkan pihak perusahaan lebih memperhatikan dan mempertimbangkan kelayakan ergonomi. Padahal keergonomisan sebuah produk ataupun fasilitas kerja yang nantinya akan digunakan/dioperasikan oleh manusia sungguh sangat penting agar bisa memenuhi kriteria- kriteria efektif, nyaman, aman, sehat dan efisien (ENASE).

Daftar Pustaka

- Eko Nurmianto.1998. *Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya* Surabaya: ITS
- Grandjean, E. 1987, *Fitting The Task ToThe Man: An Ergonomic Approach*, London: Taylor and Francis
- McCormick, E.J & Sander, M.S. 1987, *Human Factor in Engineering and Design*, Sixth Edition, Mc Graw Hill Bool Company, New York
- Panero, Julius and Martin Zelnik. 2003, *Dimensi manusia dan ruang interior: buku panduan untuk standar pedoman perencanaan*, Jakarta: Erlangga.
- Sritomo Wignjosebroto, Dyah Santhi Dewi, dan Dhuha Adhi Praptama. 2003, *perancangan ulang stasiun kerja pada ruang kemudi crane*, Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya
- Sritomo Wignjosebroto, Iwan Vanany dan A.A. Alit Triadi. 2004, *implementasi quality function deployment untuk perancangan produk kursi bambu dengan evaluasi ergonomi antropometri dan biomekanik* Laboratorium Ergonomi & Perancangan Sistem Kerja Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- ULRICH, Karl T. 2001, *Perancangan dan Pengembangan Produk*, Salemba Teknika
- Wignjosebroto, Sritomo.1995. *Ergonomi, Study Gerak dan waktu*. Edisi pertama. Jakarta: Guna Widya