

PENGUJIAN DAN PERBAIKAN DESAIN *MATERIAL HANDLING EQUIPMENT* BUNCIS DI PT ABOFARM UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI KERJA MENGGUNAKAN METODE PENGEMBANGAN PRODUK ULRICH EPPINGER

¹I Gede Wisuda Pura, ²Rino Andias Anugraha, ³Yusuf Nugroho Doyo Yekti
^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Telkom University
¹wisuda.pura@gmail.com, ²pak.rino@gmail.com, ³doyoyekti2010@gmail.com

Abstrak—Perancangan *material handling equipment* yang ergonomi merupakan salah satu cara untuk mengatasi *musculoskeletal disorders* (MSDs). Hasil implementasi desain *material handling equipment* menunjukkan beberapa masalah antara lain tingkat keberhasilan operator dalam menggunakan alat 57%, jumlah kesalahan penggunaan alat yang besar, terdapat keluhan operator terkait teknis alat, Hal tersebut menunjukkan perlu perbaikan pada desain produk. Pada penelitian ini perbaikan desain menggunakan metode pengembangan produk Ulrich Eppinger. Selanjutnya dilakukan pengujian hasil perbaikan dengan menggunakan *usability testing* dan fisiologi kerja, sehingga diperoleh perbandingan antara *prototype material handling equipment improvement 1* dan *prototype material handling equipment improvement 2* berdasarkan aspek *usability* produk dan ergonomi fisiologi kerja. Hasil penelitian ini adalah *prototype material handling equipment* yang mudah digunakan, efektif, efisien dan memuaskan pengguna. Berdasarkan analisis *usability testing* dan fisiologi kerja diperoleh hasil *prototype material handling equipment improvement 2* memiliki waktu kerja, tingkat keberhasilan penggunaan alat, jumlah kesalahan penggunaan alat, keluhan pengguna terkait teknis alat yang lebih sedikit dibandingkan *prototype material handling equipment improvement 1*. Dari hasil *usability questionnaire* diperoleh rata-rata tanggapan pengguna terhadap aspek *learnability* 4.19, aspek *efficiency* 4.84, aspek *memorability* 4.61, aspek *error* 4.6, aspek *satisfaction* 5,03 dari skala likert 1-5. Selain itu berdasarkan analisis pengaruh alat terhadap fisiologi kerja operator terdapat penurunan persentase *cardiovascular load* kondisi *existing* 32% menjadi 20% pada kondisi menggunakan *prototype material handling equipment improvement 2*. Hal tersebut menunjukkan *prototype material handling equipment improvement 2* dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi kerja operator.

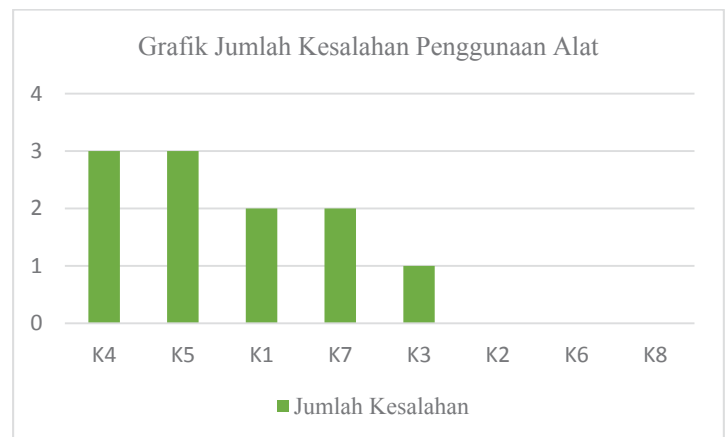
Kata kunci: *material handling equipment*, metode Ulrich Eppinger, perbaikan dan pengujian produk, *usability testing*, fisiologi kerja

I. PENDAHULUAN

Pada penelitian sebelumnya di PT ABOFARM yang membahas *manual material handling* menghasilkan desain alat bantu yang ergonomi dihasilkan detail desain *material handling*. Tahapan selanjutnya setelah menentukan perencanaan detail desain produk perlu dilakukan tahap pembuatan *prototype* dan pengujian untuk meminimalkan

ketidaksesuaian antara pengguna dan produk sebelum produk di produksi. Pada tahap pengujian *prototype* pada operator PT ABOFARM terdapat beberapa permasalahan pada alat.

Permasalahan pertama hasil pengujian yaitu tingkat keberhasilan operator menggunakan alat sesuai target waktu yang ditetapkan tim pengembang produk hanya 57 %, hal tersebut membuktikan alat belum efektif. Permasalahan kedua yaitu kesalahan penggunaan alat, berikut grafik kesalahan penggunaan alat untuk pertama kalinya.

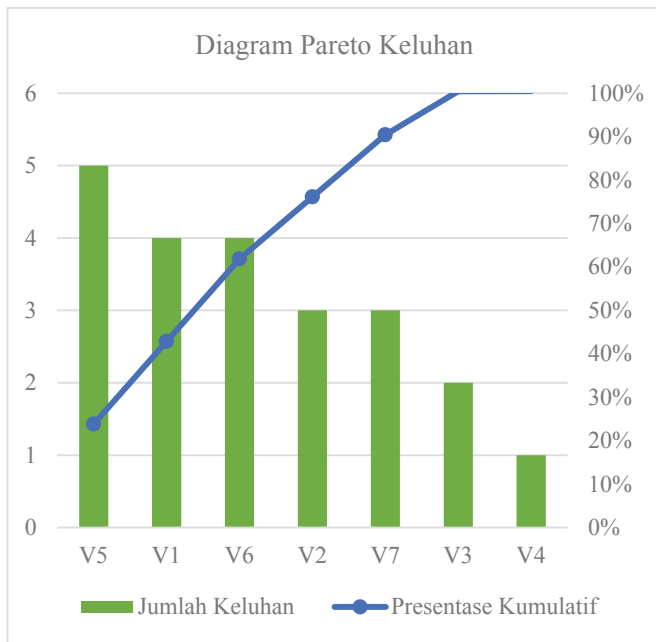


Gambar 1 Grafik Kesalahan Penggunaan Alat

Dari Gambar 1 dapat dilihat dari total tujuh operator, 43% operator melakukan kesalahan saat melakukan tahapan kerja mendorong alat dengan *handle* dan tahapan kerja mendorong alat pada bidang miring. Hal tersebut membuktikan terdapat perbedaan antara persepsi operator sebagai pengguna dengan tim pengembang produk.

Permasalahan ketiga, yaitu setelah dilakukan pengujian terhadap alat diperoleh beberapa keluhan terkait dengan teknis alat. Gambar 2 menunjukkan grafik pareto keluhan operator PT ABOFARM terkait dengan teknis alat. Dari grafik pareto dapat dilihat terdapat tujuh keluhan operator terkait dengan teknis alat. Terdapat empat masalah terbesar, yaitu ketinggian *handle* susah diatur, *prototype* susah digunakan pada tanah yang tidak rata, bagian *box prototype* kurang kuat jika terkena benturan,

bagian sekat *prototype* susah dilepas atau dipasang dan tutup *prototype* mudah jatuh saat digunakan. Masalah tersebut merupakan 80% masalah terbesar dari keseluruhan masalah yang ada, sehingga keempat masalah teknis tersebut harus diperbaiki.



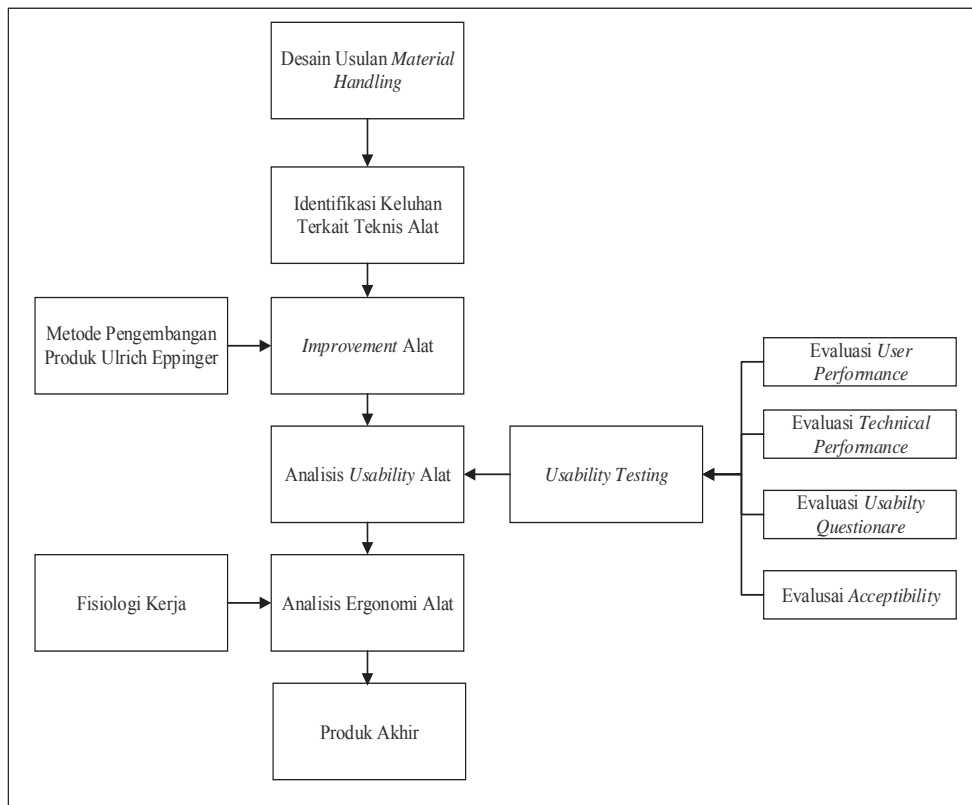
Gambar 2 Grafik Pareto Keluhan Terkait Teknis Alat

Berdasarkan hasil wawancara *user acceptance* 29% operator mengatakan *prototype material handling equipment* dapat langsung diaplikasikan pada PT ABOFARM, 14% operator tidak setuju dan 57% operator mengatakan dapat diaplikasikan jika dilakukan perbaikan. Hal tersebut menunjukkan perlu perbaikan pada satu *prototype material handling equipment* sesuai dengan keluhan terkait teknis alat.

Produk baru perlu memiliki kegunaan yang lebih tinggi (*high usability*) sehingga dapat digunakan dengan mudah, efektif, efisien, dan memuaskan (ISO 9421-11). Oleh karena itu, setelah melakukan perbaikan terkait dengan masalah teknis di atas diperlukan pengujian *usability* untuk membuktikan apakah perbaikan sudah optimal atau belum. Oleh karena itu, perlu adanya perbaikan dan pengujian *prototype material handling* yang dapat memenuhi kebutuhan konsumen, kriteria ergonomi dan *high usability*. Fokus penelitian ini adalah mengevaluasi *prototype material handling equipment* untuk memastikan alat tersebut mudah digunakan, efektif, efisien, dan memuaskan penggunaan alat.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian sebelumnya pada PT ABOFARM dilakukan analisis ergonomi dan perancangan produk ergonomi untuk membantu aktivitas *material handling*. Pada penelitian ini melakukan pengujian usulan desain *material handling equipment* yang dihasilkan pada penelitian sebelumnya.



Gambar 3 Model Konseptual Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan pembuatan *prototype* desain *material handling equipment* hasil penelitian sebelumnya. Selanjutnya, dilakukan pengujian *prototype* pada pengguna (operator PT ABOFARM). Dari hasil pengujian tersebut diperoleh beberapa masukan dari operator antara lain tingkat keberhasilan penggunaan, tingkat kesalahan penggunaan alat, tingkat kepuasan operator terhadap alat, dan keluhan operator terkait teknis alat.

Dari hasil pengujian tersebut dilakukan perbaikan desain *material handling equipment* dengan menggunakan metode pengembangan produk Ulrich Eppinger. Pada tahap perbaikan dihasilkan desain *material handling equipment improvement 2* yang selanjutnya dibuat *prototype*.

Setelah melakukan perbaikan akan dilakukan pengujian kembali yang bertujuan untuk mengetahui apakah *improvement* yang dilakukan oleh tim pengembang produk, apakah lebih baik atau tidak. Pengujian menggunakan metode *usability testing*. Selanjutnya, dilakukan evaluasi ergonomi terhadap alat dengan menggunakan pendekatan fisiologi kerja.

III. PERBAIKAN DESAIN

A. Identifikasi Keluhan Operator

Berdasarkan hasil wawancara dengan operator didapatkan informasi mengenai pernyataan operator berupa keluhan tentang *prototype improvement 1*.

B. Interpretasi Kebutuhan

Kebutuhan operator diperoleh dari identifikasi keluhan operator. Kebutuhan ini berguna untuk menentukan karakteristik produk yang harus diperbaiki

C. Penentuan Spesifikasi Target

Target spesifikasi merupakan terjemahan dari atribut kebutuhan menjadi kebutuhan secara teknis. Tahap ini dilakukan dengan menggunakan matriks kebutuhan untuk menerjemahkan kebutuhan operator dengan karakteristik dari produk yang dapat terukur.

D. Penyusunan Konsep

Penyusunan konsep dilakukan dengan menggunakan pencarian konsep secara eksternal dan internal. Pencarian konsep secara eksternal dilakukan dengan mencari literatur dan referensi terkait serta melakukan brainstorming bersama dengan operator PT ABOFARM sebagai pengguna utama untuk menentukan part specifications dari alat bantu yang akan dirancang berdasarkan fungsi dan kebutuhan.

E. Seleksi Konsep

Pada seleksi konsep ini terdiri atas dua tahap. Tahap pertama, yaitu *Concept Screening* dan tahap kedua yaitu *Concept Scoring*. Setiap tahap didukung oleh matriks keputusan yang digunakan untuk memberikan rating, ranking, dan memilih satu atau beberapa konsep terbaik yang nantinya akan digabung dan dikembangkan lagi [1].

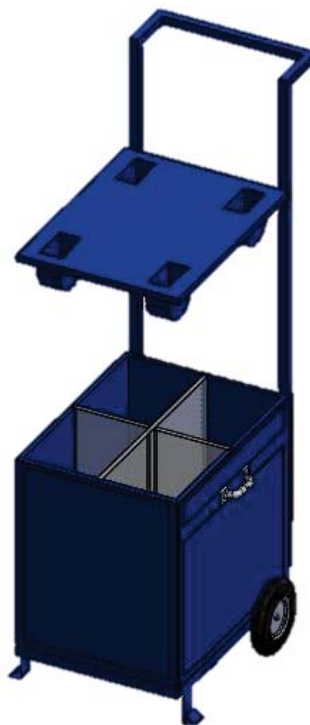
F. Arsitektur Produk

Arsitektur produk merupakan skema elemen-elemen fungsional dari produk disusun menjadi *chunks* yang bersifat fisik dan menjelaskan interaksi di setiap masing-masingnya [1]. Hal yang harus dilakukan adalah membuat skema produk, lalu mengidentifikasi interaksi fundamental dan insidental yang

terjadi pada setiap hubungan antarkomponen penyusun produk. Dari interaksi ini, sesuatu yang dibutuhkan dapat dikembangkan agar interaksi antarkomponen lebih baik. Setelah itu, menggambarkan susunan geometris untuk menggambarkan bentuk kasar dari produk.

G. Hasil Perbaikan Desain

Hasil desain perbaikan merupakan desain akhir yang dihasilkan dari proses perbaikan desain *improvement* pada penelitian sebelumnya. Gambar 4 dan Tabel I menunjukkan *prototype* dan spesifikasi hasil proses perbaikan.



Gambar 4 Desain 3D Hasil Proses Perbaikan

TABEL I
SPESIFIKASI *PROTOTYPE IMPROVEMENT 2*

Dimensi	P X L X T	47x34x42 cm
	Lebar <i>Handle</i>	33 cm
	Tinggi <i>Handle</i>	100,3 cm
	Diameter Roda	15 cm
	Kapasitas Maksimum	23 kg
	Berat Kosong	15 kg
Material	<i>Box</i>	Serat <i>Fiber</i>
	Roda	Karet
	<i>Handle</i>	Besi

IV. ANALISIS HASIL PENGUJIAN

A. Analisis User Performance

Analisis *usability* dari *prototype material handling improvement 1* dan *improvement 2* pada dimensi *user performance* ini bertujuan untuk mengetahui interaksi antara pengguna dengan alat untuk pertama kalinya.

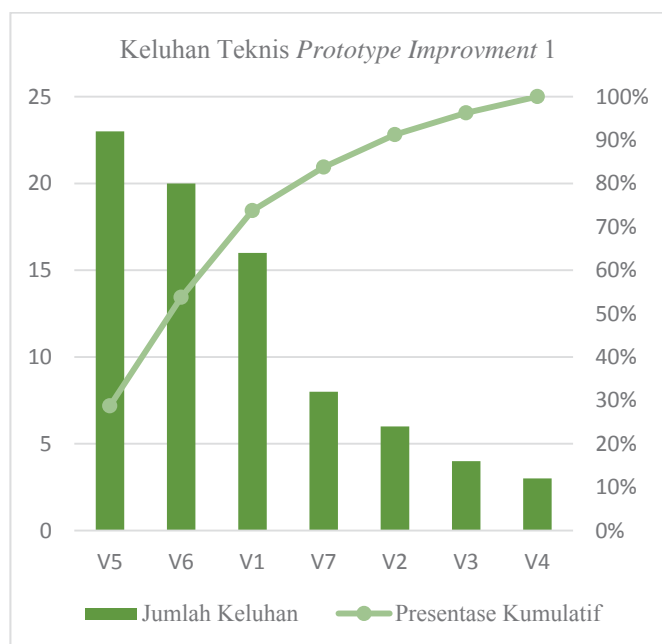
Berdasarkan Tabel II dapat dilihat terdapat perbedaan yang signifikan pada semua aspek pengujian, *Prototype improvement 2* lebih baik dibandingkan *prototype improvement 1* sehingga *improvement* yang dilakukan oleh tim pengembang produk berhasil. Perbedaan hasil pengujian terjadi karena pengguna mengalami kebingungan saat menggunakan *prototype improvement* sehingga waktu penyelesaian tugas menjadi lebih lama.

TABEL II
HASIL PENGUJIAN USER PERFORMANCE

Aspek Pengujian User Performance	Prototype Improvement 1	Prototype Improvement 2
Waktu Kerja	289.9	267.49
Waktu Perawatan	198.27	174.2
Jumlah Kesalahan	19	6

B. Analisis Technical Performance

Technical performance dapat diketahui dari tingkat kesulitan yang dialami oleh pengguna ketika mengalami kendala dalam menggunakan alat untuk pertama kalinya yang terkait dengan teknis alat. Berikut merupakan diagram pareto dari masing-masing *prototype improvement 1* dan *improvement 2*. Diagram pareto ini bertujuan untuk pemisah unsur penyebab dominan dengan unsur penyebab yang lainnya. Hal ini dapat membantu menemukan permasalahan terpenting yang segera diselesaikan. Berikut diagram pareto keluhan terhadap *prototype improvement 1*.

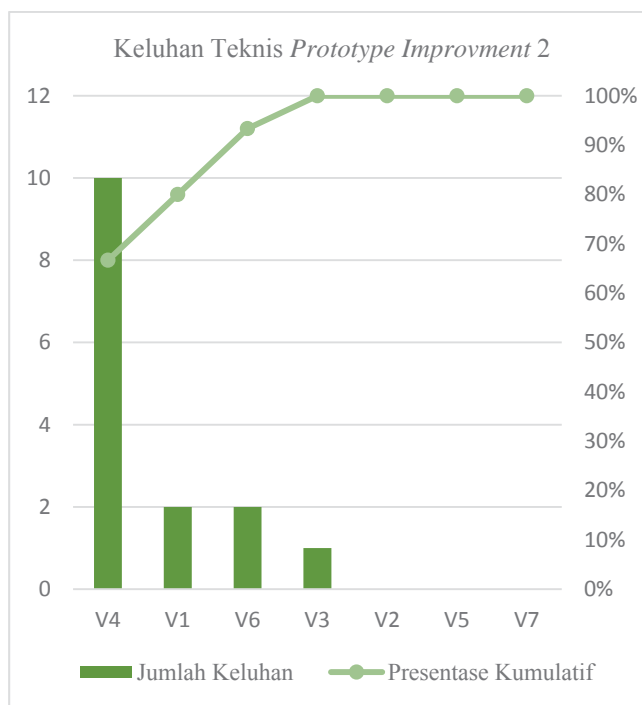


Gambar 5 Grafik Keluhan Teknis *Prototype Improvement 1*

Dari Gambar 5 dapat diketahui bahwa lima masalah terbesar, yaitu ketinggian *handle* susah diatur, *prototype* susah digunakan pada tanah yang tidak rata, bagian *box prototype*

kurang kuat jika terkena benturan, bagian sekat *prototype* susah dilepas atau dipasang dan tutup *prototype* mudah jatuh saat digunakan.

Berdasarkan observasi masalah ketinggian *handle* yang susah diatur disebabkan oleh ukuran toleransi antara *part* batang *handle* dan *part* rongga tempat menyimpan batang *handle* pada *box* hanya 0.2 cm sehingga terjadi gesekan saat menyesuaikan ketinggian *handle*. Keluhan *prototype* susah digunakan pada tanah yang tidak rata disebabkan oleh ukuran roda yang kecil hanya 5 cm. Bagian sekat *prototype* susah dilepas pasang disebabkan oleh ukuran toleransi antara tebal sekat dengan rongga tempat penyimpanan sekat pada *box* hanya 0.1 cm sehingga terjadi gesekan saat memasang sekat. Bagian *box prototype* kurang kuat ketika menerima gaya dari luar karena *box* hanya terbuat dari fiber yang dicampur katalis yang bersifat getas. Bagian tutup yang mudah jatuh saat digunakan karena tidak ada pengunci antara tutup dengan *box*. Masalah tersebut merupakan 80% masalah terbesar dari keseluruhan masalah yang ada. Oleh karena itu, kelima masalah teknis pada *prototype improvement 1* tersebut harus diperbaiki. Gambar 6 menunjukkan diagram pareto keluhan terhadap *prototype improvement 2*.



Gambar 6 Grafik Keluhan Teknis *Prototype Improvement 2*

Dari Gambar 6 dapat diketahui bahwa dua masalah terbesar yaitu *massa* alat yang berat, sekat susah dilepas, fitur *adjustable* untuk ketinggian *handle* ukuran toleransi antara *part* kurang tepat. Masalah tersebut merupakan 80% masalah terbesar dari keseluruhan masalah yang ada sehingga ketiga masalah teknis pada *prototype improvement 2* tersebut harus diperbaiki pada *improvement* selanjutnya. Hal tersebut merupakan salah satu masukan penting bagi perancang dalam melakukan *improvement* selanjutnya. Selain itu dapat dilihat

keluhan teknis *prototype improvement 2* lebih sedikit dibandingkan *prototype improvement 1*, maka *improvement* kedua yang dilakukan tim pengembang produk lebih baik.

C. Analisis Hasil Usability Questionare

Evaluasi terhadap *usability* alat dengan mengisi kuesioner dan memberikan penilaian berupa rating pada 5 skala Likert, lima komponen *usability* antara lain *learnability*, *efficiency*, *memorability*, *error* dan *satisfaction*. Evaluasi *usability testing* dari *prototype material handling improvement 1* dan *improvement 2* fokus pada penilaian responden setelah menggunakan alat untuk pertama kalinya untuk menjawab atribut –atribut kuesioner *usability* yang memengaruhi *performance* alat dan manusia (operator). Berdasarkan hasil pengolahan data kuesioner *usability* diperoleh analisis sebagai berikut.

TABEL III
HASIL PENGUJIAN USER PERFORMANCE

Aspek Pengujian Usability Questionare	Prototype Material Handling Equipment 1	Prototype Material Handling Equipment 2
<i>Learnability</i>	4.26	4.19
<i>Efficiency</i>	4.29	4.84
<i>Memorability</i>	4.56	4.614
<i>Error</i>	4.27	4.36
<i>Satisfaction</i>	4.24	5.03

Berdasarkan Tabel III dapat dilihat setelah menggunakan *prototype* alat *material handling improvement 1* dan *improvement 2*, responden memberikan penilaian yang berbeda pada beberapa komponen *usability*. Komponen yang berbeda, yaitu *efficiency* dan *satisfaction*. Perbedaan yang paling signifikan pada komponen *efficiency* yaitu atribut desain alat sederhana sehingga mudah digunakan. Berdasarkan hasil kuesioner di atas terdapat beberapa responden tidak setuju *prototype* alat *material handling improvement 1* memiliki desain yang sederhana dan mudah digunakan. Sebaliknya, operator setuju *prototype* alat *material handling improvement 2* desain alat sederhana sehingga mudah digunakan. Responden menganggap bahwa *prototype* alat *material handling improvement 2* mudah digunakan sehingga tidak perlu mengeluarkan tenaga banyak untuk menggunakan alat. Hal ini terbukti pada subbab perhitungan % CVL dengan menggunakan *prototype* alat *material handling improvement 2* konsumsi energi atau energi yang dikeluarkan lebih sedikit dibandingkan menggunakan *prototype* alat *material handling improvement 1*.

Perbedaan yang paling signifikan pada komponen *satisfaction*, yaitu atribut alat ini memiliki semua fungsi dan kemampuan yang sesuai dengan harapan responden. Berdasarkan hasil kuesioner di atas terdapat beberapa responden tidak setuju *prototype* alat *material handling improvement 1* memiliki memiliki semua fungsi dan kemampuan yang sesuai dengan harapan responden. Sebaliknya, operator setuju *prototype* alat *material handling improvement 2* memiliki semua fungsi dan kemampuan yang sesuai dengan harapan

responden. Responden menganggap bahwa *prototype* alat *material handling improvement 2* dapat memenuhi ekpektasi responden, responden merasa nyaman, dan alat memiliki fungsi yang dapat memenuhi kebutuhan responden.

D. Analisis User Acceptance

User Acceptance dilakukan untuk mengetahui tanggapan responden setelah menggunakan *prototype material handling improvement 1* dan *improvement 2* untuk pertama kalinya. Hal tersebut diperlukan untuk mengetahui tingkat penerimaan alat *material handling improvement 1* dan *improvement 2* ke depannya apabila digunakan pada PT ABOFARM untuk membantu dan memudahkan proses *material handling* sayur buncis. Berikut hasil persentase tingkat penerimaan responden terhadap *prototype material handling improvement 1* dan *improvement 2* untuk sehari-hari.

TABEL IV
PRESENTASE USER ACCEPTANCE

Prototype	Ya	Tidak	Ya, Jika dilakukan perbaikan
<i>Improvement 1</i>	30%	13%	57%
<i>Improvement 2</i>	83%	0%	17%

Berdasarkan Tabel IV dapat diketahui 30% responden mengatakan *prototype material handling improvement 1* dapat langsung diaplikasikan pada PT ABOFARM, 13% responden tidak setuju dan 57% responden mengatakan dapat diaplikasikan jika dilakukan perbaikan. Sedangkan tanggapan responden mengenai *prototype material handling improvement 2*, 83% responden mengatakan dapat langsung diaplikasikan pada PT ABOFARM dan 17% mengatakan dapat diaplikasikan jika dilakukan perbaikan. Perbaikan yang harus dilakukan pada *prototype material handling improvement 2* sesuai dengan keluhan teknis yang disampaikan pada analisis *technical performance*.

E. Analisis Fisiologi Kerja

Salah satu parameter keberhasilan dalam perancangan *prototype* adalah aspek ergonomi. Dalam penelitian ini aspek ergonomi yang digunakan yaitu fisiologi kerja. Penilaian beban kerja dapat dilakukan dengan melakukan perhitungan persentase CVL (*cardiovascular load*). Berikut tabel hasil perhitungan % CVL.

TABEL V
RATA-RATA PERSENTASE CVL

Keadaan	Rata-rata %CVL
<i>Existing</i>	32%
<i>Improvement 1</i>	29%
<i>Improvement 2</i>	20%

Dari hasil perhitungan rata-rata persentase CVL dapat dikelompokkan beban kerja operator sesuai dengan tabel kualifikasi % CVL. Pada keadaan *existing* persentase CVL

operator 32 % yaitu perlu perbaikan sistem kerja. Selain itu, energi yang dikeluarkan oleh operator pada sistem kerja tersebut besar sehingga perlu perbaikan sistem kerja.

Pada keadaan penyelesaian pekerjaan dengan menggunakan *prototype* alat *material handling improvement 1* presentase CVL operator 29% yaitu tidak terjadi kelelahan. Selain itu, energi yang dikeluarkan oleh operator pada sistem kerja tersebut kecil sehingga tidak perlu. Pada keadaan penyelesaian pekerjaan dengan menggunakan *prototype* alat *material handling improvement 1* %CVL menurun dari keadaan *existing* tapi penurunan %CVL tidak signifikan, sehingga energi yang dikeluarkan hanya berkurang sedikit dari keadaan *existing*.

Pada keadaan penyelesaian pekerjaan dengan menggunakan *prototype* alat *material handling improvement 2* persentase CVL operator 20% yaitu tidak terjadi kelelahan. Selain itu, energi yang dikeluarkan oleh operator pada sistem kerja tersebut kecil sehingga tidak perlu perbaikan. Pada keadaan penyelesaian pekerjaan dengan menggunakan *prototype* alat *material handling improvement 2* %CVL menurun dari keadaan pekerjaan dengan menggunakan *prototype* alat *material handling improvement 1*, sehingga energi yang dikeluarkan untuk melakukan pekerjaan tersebut lebih kecil dari keadaan sebelumnya.

F. Analisis Kelayakan Investasi Alat

Selanjutnya, dilakukan pengujian analisis kelayakan investasi (ekonomi) 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 *material handling equipment 2* adalah sebagai berikut.

TABEL VI
BIAYA PEMBUATAN PRODUK

Part	Material	Harga (Rp)
Boks	Boks fiber	1.500.000,00
	Sekat	90.000,00
Rangka	Besi L lebar 2 cm, tebal 0.5 cm, panjang 280 cm	60.000,00
	Besi Lebar 5 cm, tebal 0.5 cm, panjang 120 cm	32.000,00
	Besi as roda panjang 40 cm	28.000,00
Roda	Roda ukuran 6 inchi 2 buah	64.000,00
Handle	Besi rongga ukuran 2 cm panjang 200 cm	36.000,00
	Besi rongga ukuran 2.5 cm 100 cm	18.000,00
Biaya tenaga kerja		500.000,00
Total		2,328,000,00

Berdasarkan Tabel VI, total biaya yang dikeluarkan untuk membuat satu *material handling equipment* sebesar Rp2.328.000,00. Selanjutnya, dilakukan perbandingan antara biaya pembuatan produk dengan keuntungan yang diperoleh

ketika menggunakan produk. Keuntungan yang diperoleh dengan menggunakan *material handling equipment* ini yaitu jumlah buncis yang patah atau cacat pada proses pemindahan rata-rata 0.3 kg dalam 23 kg yang diangkut sehingga jumlah buncis patah atau cacat 3.780 kg dalam satu tahun dari total buncis yang diangkut 253.752 kg. Kerugian perusahaan akibat buncis cacat dengan menggunakan *material handling equipment* sebesar Rp22.680.000,00 dalam satu tahun dan Rp113.400.000,00 dalam lima tahun (dengan harga Rp6.000,00/kg). Berdasarkan jumlah buncis yang harus diangkut dalam satu tahun diperoleh jumlah *material handling equipment* dalam satu hari yaitu 31 buah sehingga uang untuk investasi *material handling equipment* yaitu Rp72.168.000,00 (dengan umur ekonomis lima tahun). Jadi, total biaya yang dikeluarkan jika menggunakan *material handling equipment* Rp185.568.000,00 dalam lima tahun.

Jika dibandingkan keadaan *existing* dengan menggunakan karung yang jumlah buncis patah atau cacat pada proses pemindahan sebesar 8.080 kg setiap tahunnya sehingga kerugian yang dialami perusahaan sebesar Rp48.480.000,00 dalam satu tahun dan Rp243.450.000,00 dalam lima tahun (dengan harga Rp6.000,00/kg).

Terdapat perbedaan biaya yang dikeluarkan antara keadaan eksisting dan keadaan usulan sebesar Rp56.832.000,00 dalam lima tahun atau Rp11.366.400,00 dalam satu tahun. Dapat disimpulkan investasi penggunaan alat *material handling* layak karena dapat mengurangi kerugian perusahaan sebesar Rp11.366.400,00 dalam satu tahun.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis maka diperoleh beberapa kesimpulan yang mengacu untuk menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini. Pertama, terdapat beberapa kekurangan pada desain *material handling equipment* saat diimplementasikan meliputi *efektivitas* penggunaan alat 57% dan terdapat beberapa keluhan dari pengguna terkait teknis alat, sehingga diperlukan perbaikan. Kedua, perbaikan desain *material handling equipment* dilakukan sesuai dengan keluhan teknis saat pengujian. Terdapat perbaikan di beberapa bagian atau *part* yaitu *part handle*, sekat, roda, dan mekanisme tutup. Dengan menggunakan metode pengembangan produk Ulrich-Eppinger diperoleh alternatif-alternatif perbaikan desain yang selanjutnya diseleksi sehingga dipilih salah satu alternatif yang dapat memenuhi kebutuhan *user* dan dihasilkan desain *material handling equipment improvement* kedua. Selanjutnya, desain diimplementasikan dalam bentuk *prototype* dan dilakukan pengujian. Ketiga, perbedaan hasil pengujian menunjukkan *prototype material handling equipment improvement 2* lebih baik dibandingkan *prototype material handling equipment improvement 1* pada beberapa aspek antara lain jumlah kesalahan penggunaan alat, keluhan terkait teknis alat, efisiensi, tingkat kepuasan, tingkat penerimaan alat, dan fisiologi kerja operator saat menggunakan alat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. D. E. Karl T. Ulrich, *Product Design and Development*, Singapore: McGraw-Hill, 2012.
- [2] S. Wignjosoebroto, *Evaluasi Ergonomi Dalam Proses Perancangan Produk*, 2000.
- [3] J. Rubin and D. Chisnell, *Handbook of Usability Testing (How to Plan, Design and Conduct Effective Test)*, Canada: Wiley Publishing, 2008.
- [4] B. S. a. S. Richardson, *Human Factor for Informatics Usability*, Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- [5] J. S. D. a. J. C. Redish, *A Practical Guide to Usability Testing*, USA: Intellect Ltd, 1999.
- [6] S. Wignjosoebroto, *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November, 2003.
- [7] I. 9241-11, "ISO 9241-11:1998(en)," 20 October 2012. [Online]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:ed-1:v1:en>.
- [8] J. Nielsen, *Usability Engineering*, London Sydney Tokyo: Academic Press, 1993.
- [9] T. B. Setyaningsih, "Penentuan Tingkat Penerimaan Perawat Terhadap Alat Pemantau Infus Jarak Jauh Berbasis Usability Testing," Universitas Indonesia, Depok, 2012.