

**SIMULASI USULAN DESAIN MEJA PENCELUPAN PADA WORKSTATION
PEWARNAAN RUMAH BATIK KOMAR MENGGUNAKAN MOTION STUDY
ANALYSIS, FINITE ELEMENT ANALYSIS, RAPID UPPER LIMB ASSESMENT
DAN USABILITY TESTING**

**SIMULATION IMPROVEMENT OF WORKING TABLE AT COLORING
WORKSTATION RUMAH BATIK KOMAR USING MOTION STUDY ANALYSIS,
FINITE ELEMENT ANALYSIS, RAPID UPPER LIMB ASSESMENT AND
USABILITY TESTING**

Hilman Syahir¹, Rino Andias Anugraha², Teddy Syafrizal³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

¹hilman.svahir@gmail.com, ²rinoandias@telkomuniversity.ac.id, ³teddvsjafrizal@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Rumah Batik Komar merupakan perusahaan yang bergerak dalam produksi batik. Proses pewarnaan kain di Rumah Batik Komar terbagi menjadi dua cara, yakni proses pencelupan dan gradasi. Proses pencelupan masih dilakukan dengan bantuan operator pada workstation pewarnaan. Mekanisme pewarnaan batik eksisting menggunakan teknik guncang. Mekanisme kerja kondisi eksisting membuat operator dalam postur kerja canggung dikarenakan postur membungkuk ketika melakukan proses pencelupan sehingga berdampak kurang baik terhadap operator. Hal ini menyebabkan operator merasa *fatigue* dan jika dibiarkan secara terus-menerus dapat menyebabkan cedera pada operator. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan melakukan *redesign* ulang pada meja pencelupan pada workstation pewarnaan. Sebuah desain baru meja pencelupan yang telah didesain pada penelitian sebelumnya bertujuan untuk meminimasi postur kerja canggung pada saat pengoperasian meja pencelupan belum melalui pengujian kelayakan desain. Oleh karena itu dilakukan simulasi menggunakan *Motion Study Analysis*, *Finite Element Analysis*, dan *Rapid Upper Limb Assesment* untuk diketahui kelayakan teknis dari desain. Setelah itu dilakukan pembuatan *prototype* dan dilakukan *Usability Testing* sehingga diketahui mekanisme kerja secara nyata. Dengan mengacu pada hasil beberapa pengujian tersebut maka secara teknis usulan desain produk dinyatakan layak.

Kata kunci : simulasi, *motion study analysis*, *finite element analysis*, *rapid upper limb assessment*, *usability testing*, workstation pewarnaan, meja pencelupan

Abstract

Rumah Batik Komar is a company engaged in the production of batik. Cloth dyeing process in the Rumah Batik Komar divided into two method, namely the process of dyeing and gradation. Dyeing process is carried out with the help of the operator at the coloring workstation. Using existing mechanisms of batik coloring "shaking" technique. Work mechanism of existing condition makes operator working in awkward postures due stooped posture when performing the dyeing process so that adversely affects operator. This causes the operator to feel fatigue and if left continuously can cause injury to the operator. One effort to do that is by doing a redesign back on the table dyeing in coloring workstation. A new design table dyeing which has been designed in previous studies aiming to minimize awkward postures during the dyeing operation table has not been through testing the feasibility of the design. Hence performed simulations using Motion Study Analysis, Finite Element Analysis, and Rapid Upper Limb Assessment for known technical feasibility of the design. After that is made prototype and Usability Testing so known working mechanisms significantly. With reference to the results of some of these tests are technically the product design improvement declared eligible.

Keywords : simulation, *motion study analysis*, *finite element analysis*, *rapid upper limb assessment*, *usability testing*, coloring workstation, working table

1. Pendahuluan

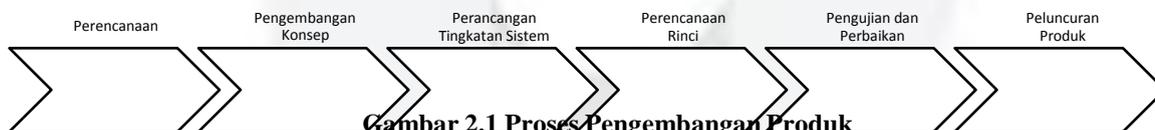
Rumah Batik Komar merupakan perusahaan yang bergerak dalam memproduksi beberapa produk batik. Kegiatan proses produksi di Rumah Batik Komar diantaranya, mulai dari penyiapan desain, penyiapan bahan baku, proses pelilinan, proses pewarnaan, hingga proses penghilangan lilin. Proses pewarnaan kain di Rumah Batik Komar terbagi menjadi dua cara, melalui proses pencelupan dan proses gradasi. Proses pencelupan masih dilakukan dengan bantuan *operator* pada *workstation* pewarnaan. Kondisi eksisting meja pencelupan yang telah dilakukan *redesign* oleh peneliti sebelumnya menggunakan mekanisme pewarnaan batik dengan teknik guncang. Kesulitan yang dialami oleh *operator* adalah ketika melakukan proses pewarnaan, yakni mekanisme kerja kondisi eksisting membuat pekerja dalam postur kerja canggung dikarenakan postur kerja *operator* membungkuk ketika melakukan proses pencelupan dan mekanisme guncang kurang baik terhadap *operator*. Hal ini menyebabkan pekerja merasa *fatigue* dan jika dibiarkan secara terus-menerus dapat menyebabkan cedera pada *operator*. Masalah yang timbul adalah postur kerja *operator* eksisting. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan melakukan *redesign* ulang pada meja pencelupan pada *workstation* pewarnaan. Sebuah desain baru meja pencelupan yang telah didesain pada penelitian sebelumnya yang bertujuan agar desain dapat meminimasi postur kerja canggung pada saat pengoperasian meja pencelupan belum melalui pengujian kelayakan desain.

Oleh karena itu dilakukan simulasi menggunakan *Motion Study Analysis*, *Finite Element Analysis*, dan *Rapid Upper Limb Assesment* untuk diketahui kelayakan teknis dari desain. Setelah itu dilakukan pembuatan *prototype* dan dilakukan *Usability Testing* sehingga diketahui mekanisme kerja secara nyata. Dengan mengacu pada hasil beberapa pengujian tersebut maka secara teknis usulan desain produk dinyatakan layak.

2. Dasar Teori dan Metodologi Penelitian

2.1. Pengembangan Produk Generik

Proses pengembangan produk merupakan serangkaian tahapan atau aktivitas yang dilakukan oleh perusahaan untuk menyusun, merancang, dan mengkomersilkan produk. Proses Pengembangan produk secara umum terdiri dari tahapan-tahapan atau sering juga disebut sebagai fase[1]. Proses dimulai dengan fase perencanaan, pengembangan konsep, perancangan tingkatan sistem, perencanaan rinci, pengujian dan perbaikan serta hasil akhir dari pengembangan proses ini adalah peluncuran produk.



2.2. Pengujian dan Perbaikan

Fase pengujian dan perbaikan melibatkan konstruksi dan evaluasi dari bermacam-macam versi produksi awal produk. *Prototype* awal (*alpha*) biasanya dibuat dengan menggunakan komponen-komponen dengan bentuk dan jenis material pada produksi sesungguhnya, namun tidak memerlukan proses pabrikan dengan proses yang sama dengan yang dilakukan pada proses pabrikan sesungguhnya.

Prototype alpha diuji untuk menentukan apakah produk akan bekerja sesuai dengan apa yang direncanakan dan apakah produk memuaskan kebutuhan konsumen utama. *Prototype* berikutnya (*beta*) biasanya dibuat dengan komponen-komponen yang dibutuhkan pada produksi namun tidak dirakit dengan menggunakan proses perakitan akhir seperti pada perakitan sesungguhnya. *Prototype beta* dievaluasi secara *internal* dan juga diuji oleh konsumen dengan menggunakannya secara langsung. Sasaran dari *prototype beta* biasanya adalah untuk menjawab pertanyaan mengenai kinerja dan keandalan dalam rangka mengidentifikasi kebutuhan perubahan-perubahan secara teknik untuk produk akhir.

Prototype adalah penaksiran atau perkiraan produk berdasarkan tujuan-tujuan yang ingin didekati[2]. *Prototype* penting dilakukan sebagai alat pembelajaran apakah sebuah desain akan bekerja seperti yang diharapkan dan memenuhi kebutuhan *customer*. Terdapat dua tipe *prototype*, yaitu *prototype* analitis dan *prototype* fisik. *Prototype* analitis menggambarkan produk sebagai benda tidak nyata berbentuk desain *visual* atau persamaan matematis, contohnya seperti simulasi komputer. *Prototype* fisik merupakan benda nyata yang merupakan penaksiran atau perkiraan dari produk yang di inginkan. Dalam penelitian ini akan dilakukan kedua *prototyping* tersebut. Analisis *Finite Element Method* dan *Motion Study Analysis* pada desain 3D yang didapatkan dari

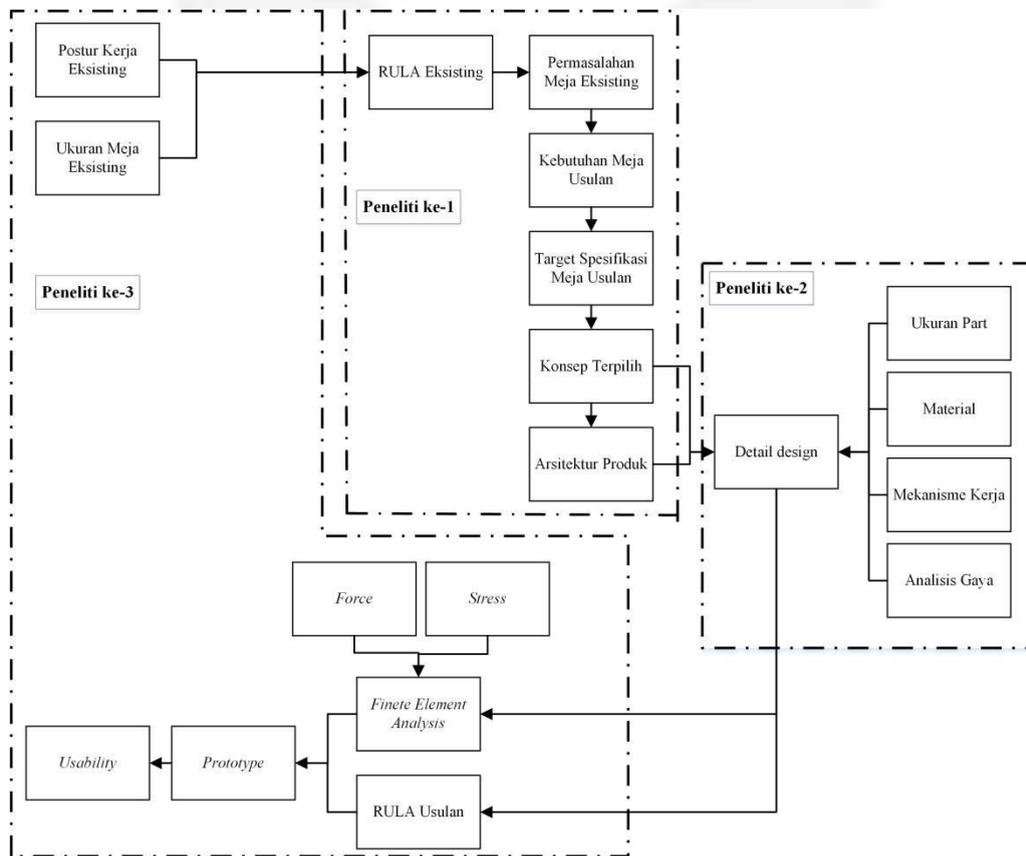
penelitian sebelumnya, merupakan *prototype* analitis. Setelah dilakukan studi *prototype* analitis kemudian akan dilakukan *prototyping* fisik untuk merepresentasikan kelayakan dari desain Meja Pencelupan secara nyata.

2.3. Kelayakan Teknis

Kelayakan teknis menyoroti kebutuhan produk yang telah disusun dari aspek teknis yang akan digunakan. Dalam hal ini, untuk mengukur produk tersebut telah layak secara teknis dilakukan simulasi menggunakan *Rapid Upper Limb Assesment*, *Finite Element Method* dan *Motion Study Analysis*. Jika simulasi produk yang dilakukan menunjukkan bahwa produk tersebut layak dari sisi ergonomi, seperti penilaian dari score *Rapid Upper Limb Assesment* (RULA), kemudian hasil dari simulasi *Finite Element Method* menunjukkan bahwa produk tersebut layak dari sisi material dan cara kerja, maka secara teknis usulan desain produk dinyatakan layak.

2.4. Metodologi Penelitian

Sebagai peneliti ke-3, penelitian ini bertujuan mensimulasikan dan mengidentifikasi kelayakan konsep usulan meja pencelupan. Gambar 2.2 menggambarkan model konseptual penelitian, model konseptual digunakan untuk menentukan masalah penelitian dan mengidentifikasi variabel yang memiliki hubungan satu sama lain.



Gambar 2.2 Model Konseptual

Setelah dilakukan studi tersebut, akan diketahui kelayakan teknis dari desain usulan meja pencelupan, apakah desain sudah dikatakan mampu untuk menahan beban yang terkena pada desain. Bila sudah dikatakan layak, maka akan dibuat *prototype* dari desain usulan meja pencelupan tersebut.

3. Pembahasan

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengujian terhadap desain meja pencilun dengan menggunakan *finite element analysis*, *motion study analysis* dan *rapid upper limb assesment*. Hasil dari penelitian ini adalah desain usulan dan cara kerja pada desain serta *prototype* yang telah layak secara teknis.

3.1. Tahap Pengujian dan Perbaikan

3.1.1. Finite Element Analysis

1) Factor of Safety (FOS)

Sebelumnya akan dilakukan serangkaian penelitian pendahuluan yang ditujukan untuk melakukan analisis keamanan dari material produk dan konsep penelitian sebelumnya. Analisis yang diperhitungkan, dianalisis, dan digunakan adalah dari analisis *Factor of Safety* (FOS)[3].

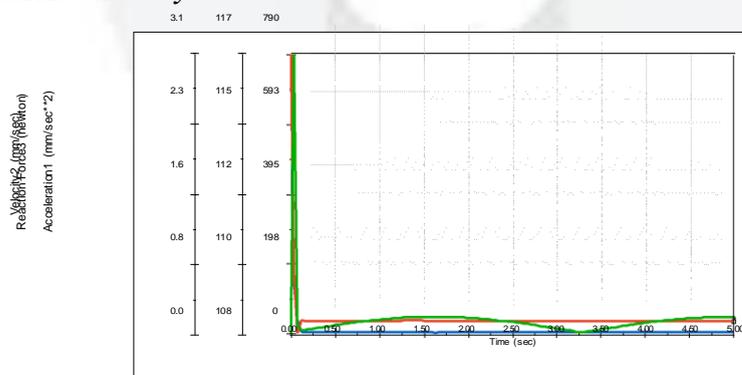
2) URES

Kemudian melihat hasil URES, seberapa besar jauh displacement. Daerah yang mengalami paling banyak pergeseran partikel material adalah yang diwarnai merah. Pergeseran yang terjadi sangat kecil sehingga dapat dikatakan desain sudah baik untuk mencegah terjadinya disposisi.

3) von Mises

Simulasi ini didapatkan bahwa pembebanan terbesar pada hasil simulasi *von Mises* yang dilakukan nilai titik kritisnya tidak melebihi nilai *yield strength* dapat dikatakan bahwa desain layak untuk diaplikasikan dan digunakan pada keadaan nyata.

3.1.2. Simulasi Motion Study



Gambar 3.1 Grafik Motion Study

Motion Study dilakukan untuk mengetahui apakah sistem kincir benar-benar mampu menjalankan fungsinya dengan maksud apakah kincir ini akan dapat digunakan dengan baik tanpa tersendat. Dari hasil *motion study* yang sudah dilakukan diketahui bahwa desain kincir meja sudah berjalan sesuai ekpektasi yang diinginkan. Sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa desain kincir meja ini sudah baik dan dapat berfungsi sebagaimana mestinya.

3.1.3. Rapid Upper Limb Assesment (RULA)

Teknik ergonomi ini mengevaluasi postur kerja individu, kekuatan otot, dan kegiatan yang berkontribusi menyebabkan risiko kerja salah satunya *Musculoskeletal Disorders*. Penggunaan pendekatan evaluasi ergonomi

ini menghasilkan *score* risiko dengan range 1 sampai 7 yang menunjukkan besar risiko yang mungkin ditimbulkan.

Tabel 3-1 Rekap Score RULA Desain Usulan Meja Pencelupan

	Fasilitas Kerja	Score RULA	Tindakan
Postur Kerja	Tuas Kincir	3	memiliki risiko rendah, perubahan masih bisa dilakukan
	Pendorong Kincir	3	memiliki risiko rendah, perubahan masih bisa dilakukan
	Pengungkit	3	memiliki risiko rendah, perubahan masih bisa dilakukan

Dengan melihat rekap nilai RULA dengan $score = 3$, pada Meja Pencelupan Hasil Redesign maka dapat disimpulkan layak secara teknis sehingga dapat dilanjutkan pada tahap pembuatan *prototype* produk.

3.1.4. Usability Testing

Setelah pembuatan *prototype*, maka dilanjutkan *Usability Testing* menggunakan evaluasi *User Performance*, *Technical Performance* dan *Acceptability*.

1) Evaluasi *User Performance*

Pada tahap ini, fokus evaluasi usability dari *prototype* pada dimensi *user performance* untuk mengetahui interaksi antara pengguna dan alat yang digunakan dalam menyelesaikan pekerjaan secara lengkap pada penggunaan alat.

Tabel 3-2 Waktu Proses Improvement

No	Proses	Waktu (detik)	Keterangan
1	Setup kain ke kincir	47	Setup satu kain
2	Membuka kunci kaki penyangga kincir	1	-
3	Menggeser kaki penyangga kincir	2	-
4	Memasang kunci kaki penyangga kincir	1	-
5	Membuka kunci pengungkit kincir	1	-
6	Menurunkan pengungkit kincir	2	-
7	Mengunci pengungkit kincir	1	-
8	Memutar kincir	18	Memutar kincir sebanyak 6 kali
9	Membuka kunci pengungkit kincir	1	-
10	Mengangkat pengungkit kincir	2	-
11	Mengunci pangait kincir	1	-

No	Proses	Waktu (detik)	Keterangan
12	Meniriskan	60	Meniriskan tanpa melepas kain
13	Proses selanjutnya dilakukan tanpa setup kain ke kincir		-
14	Melepas kain dari kincir	10	Satu kain
Total Waktu		147	2 menit 28 detik

2) Evaluasi *Technical Performace*.

Pada tahap ini, fokus evaluasi *usability* dari *prototype* Meja Pencelupan pada dimensi *technical performance* untuk mengetahui kapabilitas dan kemampuan penggunaan alat untuk pertama kalinya. Data yang diperoleh berupa pernyataan yang disampaikan oleh operator.

Tabel 3-3 Pernyataan Operator

No.	Pernyataan	Status
1	Kincir dapat berfungsi memutar kain batik	v
2	Pengungkit dapat menahan kincir ketika dilakukan proses penirisan	v
3	Bearing berfungsi sebagai roda	v
4	Bak dapat berfungsi dengan baik menampung larutan pewarna dan pembangkit	v
5	Saluran pembuangan berfungsi sebagai tempat keluarnya larutan pewarna dan pembangkit	v

3) Evaluasi *Acceptability*

Evaluasi *Acceptability* dilakukan untuk mengetahui indikasi opini dari operator tentang penerimaan penggunaan Meja Pencelupan untuk memudahkan pekerjaan operator yang dilakukan setiap hari. Operator mengatakan bahwa Meja Pencelupan sangat bermanfaat dan dibutuhkan oleh operator. Dengan *prototype* tersebut, operator mendapatkan kemudahan dan berharap dapat ditingkatkan kembali agar mempunyai tingkat kegunaan yang tinggi (*high usability*).

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data, dan analisis data yang dibuat, maka didapatkan beberapa kesimpulan yang mengacu kepada tujuan penelitian, yakni tujuan penelitian telah tercapai karena desain usulan telah layak secara teknis dari hasil pengolahan data dengan menggunakan beberapa pengujian yakni, *motion study analysis*, *finite element analysis*, *rapid upper limb assessment*, dan *usability testing*.

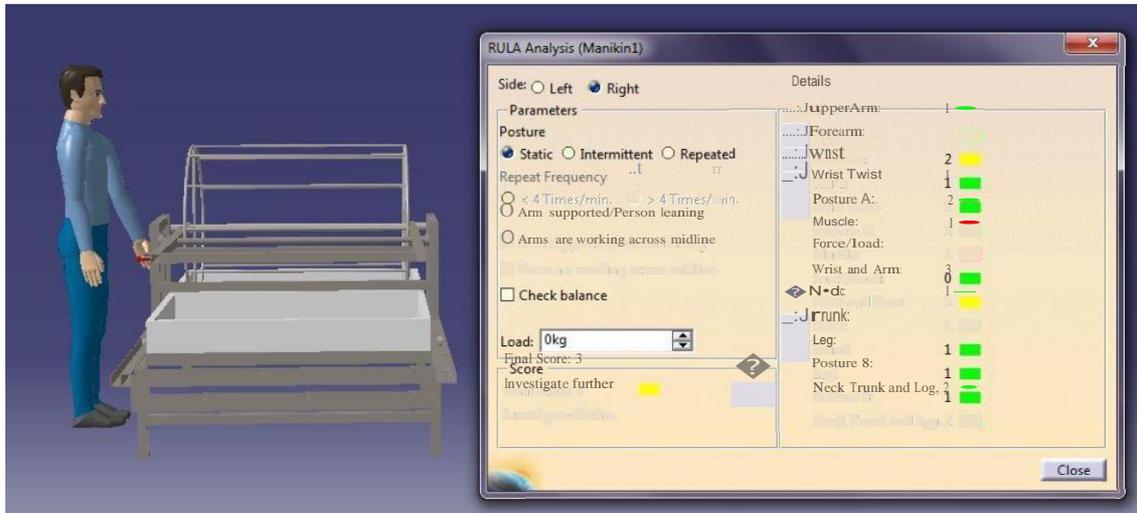
Rekomendasi penelitian ini diberikan untuk peneliti selanjutnya, yaitu: perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai simulasi selain simulasi teknis yang belum dilakukan pada penelitian ini. Dengan adanya penelitian selain simulasi teknis, dapat diketahui kelakayakan desain Meja Pencelupan Hasil *Redesign* secara lebih komprehensif. Selain itu perlu dilakukan studi agar desain bisa lebih efisien untuk diaplikasikan.

Daftar Pustaka

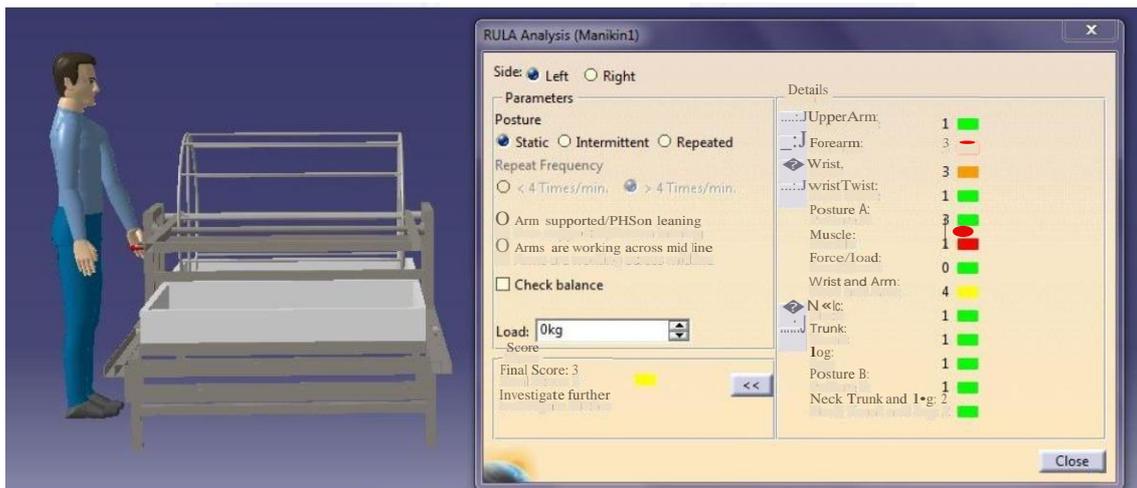
- [1]Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2001). *Perancangan dan Pengembangan Produk*. Jakarta: Salemba Teknik.
- [2]Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2012). *Product Design and Development*. McGraw Hill International Edition
- [3]Alkin, J. Ed. 2009. *Finite Element Analysis Concepts via SolidWorks*. Texas: World Scientific.



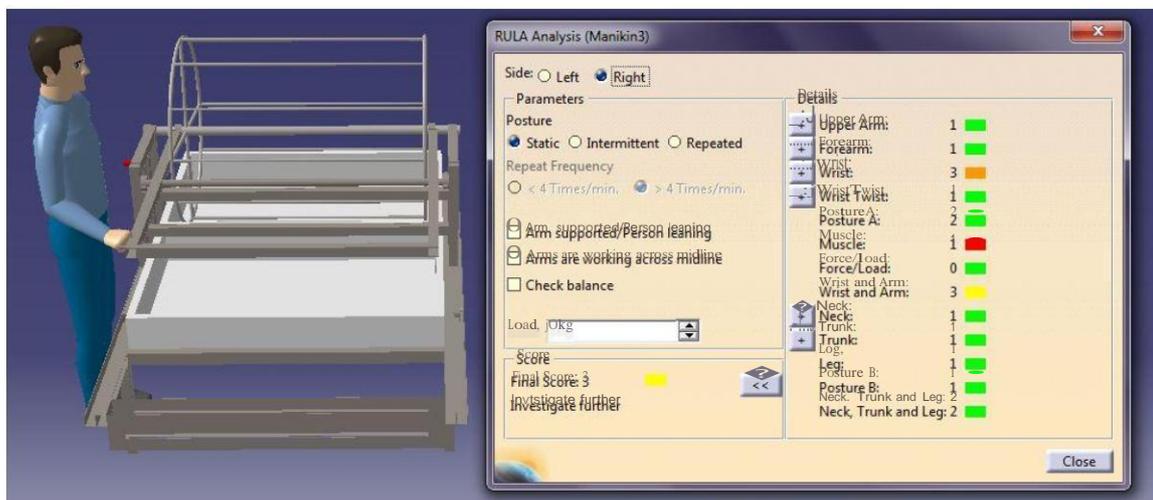
Lampiran A
[RULA Usulan]



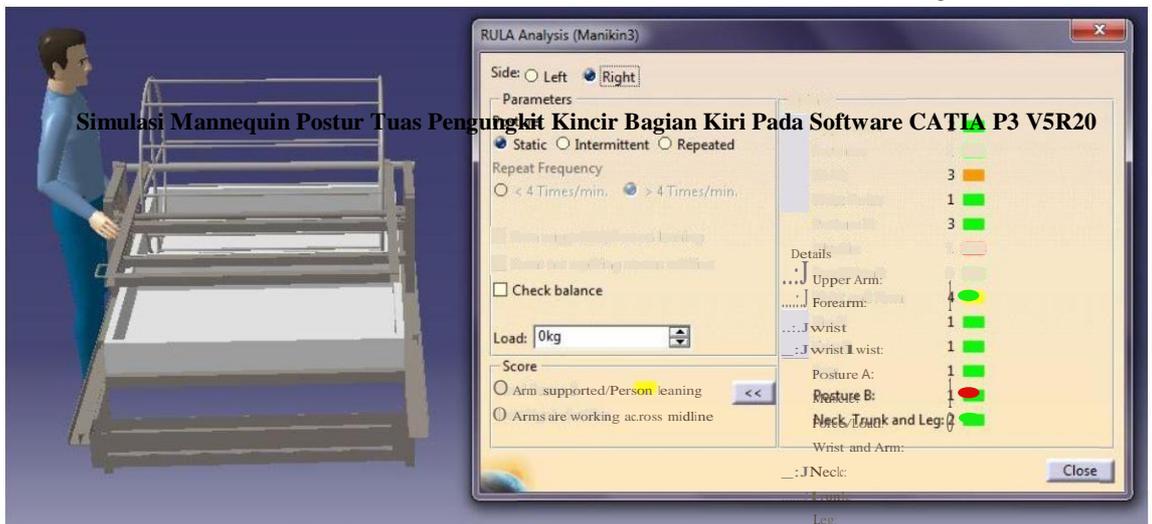
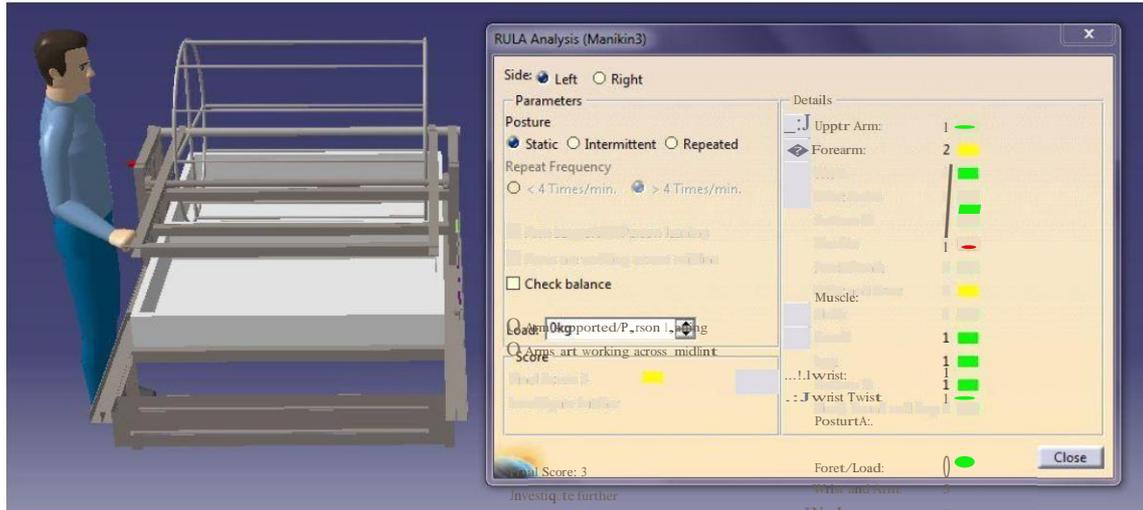
Simulasi Mannequin Postur Menggerakkan Kincir Bagian Kanan Pada Software CATIA P3 V5R20



Simulasi Mannequin Postur Menggerakkan Kincir Bagian Kiri Pada Software CATIA P3 V5R20



Simulasi Mannequin Postur Tuas Pengungkit Kincir Bagian Kanan Pada Software CATIA P3 V5R20



Final Score: 3
Investigate further
Posture B:
Neck, Trunk and Leg: 7



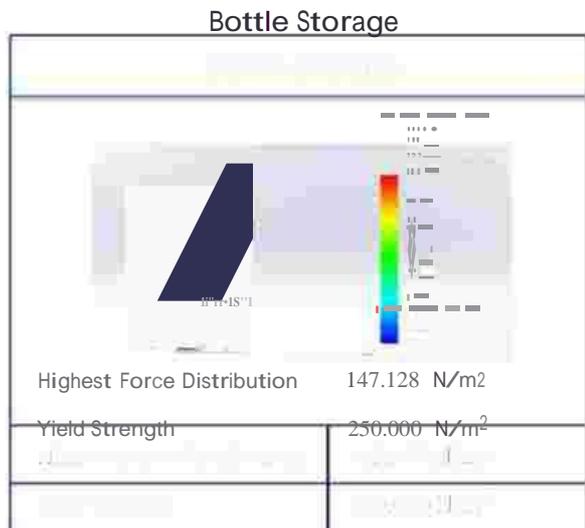
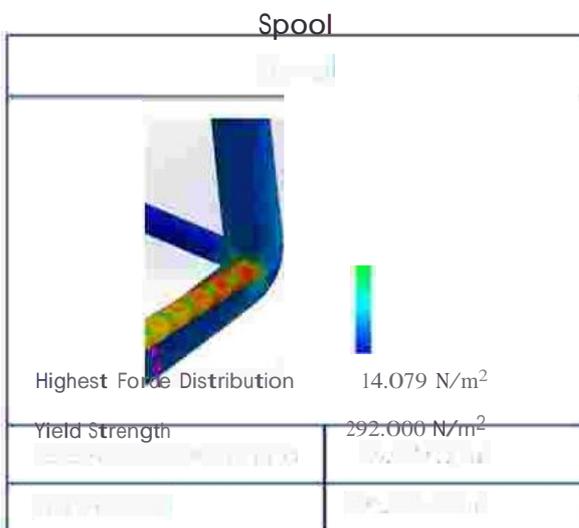
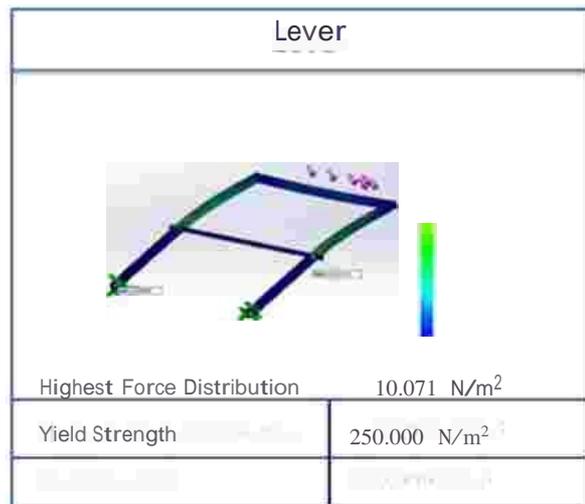
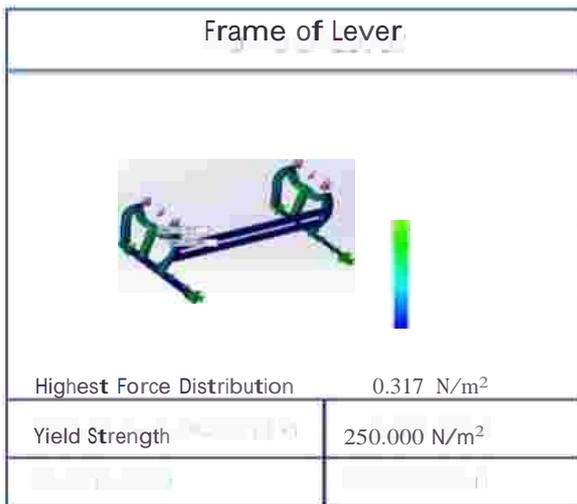
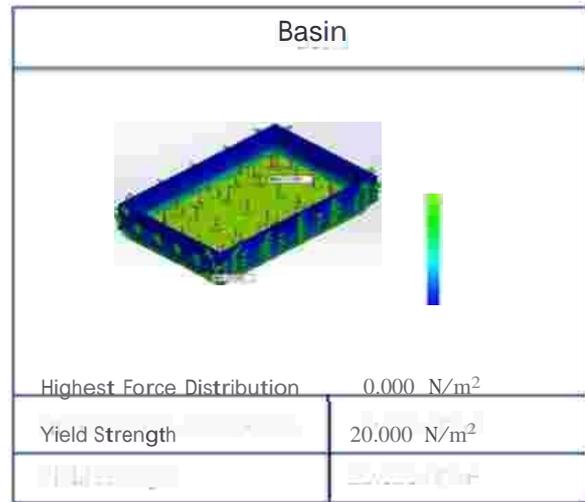
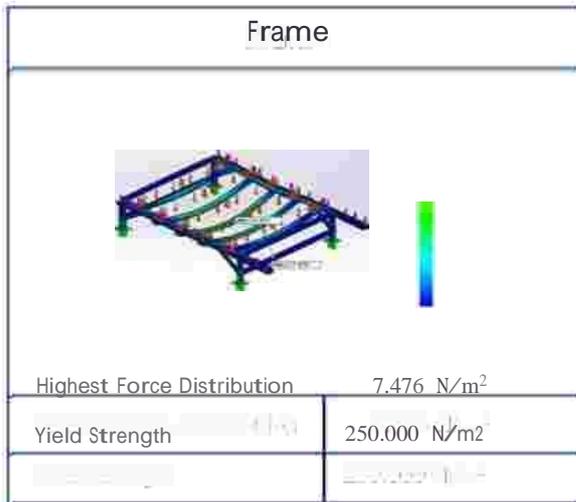
Final Score: 3
Investigate further
Posture B:
Neck, Trunk and Leg: 2

Simulasi Mannequin Postur Menggeser Roda Bagian Kiri Pada Software CATIA P3 V5R20

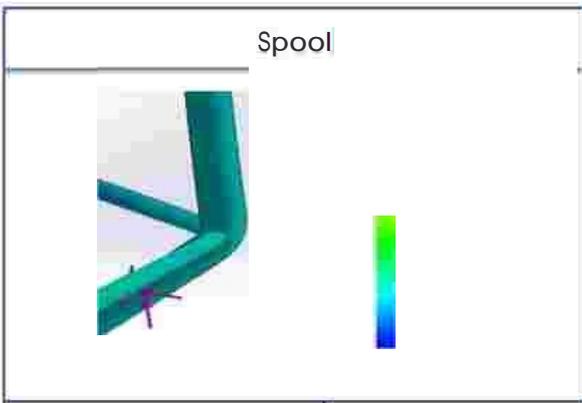
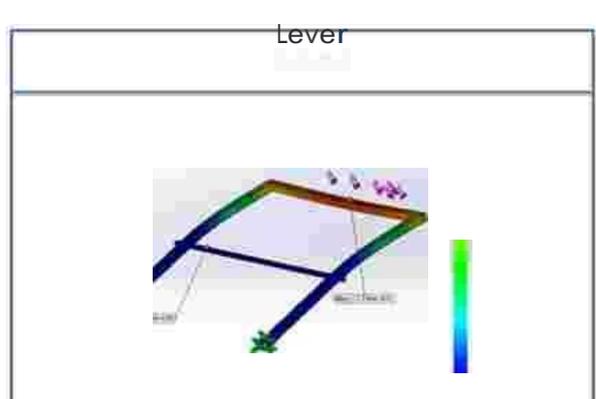
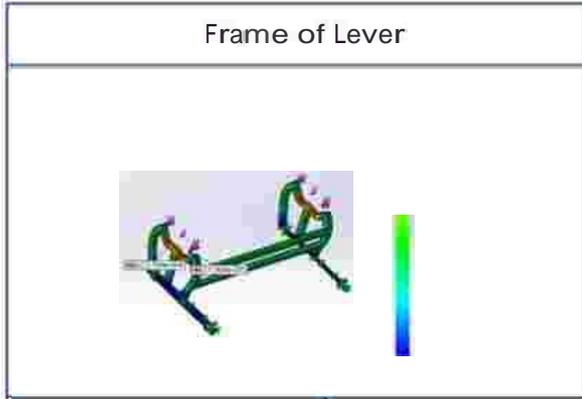
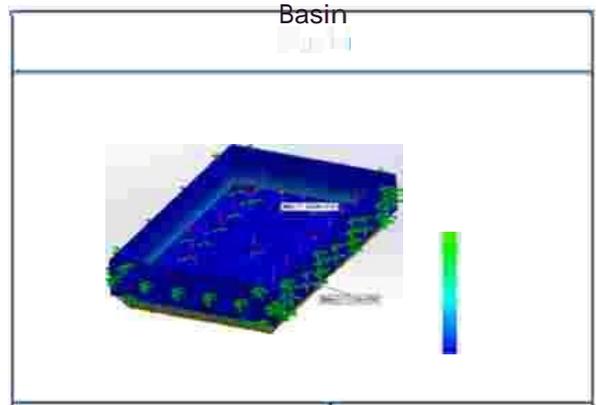
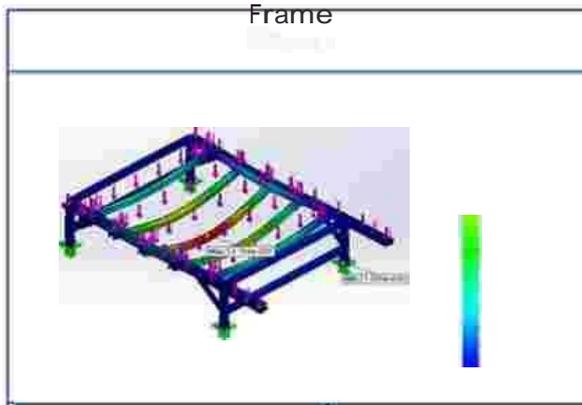
Lampiran B

[Finite Element Analysis]

1) von Mises



2) URES



3) FOS

