PENGUJIAN MEJA PENGIKISAN ALAT CAP BATIK USULAN DENGAN MENGGUNAKAN *FINITE ELEMENT METHOD* DAN *USABILITY TESTING*

Luqman Abdul Hakim[1], Rino Andias Anugraha ST., MM.[2], Teddy Syafrizal B.Eng., M.Sc.[3]
[1,2,3] Industrial Engineering Department, Faculty of Industrial Engineering, Telkom University
[1]lukiosso@gmail.com, [2]pakrino@gmail.com, [3]s.teddy@gmail.com

Abstrak - Kasus penelitian ini berada pada proses pembuatan cap Rumah Batik Komar khususnya pada saat pengikisan, dimana sebelumnya sudah diteliti dan memiliki skor RULA 7/7, yang merupakan skor terakhir dan mengindikasikan bahwa memiliki resiko tertinggi untuk mengalami MSDS. Lalu sudah dirancang desain usulan meja pengikisan yang memiliki skor 3/3. Permasalahannya adalah belum teruji kekuatan baik dari segi stress maupun displacement ketika dikenakan gaya yang berkaitan meja usulan. Kemudian belum diuji bagaimana kegunaan dan reaksi pengguna terhadap meja usulan dan aspek nilai ekonomis meja itu sendiri. Maka dari dua masalah tersebut, penelitian ini terdiri dari dua metode, yaitu metode *Finite Element Method* , *Usability Testing* dan *Cost – Benefit Analysis*. Metode *FEM* digunakan dikarenakan metode ini bisa memproses dari desain konsep dan gaya – gaya yang terjadi, menghasilkan nilai plot *stress – displacement,* lalu digunakan sebagai analisis apakah meja usulan sudah layak atau belum dengan *Factor of Safety* dan *Natonal Standard Displacement.* Pengujian dari segi manusia terhadap meja usulan menggunakan *Usability Testing*, melihat seberapa efektif, efisien, dan tanggapan responden awam dan operator. Metode untuk masalah terakhir adalah *Cost – Benefit Analysis* dimana menilai biaya dan manfaat yang diberikan oleh meja usulan. Hasil yang dapat diambil dari penelitian ini adalah, bahwa dari segi kekuatan stress dan displacement, konsep desain masih layak dikarenakan melewati *Factor of Safety* dan *National Standard Displacement*. Juga untuk purwarupa meja usulan dengan usability, bahwa dari segi efektifitas, efisiensi dan tanggapan responden meja pengikisan usulan lebih baik daripada meja pengikisan eksisting. Hasil dari metode terakhir adalah menandakan cost lebih kecil benefit dikarenakan produktivitas yang bertambah dari segi waktu proses kerja.

Kata Kunci— *Finite Element Method*, Pengikisan, Batik Cap, *Usability Testing, Cost – Benefit Analysis*

Abstract - This research involved with the process of making the stamp Rumah Batik Komar, especially at the time of scrappin, which had previously been investigated and has a score RULA 7/7, which was the highest score and indicated that the highest risk for experiencing MSDs. Then the previous research was involving with an improvement scraping table that has a score of 3/3. The problem was untested strength in terms of both stress and displacement for design concept that has been made from previous research. The second factor that hasn't been teste was human factor especially effectivity, efficiency, and people's respond for this improved scraping table. From two problem that has been mentioned above, this study will consisted of two methods, the finite element method and Usability Testing. FEM methods used for the first problem because this method could process from design concept and external force that happened to scraping table, generate value plot stress - displacement, and was used as an analysis whether the improved design concept was feasible or not with FOS and Natonal Standard Displacement. Testing of the human aspect of the improved scraping table was using Usability Testing, to see how effective, efficient, and got responder from common people and operator. The results that we could take from this research were two results. First result that in terms of the strength of the stress and displacement, due to the design concept with FOS and National Standard Displacement analysis, concept design was good enough. Also for improved scraping table used usability, that in terms of effectiveness, efficiency and people's respond improved scraping table was better than previois scraping table.

Keywords— Finite Element Method, Scrape, Batik Stamp, Usability Testing, Cost – Benefit Analysis

1.Pendahuluan

Fokus penelitian ini ada pada pengikisan cap batik, khususnya alat bantu operator untuk menghilangkan postur kerjanya. Postur kerja usulan pada kali ini adalah 3/3 dari penelitan pertama dan kedua.Kasus yang dibahas adalah analisis kelayakan dan optimasi meja pengikisan, dimana menggunakan *Finite Element Method*. Metode pendekatan dengan memecah model geometri menjadi elemen – elemen kecil, lalu ditranslasikan menjadi model matematika untuk memprediksi perilaku dan kekuatan material dengan batasan tertentu inilah disebut Finite Element Method [1].

Harapan usulan meja pengikisan adalah kuat stress dan *displacement* menggunakan *Factor of Safety* sebagai tolok ukur apakah meja siap untuk dibuat purwarupanya. Lalu ketika sudah dinilai bagus, maka alat tersebut dibuat purwarupanya dan dilakukan usability testing untuk melihat apakah produk sudah bisa digunakan secara maksimal. Kemudian tujuan dari penelitian ini adalah menguji apakah meja pengikisan sudah baik dari segi aspek kekuatan

material dan kegunaan terhadap manusia, yaitu seberapa kegunaan meja pengikisan usulan menggunakan *usability testing*[2]. Lalu dilihat apakah ada resistansi terhadap perubahaan metode pekerjaan di perusahaan, untuk kali ini adalah postur kerja yang pertama jongkok menjadi berdiri[3] Diharapkan dari penelitian ini berhasil melakukan pengujian dan bisa menyimpulkan apakah meja pengikisan usulan berguna, lebih efektif dalam mencapai target, efisiensi energi dan waktu proses kerja sehingga bisa melebihi meja pengikisan eksisting. Juga bisa melakukan identifikasi terhadap kekurangan dan keluhan responden penelitian, dan menyarankan tindakan yang harus diambil.

2. Metodologi Penelitian

Untuk menyelesaikan permasalahan di atas, yaitu melakukan pengujian terhadap meja pengikisan usulan dari segi menerima stress dan displacement menggunakan *Finite Element Method*, dan ketika melihat hubungan manusia terhadap meja pengikisan usulan menggunakan *Usability Testing*. Berikut model konseptual penelitian ini. Berikut penjelasan mengenai metode *Usability Testing* dan *Finite Element Method*.

Usability testing merupakan salah satu cara yang dilakuakan untuk memastika apakah produk dapat dipergunakan dengan mudah. Tujuan *usability testing* adalah (Rubin & Chisnell, 2008):

a. Mengidentifikasi dan memperbaiki kekurangan yang ada terlebih dahulu sebelum produk dilepas ke pasar. b. Menemukan masalah dan rekomendasi untuk memperbaiki utilitas perancangan dan pengembangan produk. c. Menjamin kreasi produk mudah dipelajari atau digunakan, memuaskan pengguna dan memiliki utilitas dan fungsi bernilai tinggi.

Terdapat kelebihan dan kelemahan di dalam melakukan *usability testing* pada suatu produk. Kelebihan *usability testing* yaitu

a. Hasil pengujian dapat digunakan untuk membuat catatan historic kemampupakaian untuk peluncuran masa depan.
b. Mengurangi biaya pelayanan dan telepon karena produk yang bersifat kemampupakaian akan menerima pengaduan pengguna lebih sedikit.
c. Meningkatakan penjualan dan probabilitas pengulangan penjualan terhadap produk karena produk yang bersifat mudah digunakan akan lebih memuaskan pelanggan sehingga pelanggan cendrung menyebarkan berita tersebut ke orang lain dan memilih tetap memebeli produk yang sama di masa depan.
d. Mendapatkan pasar karena produk yang telah lolos uji kemampupakaian cendrung bersifat lebih mudah digunakan sehingga bisa membedakannya dari produk competitor sejenis.
e. Meminimasi resiko yang terjadi pada produk setelah dikeluarkan.

Sedangkan kelemahan dari *usability testing* adalah pengujian tidak menjamin produk bersifat 100% mudah digunakan karena pengujian merupakan situasi buatan dan pengujian ini tidak selalu merupakan teknik terbaik unutuk digunakan sehingga dapat menggunakan cara lain seperti evaluasi untuk melengkapi hasil.

ISO mendefinisikan *usability testing* dalam standar ISO 9421-11, bahwa *usability* merupakan efektifitas, efisiensi dan kepuasan dimana penguna tertentu mencapai target yang ditetapkan dalam lingkungan tertentu. Selain itu *usability* berguna untuk mengetahui sejauh mana sistem alat digunakan atau *user friendly*, hal tersebut diurakan kedalam beberapa faktor yaitu:

1. *Learnability* : sebuah sistem seharusnya mudah dipelajari sehingga pengguna dapat dengan mudah memulai pekerjaan yang terkait dengan sistem tersebut.
2. *Efficiency* : sebuah sistem seharusnya efisien digunakan, sehingga produktivitas pengguna tinggi ketika pengguna telah mempelajari sistem.
3. *Memorability* : sebuah sistem mudah diingat, sehingga pengguna terbiasa menggunakannya dan dengan otomatis pengguna dapat menggunakannya lagi tanpa harus mempelajari kembali.
4. *Error* : sebuah sistem seharusnya mempunyai tingkat kesalahan yang rendah sehingga ketika pengguna melakukan kesalahan selama menggunakan sistem, maka perbaikan kesalahan dapat dengan mudah dilakukan.
5. *Satisfaction* : sistem seharusnya nyaman digunakan, sehingga dapat memuaskan pengguna dalam menggunakannya [5]

Pengujian *usability* dilakukan dengan melalui pengukuran *usability* dilakukan dengan mengumpulkan informasi dari pengguna mengenai alat melalui uji coba secara langsung, interview dan pengisian kuisioner. Pengukuran *usability* berdasarkan data yang mengamabarkan hasil interaksi antara pengguna dengan alat kerja.

Hasil yang diperoleh dari pengujian ini berupa data objektif seperti pengukuran waktu kerja dan data subjektif berupa perasaan pengguna, sikap dan kesukaan pengguna. Pengukuran objektif merupakan pengujian dari komponen efektifitas dan efisiensi. Sedangkan pengukuran subjektif terkait dengan *satisfaction* (kepuasan) pengguna.

Metode elemen hingga dikembangkan sebagai prediksi secara fisik terhadap rancangan model produk menggunakan metode matematis. Untuk penelitian ini digunakan analisis tegangan. Untuk implementasi biasanya yang dicari adalah field quantity. Dalam analisis tegangan adalah *displacement field* dan *stress field*.

Penjelasan sederhana pada Metode Elemen Hingga adalah memotong struktur menjadi beberapa elemen – elemen, menggambarkan setiap tingkah laku pada tiap elemen dengan cara yang sederhana, dan menggabungkan semua elemen dengan node (sebagaimana node itu sendiri seperti lem untuk melengketkan elemen – elemen tersebut. Hasil dari proses ini adalah seperangkat rumus aljabar yang simultan. Dalam analisis tegangan, equasi ini adalah rumus – rumus kesetimbangan pada node [6].

Preprocessing dan Postprocessing. Teori Elemen Hingga didalamnya terdiri dari manipulasi matriks, integrasi numerik, dan penyelesaian rumus. Pengguna biasanya berhadapan dengan preprocessing (pemberian beban, pemberian penopang, referensi material, dan meshing) dan postprocessing (pengaturan output dan analisis plot *stress – strain – displacement*) . Metode Elemen Hingga dalam melakukan prediksi terhadap desain secara struktural.

Permasalahan yang pertama adalah konsep desain peneliti sebelumnya belum diuji dari segi kekuatan, maka dilakukan uji FEM, dengan membutuhkan 3 input yaitu karakteristik material, gaya dari luar, dan mekanisme kerja pengikisan. Lalu bila didapatkan hasilnya, dianalisis dari segi *stress* dan *displacement* apakah mengalami masalah kritis. Pada kasus ini tidak mengalami masalah kritis dan dilanjutkan pembuatan purwarupa. Purwarupa yang dibuat tersebut dilakukan uji *Usability Testing*, dimana terbagi menjadi 4 evaluasi yaitu evaluasi efektifitas, evaluasi efisiensi waktu proses, dan diminta tanggapan skor menggunakan kuisioner usability, yang terdiri dari 5 dimensi usability yaitu *learnability*, *efficiency*, *memorability*, *error*, dan *satisfaction*. Terakhir adalah memperkuat efisiensi yaitu evaluasi fisiologi kerja, dimana melakukan perhitungan %CVL terhadap meja pengikisan usulan maupun eksisting, Lalu dari semua uji yang dilakukan kesimpulan apakah produk sudah layak dari segi kekuatan dan segi kegunaan untuk manusia, dan mengidentifikasi permasalahan yang terjadi, terkait penelitian proses pengikisan untuk dijadikan sebagai saran penelitian selanjutnya.

Cost – Benefit Analysis adalah metode ini merupakan pendekatan kuantitatif untuk menentukan alternatif dari suatu perbaikan. Pendekatan ini membutuhkan lima langkah yaitu :

a. Menetapkan perubahaan yang terjadi terkait rancangan usulan, yaitu bisa produktivitas yang bertambah, kualitas yang lebih baik, kecelakaan/sakit yang berkurang, dan lain sebagainya.
b. Kuantifikasi perubahaan (*benefit*) menjadi nilai mata uang
c. Menetapkan biaya yang digunakan untuk mengimplementasikan perubahaan
d. Membagi cost dengan benefit untuk setiap alternatif, sehingga menghasilkan rasio
e. Rasio terkecil merupakaan rasio yang terbaik [3]

Langkah b dapat dikatakan penilaian dan kuantifikasi yang tersusah untuk dilakukan. Tidak harus selalu mengubahnya menjadi nilai mata uang, bisa saja persentase perubahaan, kesakitan ataupun nilai lainnya.

Biaya yang didefinisikan pada penelitian ini adalah biaya pembuatan meja pengikisan usulan. Lalu untuk keuntungan (*benefit*) pada kasus kali ini adalah penambahan produktivitas yaitu disebabkan oleh tindakan pengurangan MSDS pada penelitian sebelumnya.

Penelitian ini menggunakan *Cost – Benefit Analysis Single Project*[7], dimana menggunakan meja usulan dan dilakukan perhitungan Total *Cost* dan Total *Benefit*, lalu dibagikan dan mengeluarkan rasio . Rasio ini lalu dibandingkan dengan persyaratan sebagai berikut.

a. Jika CBA ≤ 1.0 , maka meja pengikisan usulan diterima kelayakannya berdasarkan aspek ekonomis
b. Jika CBA > 1.0, maka meja pengikisan usulan kelayakan aspek ekonomisnya tidak diterima.

3. Pengumpulan, Pengolahan Data dan Analisis Data

Pada jurnal penelitian ini, pengumpulan, Pengolahan dan analisis data langsung diselesaikan pada setiap metodenya. Metode ada dua yaitu, *Finite Element Method, dan Usability Testing*. Berikut penyelesaian setiap metode – metode tersebut.

3.1 *Finite Element Method*

Uji *FEM* merupakan uji yang ditujukan untuk mengetahui kerusakan yang disebabkan oleh *stress* dan *displacement*. Kemudian dengan teori *FOS* dan *National Standard Displacement*. Pengumpulan data menggunakan *FEM* sebagai berikut:

1. Untuk mengukur gaya yang berinteraksi langsung terhadap meja, terdiri dari tiga data yaitu massa, percepatan dan sudut. Timbangan pegas akan mendapatkan massa dalam satuan kilogram dari pengikisan yang dilakukan operator.
2. Massa dari tarikan pegas operator ketika mengikis sebesar 4 kilogram. Pengukuran percepatan menggunakan stopwatch, pada setiap kikisan berapa jarak dan waktu yang ditempuh, lalu dikalkulasikan. Untuk sudut gaya terhadap meja pengikisan menggunakan pengambilan gambar, kemudian diukur berapa sudut kemiringan tangan terhadap permukaan horizontal.
3. Dimensi produk didapatkan dari rancangan penelitian sebelumnya dalam bentuk gambar teknik. Identifikasi material terhadap Meja Pengikisan Cap penelitian sebelumnya.

Ketika sudah melakukan pengukuran terhadap massa, posisi, dan waktu, ditemukan gaya – gaya yang terjadi pengujian kali ini sebagai berikut.

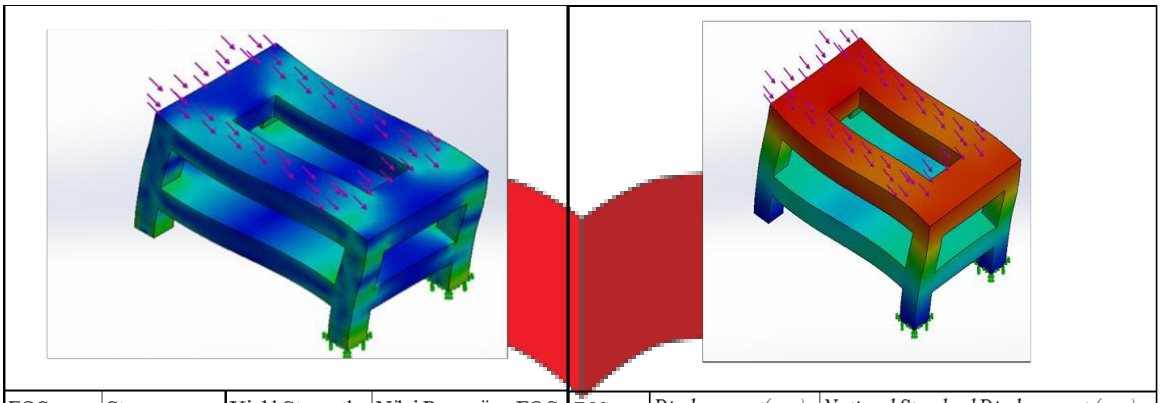
Tabel 1 Gaya yang diuji dalam *FEM*

FOS	*Force (N)*	F-x (N)	Fy (N)
2	9	5,45	7,16
4	18	10,90	14,32
6	27	16,35	21,49

Tabel 2 Gaya berat yang diberikan oleh setiap kompon untuk dimasukkan dalam FEM

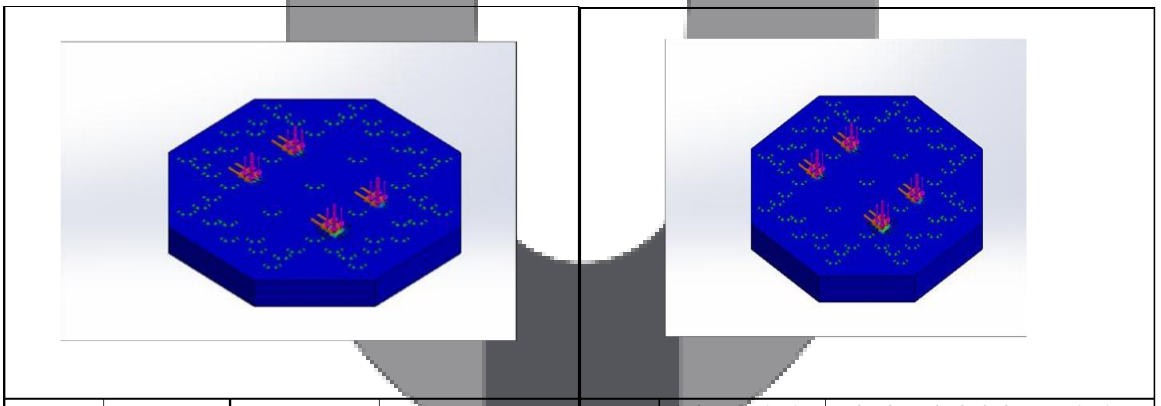
Komponen	Massa	Fy
Fixture	1,94	19,012
Table Plate	7,31	71,638
Table Enforcer	12,728	124,7344

Lalu dengan gaya berat yang diberikan oleh komponen masing – masomh meja pengikisan. Kemudian salah satu inputnya yaitu dimensi dan spesifikasi, sebagai struktur ukuran dan katarekteristik material dari alat itu sendiri. Kemudian input sudah terdefinisikan, maka diolah datanya dan keluar hasinya sebagai berikut. Dimulai dengan komponen paling atas yaitu fixture dengan gaya sebesar adalah gaya kikisan sebesar 9 N , 18 N, dan 27 N , dilihat dari segi stress dan displacement.



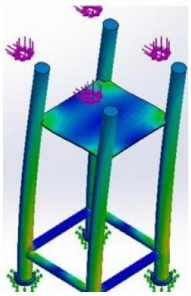
FOS	Stress	Yield Strength	Nilai Pengujian FOS	*FOS*	*Displacement(mm)*	*National Standard Displacement (mm)*
2,00	72.140,00	551.484.992,00	7.644,65	2,00	1,E-05	2,E-01
4,00	144.281,00	551.484.992,00	3.822,30	4,00	2,E-04	2,E-01
6,00	216.412,90	551.484.992,00	2.548,30	6,00	3,E-04	2,E-01

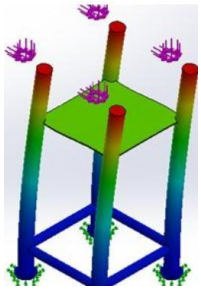
Gambar 1 Hasil uji FEM terhadap fixture baik dari segi stress (kiri) dan displacement (kanan)



FOS	Stress	Yield Strength	Nilai Pengujian FOS	FOS	Displacement(mm)	National Standard Displacement (mm)
2,00	149.798,00	282.685.056,00	1.887,11	2,00	2,E-06	5,E-01
4,00	169.564,00	282.685.056,00	1.667,13	4,00	3,E-06	5,E-01
6,00	192.405,00	282.685.056,00	1.469,22	6,00	2,E-05	5,E-01

Gambar 2 Hasil uji FEM terhadap plat meja baik dari segi stress (kiri) dan displacement (kanan)





FOS	Stress	Yield Stren th	Nilai Pen	anFOS
2,00	1.992.051,00	203.943.248,00		102,38
4,00	3.555.502,08	203.943.248,00		57,36
6,00	5.061.028,00	203.943.248,00		40,30

FOS	Dsplacerermrrm)	National Standard Displacement (rrrn)
2,00	5,E-02	8,E-01
4,00	9,E-02	8,E-01
6,00	1,E-01	8,E-01

Gambar 3 Hasil uji FEM terhadap plat meja baik dari segi stress (kiri) dan displacement (kanan)

Dari atas terlihat hasil perhitungan *FEM* menggunakan alat bantu *SolidWorks*. Terlihat bahwa stress masih belum melebihi *Yield Strength*. Juga dengan nilai pengujian *FOS* yang ditemukan dari rumus *FOS*, yaitu pembagian *Yield Strength* dan Stress,belum melewati angka *FOS*. Parameter *displacement* juga ditampilkan pada tabel berikut ini. Lalu dari pengolahan data displacement, terlihat bahwa keluar hasil defleksi yang terjadi dengan satuan mm. Kemudian perhitungan *National Standard Displacement* hasil rumus dari panjang, lebar, dan tinggi alat dan 1000. Lalu dibandingkan *displacement* dan *National Standard Displacement*, dan terlihat bahwa displacement lebih kecil. Ini semua berlaku kepada semua komponen dan semua jenis *FOS* yang ada.

Lalu dianalisis bila nilai pengujian *FOS* tidak dibawah *FOS* yang sudah ditentukan, ini menandakan bahwa setiap stress yang diberikan pada tiap komponen masih pada titik aman dan tidak kritis karena tidak melewati Yield Strength dan masih diatas *FOS*. Kemudian dari segi displacement masih belum melebihi nasional standar displacement, ini menandakan kekuatan dari segi stiffness tidak memberikan kerusakan yang kritis. Jadi bisa disimpulkan uji kekuatan dari segi stress dan displacement menggunakan *FEM*, untuk setiap komponen meja pengikisan usulan sudah kuat.

3.2 Usability Testing

Untuk uji usability testing,digunakan dari segi relasi manusia dan alat, dimana alat ini adalah meja pengikisan usulan dan manusianya adalah responden orang awam sebanyak 30 orang dan operator batik komar 4 orang. Pengumpulan data menggunakan *Usability Testing* sebagai berikut:

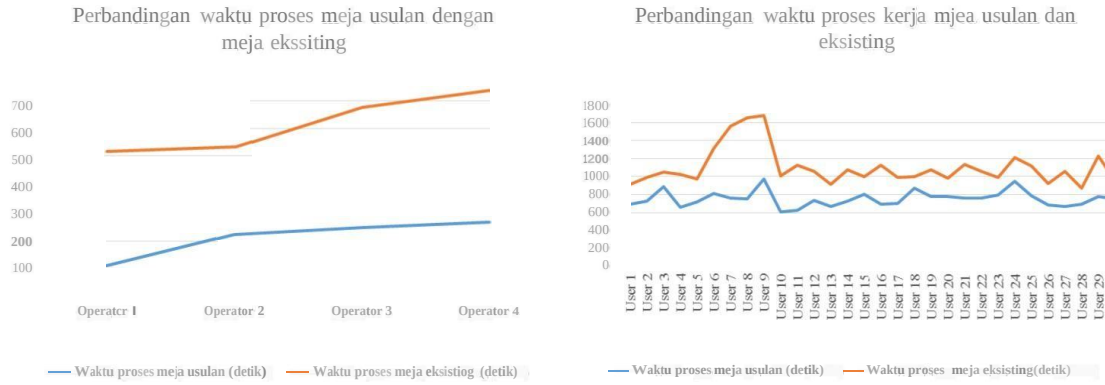
a) Identifikasi para pengguna yang akan diuji, untuk kasus ini terbagi 2 tipe pengguna yaitu *typical user* dan *extreme user*. Untuk *typical user*, digunakan 4 operator pengikisan batik komar, dan *extreme user* digunakannya 30 orang.

b) Pengukuran waktu proses kerja pengikisan yaitu memberikan target kepada setiap responden untuk mengikis sebanyak 1 mm. Kemudian dicatat waktu menggunakan stopwatch baik penggunaan meja pengikisan usulan dan eksisting.

c) Kemudian semua pengguna diberikan instruksi berupa persiapan alat – alat untuk mengikis, kemudian melakukan pengikisan selama 15 menit untuk alat eksisting dan *improvement*. Dihitung denyut nadi sebelum dan sesudah melakukan pengikisan pada meja pengikisan usulan dan eksisting.

d) Lalu setelah mencoba kedua alat tersebut, diberikan kuisioner dan wawancara berupa keluhan dari kedua produk tersebut. Kemudian diberikan pertanyaan untuk memilih alat apa yang cocok digunakan untuk pengikisan batik cap.

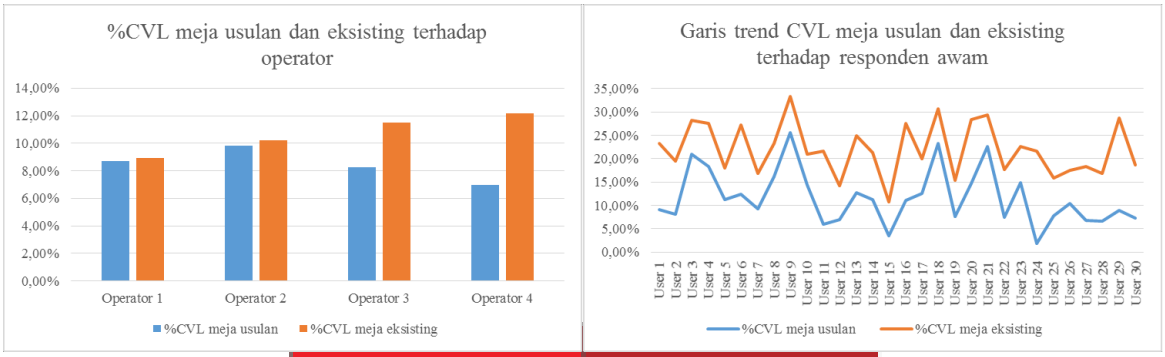
Lalu waktu proses kerja pengikisan usulan dan eksisting dikumpulkan, dan terlihat bahwa ada trend ketikat perubahan postur terjadi ketika postur jongkok dan berdiri. Berikut trend yang terjadi perbedaan antara postur berdiri dan jongkok baik responden operator maupun orang awam.



Gambar 4 Garis trend perbandingan waktu proses meja usulan dan eksisting terhadap operator (kiri) dan orang awam (kanan)

Dapat dilihat bahwa trend bahwa waktu proses kerja meja usulan membutuhkan waktu lebih sedikit, namun untuk melihat perbeedan ini merupakan signifikan atau tidak menggunakan uji *independent t-test* yaitu baik operator maupun orang awam dibandingkan waktu proses kerja usulan dan eksisting. Hasil uji *independent t-test*-nya adalah menunjukkan baik operator maupun orang awam, bahwa waktu proses kerja meja usulan maupun eksisting berbebda. Bahwa dapat disimpulkan baik secara statistik dan trend, menggunakan meja usulan yaitu postur berdiri lebih efisiensi dari segi waktu dibandingkan meja eksisting.

Kemudian dari efisiensi energi, dihitung dari kelelahan yaitu persentase %CVL. Pada kasus ini setiap orang mengikis selama 15 menit baik pengikisan pada meja pengikisan usulan maupun eksisting. Responden yang berlaku pada kelelahan adalah operator 4 orang dan orang awam 30 orang.



Gambar 5 Trend %CVL pengikisan meja usulan dan eksisting baik responden operator (kiri) dan orang awam (kanan)

Dapati dilihat baik %CVL lebih melelahkan ketika postur berdiri dan jongkok baik operator maupun responden orang awam. Dilakukan lagi uji *independent t-test* bahwa apakah perubahaam signifikansi %CVL. Perubahaan yang signifikan yang diterima hipotesisnya bila responden orang awam, sedangkan operator tidak ada perbedaan yang signifikan. Lalu dilihat rata – rata baik %CVL operator maupun orang awam, masih dibawah 30% berarti meja usulan termasuk alat yang tidak memberikan beban kerja fisik yang berlebih terhadap operator maupun responden orang awam.

Kemudian diukur efekfitas dari meja usulan menggunakan target yaitu sebesar waktu rata – rata meja eksisting untuk responden operator dan orang awam 638 detik dan 1062,47 detik. Dapat diuji dengan waktu proses kerja usulan dan eksisting, berapa yang dapat mencapai target.

Tabel 3 Tingkat keberhasilan yang dicapai oleh operator dan orang awam

Responden	Tingkat Keberhasilan dengan Meja Pengikisian Usulan	Tingkat Keberhasilan dengan Meja Pengikisan Eksisting
Awam	100%	67%
Operator	100%	50%

Terlihat bahwa signifikansi perbedaan dari waktu proses usulan dan eksisting, sehingga juga terlihat bahwa orang yang mengerjakan pengikisan pada meja usulan bisa mencapai target dari rata – rata waktu proses eksisting. Lalu dibandingkan dengan efektifitas meja eksisting, bahwa meja eksisting lebih kecil dibandingkan meja usulan untuk pencapaian keberhasilan. Dapat disimpulkan bahwa meja pengikisan usulan lebih efektif dibandingkan eksisting,

Pada penelitian ini dilakukan pengolahan data hasil kuisioner *usability* yang bertujuan untuk mengetahui tanggapan responden setelah menggunakan *prototype* sesuai dengan aspek *usability*. Kuisioner *usability* salah satu cara untuk mengetahui tingkat kemudahan meja pengikisan pertama kalinya.

Tabel 4 Hasil responden operator dan orang awam

Komponen	Operator	Orang Awam
Learnability	4,19	4,36
Efficiency	4,01	4,53
Memorability	5,14	5,08
Error	5,00	4,10
Satisfaction	3,55	4,71

Diketahui bahwa dari segi penggunaan meja, aspek memorability adalah yang paling baik, dikarenakan mekanisme kerjanya mudah diingat dan gampang untuk melakukan pengikisan bila menggunakan meja usulan baru ini. Aspek paling kurang baik adalah satisfaction dikarenakan lebih nyaman jongkok dibandingkan berdiri. Ini merupakan kontradiksi terhadap analisis RULA pada penelitian sebelumnya, dan analisis efisiensi kelelahan dan waktu proses

pengerjaan. Analisis RULA pada postur usulan dan eksisting lebih baik usulan, dan dalam penelitian ini dikatakan %CVL menggunakan meja usulan tidak dalam kategori yang memiliki beban kerja berlebih. Efisiensi waktu proses kerja juga menyatakan bahwa ada perbedaan signifikan dari menggunakan meja usulan dan meja eksisting. Dikatakan lebih baik meja usulan dikarenakan waktu proses pengikisan lebih sedikit, sehingga tidak usah membutuhkan waktu lebih banyak dibandingkan meja eksisting. Ini dapat disimpulkan bahwa walaupun meja usulan lebih baik dari segi postur, waktu proses, dan beban kerja, operator mengeluarkan sifat defensif terhadap meja usulan. Ini sering ditemui pada kawasan industri, yaitu gejala resistansi untuk berubah. Tindakan yang sebaik dilakukan agar resiko MSDS berkurang, adalah membuat prosedur kerja perlahan – lahan untuk adaptasi terhadap meja baru yaitu menggunakan meja eksisting dan usulan secara bergantian. Dilanjutkan lagi dengan hasil rata – rata jawaban kuisioner terhadap responden awam, memorability memiliki peringkat pertama sehingga dapa disimpulkan penggunaan meja usulan mudah diingat dan pengerjaan yang sederhana membuat responden awam tidak mudah lupa dalam pengerjaaan. Lalu untuk urutan paling bawah adalah *Error*, dimana para responden awam walaupun diuji tidak pernah membuat kerusakan baik bahan yang dikikis, maupun mejanya, kebanyakan responden tidak begitu menguasai mengikis pertama kali, sehingga banyak masih membutuhkan bantuan dalam cara mengikis. Dibandingkan operator, satsifaction berada tingkat kedua, dimana mereka lebih nyaman menggunakan meja usulan dari pengikisan. Ini dikarenakan juga pengaruh postur canggung yang menyebabkan responden awam lebih lelah oleh meja eksisting. Maka dapat dianalisis dari dua responden ini yaitu, responden yang tidak pernah melakukan pengikisan dengan jongkok, lebih memilih berdiri karena lebih nyaman, juga terlihat bahwa dari %CVL lebih rendah menggunakan meja usulan dibandingkan eksisting. Sehingga dapat disimpulkan bahwa operator memang sudah terbiasa dengan jongkok dan memiliki resistansi untuk berubah.

4. Cost – Benefit Analysis

Selanjutnya dilakukan perhitungan estimasi biaya pembuatan produk terkait pengembangan produk, yang dalam hal ini hanya sampai pada tahap analisis biaya material dan upah untuk pembuatan produk. Adapun biaya material dan upah yang dikeluarkan untuk pengembangan produk meja kerja pengikisan alat cap batik dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 5 Estimasi biaya pembuatan meja pengikisan usulan

Part	Material	Harga
Fixture	Besi rongga ukuran 2cm x 4cm panjang 122cm	Rp 41,000
Alas	Besi plat 5 mm ukuran luas 2079,5cm^2 1 buah	Rp 450,000
	Besi Siku 4 mm x 4 mm dengan panjang 21cm 8 buah	Rp 70,000
Laci	Besi plat 2 mm ukuran 20cm x 7cm 2 buah	Rp 28,000
	Besi plat 1 mm ukuran 50 cm x 7 cm 2 buah	Rp 22,000
	Besi plat 1 mm ukuran 50 cm x 20 cm 1 buah	Rp 63,000
	Besi rongga 4 cm x 2cm ukuran 10 ccm 4 buah	Rp 10,000
	Pegangan laci dan *roller*	Rp 30,000
Kaki Penyangga	Besi rongga 1 ¾ in ukuran 80 cm 4 buah	Rp 105,500
	Besi rongga 1 ¼ in ukuran 29 cm 4 buah	Rp 23,200
	Besi plat 1 cm ukuran 10 cm 4 buah	Rp 80,000
Biaya Pengecatan		Rp 255,000
Biaya tenaga kerja 2 orang selama 5 hari		Rp 1,250,000
Total cost		Rp 2,427,700

Berdasarkan tabel diatas, biaya material pembuatan part *fixture* sebesar Rp 41.000. Biaya material pembuatan alas meja sebesar Rp 520.000. Biaya material pembuatan laci sebesar Rp 153.000. Biaya material pembuatan kaki penyagga sebesar Rp 208.700. Biaya pengecatan untuk satu meja kerja pengikisan sebesar Rp 255.000. Dan biaya tenaga kerja untuk pembuatan meja kerja pengikisan alat cap batik sebesar Rp 1.250.000. Sehingga. total biaya yang dikeluarkan utuk membuat satu meja kerja pengikisan alat cap batik sebesar Rp 2.427.700.

Produktivitas pada penelitian ini adalah waktu proses pekerjaan pengikisan yang lebih cepat ketika menggunakan meja usulan daripada meja eksisting. Data yang digunakan untuk uji ini adalah data operator batik komar. Diketahui dari bahwa rata – rata waktu proses meja usulan 215,25 detik dan meja eksisting 514,75 detik, dapat disimpulkan bahwa persentase efisiensi yang diberikan meja usulan sebesar 58%. Persentase efisiensi ini bisa dihubungkan dengan produktivitas, yaitu stasiun kerja pengikisan mampu mengikis dua kali lipat jika menggunakan meja usulan

dibandingkan meja eksisting. Beriku Tabel keuntungan (*benefit*) terkait dengan produktivitas meja usulan pada 1 bulan.

Tabel 6 Estimasi keuntungan meja pengikisan usulan

Produk	Meja Eksisting	Meja Usulan	Harga/unit	Harga
Alat cap kikis (kecil)	4	8	Rp500.000	Rp4.000.000
Alat cap kikis (besar)	2	4	Rp1.000.000	Rp4.000.000
Total benefit				Rp8.000.000

Didapatkan bahwa meja pengikisan usulan dua kali lipat lebih produktif dibandingkan meja usulan ketika pada aspek waktu proses. Dilihat bahwa alat cap kecil dan besar masing – masing dihasilkan 4 dan 2 unit selama 1 bulan. Meja usulan dengan produktivitas 2 kali lipat,mampu menghasilkan alat cap kecil dan besar diestimasikan 8 dan 4 unit. Harga satuan unit alat cap kecil dan besar, seharga Rp.500.000 dan Rp.1000.000. Dikalikan satuan harga dengan jumlah unit perbulan, didapatkan total benefit sebesar Rp.8000.00.

Ketika diketahui total benefit dan total cost dari meja pengikisan usulan, maka dilakukan perhitungan berupa ⁄ . Hasil dari perhitungan CBA adalah 0,31, dimana *benefit* lebih besar dari *cost*.

Analisis terakhir yaitu terkait nilai ekonomis meja pengikisan usulan, dimana penilaian alternatif ini menggunakan rasio Cost – Benefit Analysis. Hasil rasio CBA pada pengolahan data adalah 0,31, yang menyatakan bahwa benefit lebih besar dari rasio. Target parameter dikatakan layak adalah bila rasio CBA ≤ 1, didapatkan dari teori Cost – Benefit Analysis Single Project. Kesimpulan bahwa persyaratan untuk rasio CBA pada meja pengikisan usulan termasuk layak secara ekonomis, juga dapat dilihat bahwa benefit lebih besar dari cost.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis untuk menjawab rumusan masalah yang di atas , kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Meja Pengikisan dari sebelumnya sudah cukup baik dari segi struktural dan material, dikarenakan kelayakan *Factor of Safety* yaitu dengan menggunakan skala 2, 4, dan 6, produk masih tidak muncul gejala deformasi plastis. Lalu dari segi *stiffness*, ketikda dianalisis dengan membandingkan standard displacement dan displacement aktual, masih pada titik aman juga, uji kekuatan dari segi stress dan displacement tidak mengeluarkan hasil yang kritis terkait kerusakan yang diterima. Ini menandakan uji kekuatan meja berhasil dan tidak ada yang perlu diperbaiki.
2. Lalu ketika *usability testing* terhadap meja pengikisan bahwa untuk efektifitas, meja pengikisan termasuk meja pengikisan usulan yang lebih efektif dibandingkan meja pengikisan eksisting, juga untuk efisiensi dari segi waktu, meja pengikisan usulan membutuhkan waktu lebih sedikit dibandingkan meja pengikisan eksisting. Kemudian untuk efisiensi energi yaitu kelelahan, baik untuk orang awam maupun operator, masih termasuk beban kerja fisik yang tidak melelahkan. Dari segi efektifitas, efisiensi waktu maupun energi, meja pengikisan usulan semuanya berhasil dan lebih baik dari meja pengikisan eksisting, maka dapat disimpulkan bahwa meja pengikisan eksisting termasuk produk yang nyaman, produktif, dan mudah digunakan.
3. Aspek ekonomis yaitu pengujian terakhir, menyatakan bahwa meja pengikisan usulan layak. Berdasarkan garis pedoman *Cost – Benefit Analysis Single Project*, rasio *CBA* meja pengikisan lebih kecil daripada 1.0. Ini disimpulkan bahwa benefit lebih besar dari *cost*. Ini disebabkan karena produktivitas yang menjadi dua kali lipat yaitu waktu proses persentase efisiensi 58% terhadap meja pengikisan usulan menggunakan data operator.

References

[1] Hutton, D. V. (2004). Fundamental Finite Element Analysis. McGraw-Hill.
[2] Rubin, J., & Chisnell, D. (2008). Handbook of Usability Testing (How to Plan, Design and Conduct Effective Test. Canada: Wiley Publishing.
[3] Freivalds, Andris.(2012).Niebel's Method, Standards, adn Work Design. USA: McGrawHill
[4] Manuaba, I. (1992). Pengaruh Ergonomi Terhadap Produktivitas.
[5] Neilsen, J. (1993). Usability Engineering . London Sydney Tokyo: Academic Press.
[6] Cook, R. D. (1995). Finite Element Modeling for Stress Analysis. John Wiley & Sons.
[7] Blank, L. (2012). Engineering Economics. McGraw-Hill.