

Desain dan Pengembangan APD Tangan untuk Pekerja pada Industri Kulit PT.XYZ

Restu Nurraudah

Teknik Industri, Universitas Gadjah Mada

E-mail: restunurraudah@mail.ugm.ac.id

Penulis Korespondens : Restu Nurraudah

Abstrak—PT. XYZ merupakan perusahaan industri kulit yang memproduksi berbagai produk fesyen, seperti tas, sepatu, dan dompet. Proses produksinya dilakukan secara manual maupun otomatis. Hasil penelitian menunjukkan adanya potensi kecelakaan akibat kerja (KAK) pada beberapa aktivitas produksi dengan tingkat risiko tingkat risiko sedang (level 3) dan tingkat risiko rendah (level 2). Risiko tertinggi ditemukan pada aktivitas pemotongan kulit manual menggunakan cutter dan proses embossing dengan mesin stamping. Sementara itu, aktivitas penyesetan kulit dan busa, pemotongan *handbag* menggunakan mesin pemotong strap, serta pemotongan kulit simetris menggunakan mesin *hydraulic swing* berada pada level risiko rendah. Salah satu penyebab potensi kecelakaan adalah tidak digunakannya APD tangan oleh pekerja. Oleh karena itu, dilakukan perancangan APD sarung tangan menggunakan metode *Quality Function Deployment* (QFD). Hasil penelitian menunjukkan atribut prioritas APD meliputi perlindungan jari (77%), desain ergonomis (77%), kemudahan penggunaan (73%), sensitivitas sentuhan material (72%), dan bahan elastis (71%)

Kata Kunci—Alat Pelindung Diri (APD), *Quality Function Deployment* (QFD), risiko kecelakaan kerja, perancangan sarung tangan, industri kulit.

Abstract—PT. XYZ is a leather manufacturing company that produces various fashion products, such as bags, shoes, and wallets. Its production processes involve both manual and automated operations. The study identified potential occupational accidents with risk levels categorized as Level 3 (moderate risk) and Level 2 (low risk). The highest risks were found in manual leather cutting using a cutter and embossing activities using a stamping machine. Meanwhile, leather and foam skiving, handbag cutting using a strap-cutting machine, and symmetrical leather cutting using a hydraulic swing machine were classified as low-risk activities. One of the main causes of workplace accidents was the failure of workers to use hand personal protective equipment (PPE). Therefore, a hand PPE glove was designed using the *Quality Function Deployment* (QFD) method. The results indicated that the most important PPE attributes were finger protection (77%), ergonomic design (77%), ease of use (73%), tactile sensitivity to material surfaces (72%), and elastic material properties (71%)..

Keywords—Personal Protective Equipment (PPE), *Quality Function Deployment* (QFD), occupational accident risk, glove design, leather industry.

This is an open access article under the CC BY-SA License.



I. PENDAHULUAN

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan aspek penting dalam menciptakan lingkungan kerja yang aman serta mendukung peningkatan produktivitas perusahaan. Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970 menegaskan bahwa setiap tenaga kerja berhak memperoleh

perlindungan keselamatan selama bekerja guna meningkatkan kesejahteraan, produksi, dan produktivitas nasional [1]. Penerapan sistem K3 yang efektif dapat mengurangi risiko kecelakaan kerja sehingga mendukung kelancaran proses operasional perusahaan. Salah satu upaya pencegahan kecelakaan kerja adalah penggunaan alat pelindung diri (APD) [2] [3] [4]. Berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor PER.08/MEN/VII/2010 Pasal 7 Ayat 2, penggunaan APD perlu didukung oleh ketersediaan, kenyamanan, pengaturan, serta pengawasan yang memadai [5]. Lingkungan industri memiliki berbagai potensi bahaya yang dapat menyebabkan cedera ringan hingga kecelakaan fatal, terutama pada pekerjaan yang melibatkan penggunaan alat tajam dan mesin produksi.

PT. XYZ merupakan perusahaan industri kulit yang memproduksi berbagai produk fesyen, seperti tas, sepatu, dan dompet. Proses produksinya dilakukan secara manual maupun menggunakan mesin dan terbagi menjadi departemen persiapan, perakitan, serta finishing. Penelitian ini berfokus pada departemen persiapan yang meliputi aktivitas pemotongan kulit menggunakan *cutter*, embossing menggunakan mesin *stamping*, penyesetan kulit menggunakan mesin seset, pemotongan komponen tas menggunakan mesin strap cutting, serta pemotongan kulit simetris menggunakan mesin *hydraulic swing*.

Hasil survei pendahuluan menunjukkan bahwa aktivitas tersebut memiliki potensi kecelakaan akibat kerja (KAK), terutama akibat penggunaan alat tajam dan mesin produksi. Penilaian risiko menunjukkan bahwa aktivitas pemotongan kulit secara manual menggunakan *cutter* dan proses embossing dengan mesin *stamping* berada pada level 3 (moderate risk), sedangkan aktivitas penyesetan kulit dan busa, pemotongan komponen tas menggunakan mesin strap cutting, serta pemotongan kulit simetris menggunakan mesin *hydraulic swing* berada pada level 2 (low risk). Salah satu faktor penyebab tingginya risiko kecelakaan adalah tidak digunakannya APD sarung tangan oleh pekerja. Oleh karena itu, diperlukan perancangan APD sarung tangan yang sesuai dengan kebutuhan pekerja guna meningkatkan perlindungan dan mengurangi risiko kecelakaan kerja.

II. METODE

Quality Function Deployment (QFD) merupakan metode pengembangan produk yang berorientasi pada pelanggan dengan menerjemahkan kebutuhan pelanggan ke dalam karakteristik teknis produk sehingga dapat menjadi dasar dalam proses perancangan dan pengembangan produk [6] [7] [8].

Tahapan dalam penerapan QFD meliputi: (1) identifikasi kebutuhan dan keinginan konsumen sebagai atribut produk, (2) penentuan tingkat kepentingan atribut melalui kuesioner, (3) evaluasi kompetitif (*competitive evaluation*), (4) penyusunan matriks hubungan antara atribut dan karakteristik produk, (5) identifikasi hubungan antara kebutuhan pelanggan dan karakteristik teknis, (6) analisis keterkaitan antar karakteristik teknis, serta (7) penetapan target teknis yang ingin dicapai [9] [10]. Proses QFD diawali dengan pengumpulan *voice of customer* yang kemudian diterjemahkan ke dalam empat tahap utama, yaitu perencanaan produk (*product planning*), perancangan produk (*product design*), perencanaan proses (*process planning*), dan perencanaan pengendalian proses (*process planning control*) [11].

Perancangan produk merupakan suatu proses sistematis yang bertujuan untuk menganalisis, mengevaluasi, dan mengembangkan suatu sistem agar menjadi lebih optimal dengan mempertimbangkan kondisi saat ini dan kebutuhan masa depan [12] [13]. Hasil perancangan harus mampu memberikan kenyamanan, keamanan, dan kemudahan bagi pengguna. Oleh karena

itu, faktor manusia menjadi aspek penting yang harus dipertimbangkan. Dalam bidang ergonomi, pendekatan antropometri sering digunakan untuk menyesuaikan dimensi produk dengan karakteristik fisik pengguna.

Dalam antropometri, terdapat tiga pendekatan utama dalam perancangan, yaitu desain untuk pengguna ekstrem yang menggunakan persentil ke-5 dan ke-95, desain berdasarkan pengguna rata-rata yang menggunakan persentil ke-50, serta desain yang dapat disesuaikan (*adjustable design*) sehingga mampu mengakomodasi variasi ukuran tubuh pengguna [14] [15].

Berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor 8 Tahun 2010, Alat Pelindung Diri (APD) adalah peralatan yang digunakan untuk melindungi pekerja dari potensi bahaya yang dapat menyebabkan kecelakaan atau gangguan kesehatan akibat kerja [16]. Jenis APD meliputi pelindung kepala, mata dan wajah, pendengaran, pernapasan, tangan, serta kaki. Penelitian ini berfokus pada perancangan APD tangan berupa sarung tangan kerja untuk mengurangi risiko cedera pada proses produksi.

Data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui survei, wawancara, serta kuesioner terbuka, tertutup, dan perbandingan, sedangkan data sekunder diperoleh dari dokumen yang relevan. Data kuesioner diuji validitas dan reliabilitas menggunakan SPSS. Selanjutnya, data diolah menggunakan metode *Quality Function Deployment (QFD)* dengan *House of Quality (HOQ)* untuk menerjemahkan kebutuhan pekerja ke dalam spesifikasi teknis produk. Pengukuran antropometri tangan pekerja digunakan sebagai dasar penentuan ukuran, kemudian dilakukan perancangan APD tangan sesuai kebutuhan pengguna..

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi hasil penilaian risiko (*scoring* HIRADC) dari penelitian sebelumnya, kuesioner terbuka, kuesioner tertutup, kuesioner perbandingan, serta data antropometri tangan pekerja yang mencakup dimensi ibu jari, jari telunjuk, dan jari tengah.

Tabel 1. Pertanyaan Kuesioner Terbuka

No.	Pertanyaan Kuesioner Terbuka
1	Apakah di tempat kerja Anda diwajibkan menggunakan Alat Pelindung Diri (APD)? Jika ya, APD apa saja yang digunakan?
2	Bagaimana pendapat Anda mengenai penggunaan APD berupa sarung tangan dalam melindungi tangan dari kecelakaan akibat kerja (KAK)?
3	Faktor apa yang paling penting dalam memilih APD tangan?
4	Menurut Anda, bahan seperti apa yang nyaman digunakan sebagai APD tangan?
5	Apakah ukuran APD tangan memengaruhi kenyamanan saat bekerja?
6	Faktor apa yang membuat APD tangan dapat meningkatkan efisiensi kerja sekaligus memberikan kenyamanan saat beraktivitas?

Hasil kuesioner terbuka diolah menjadi kuesioner tertutup untuk menentukan prioritas kebutuhan pekerja terhadap APD tangan. Dari hasil tersebut diperoleh lima atribut utama, yaitu:

Tabel 2. Atribut Kebutuhan Pengguna pada Kuesioner Tertutup

No.	Atribut Kebutuhan Pengguna	Kode
1	APD yang mampu melindungi tangan dari risiko kecelakaan kerja	A1
2	Pelindung jari yang tetap memungkinkan pengguna merasakan permukaan material	A2
3	Menggunakan bahan yang elastis	A3
4	Memiliki desain yang ergonomis	A4
5	Mudah digunakan	A5

Kuesioner tertutup disebarakan kepada 21 pekerja Departemen Produksi PT. XYZ untuk menentukan tingkat kepentingan setiap atribut.

Tabel 3. Hasil Uji Validitas Kuesioner Tertutup

Atribut	r Hitung	r Tabel (N = 21; α = 5%)	Keterangan	Status
A1	0,481	0,4329	r hitung > r tabel	Valid
A2	0,605	0,4329	r hitung > r tabel	Valid
A3	0,640	0,4329	r hitung > r tabel	Valid
A4	0,695	0,4329	r hitung > r tabel	Valid
A5	0,627	0,4329	r hitung > r tabel	Valid

Hasil uji validitas menggunakan SPSS menunjukkan bahwa seluruh atribut memiliki nilai r hitung lebih besar dari r tabel (0,4329), sehingga dinyatakan valid. Selanjutnya, uji reliabilitas menghasilkan nilai Cronbach's Alpha sebesar 0,575 yang menunjukkan bahwa instrumen penelitian cukup reliabel dan dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut.

Tabel 4. Hasil Uji Reliabilitas.

Cronbach's Alpha	Jumlah Item
0,575	5

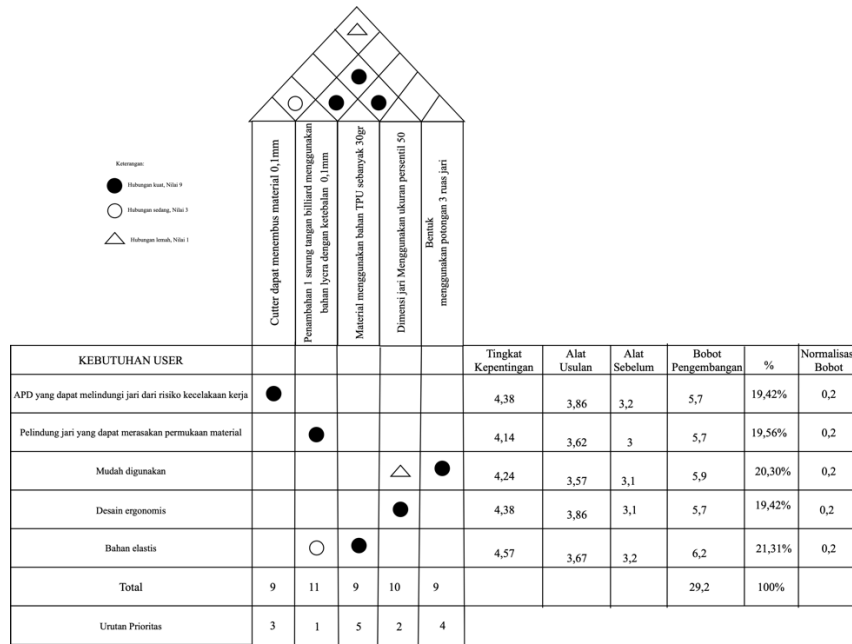
Berdasarkan hasil uji reliabilitas, seluruh atribut dapat digunakan dalam analisis tingkat kepentingan dan penyusunan *House of Quality* (HOQ). Hasil pada Tabel 5 menunjukkan bahwa atribut dengan tingkat kepentingan tertinggi adalah Mudah digunakan (78%), diikuti Desain ergonomis (73%), Pelindung jari yang dapat merasakan permukaan material (70%), serta APD yang dapat melindungi dari risiko kecelakaan kerja dan Bahan elastis yang masing-masing memperoleh nilai 69%.

Tabel 5. Tingkat Kepentingan Atribut APD Tangan

No.	Atribut	SP	P	CP	KP	TP	Total	Mean	Persentase
1	APD yang dapat melindungi dari risiko kecelakaan kerja	30	32	6	2	2	72	3,43	69%
2	Pelindung jari yang dapat merasakan permukaan material	20	32	12	10	0	74	3,52	70%
3	Bahan elastis	25	28	12	4	3	72	3,43	69%
4	Desain ergonomis	40	24	6	4	3	77	3,67	73%
5	Mudah digunakan	45	20	12	4	1	82	3,90	78%

Keterangan: SP = Sangat Penting, P = Penting, CP = Cukup Penting, KP = Kurang Penting, TP = Tidak Penting.

House of Quality (HOQ) digunakan untuk menerjemahkan kebutuhan pengguna ke dalam spesifikasi teknis APD tangan.



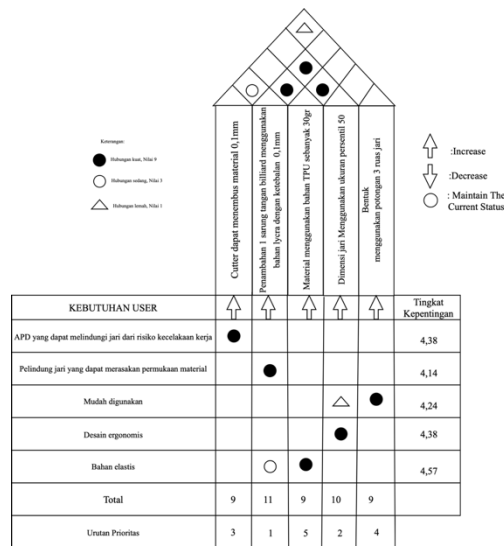
Gambar 1. *House of Quality (HOQ)*

Selanjutnya Rumah kualitas satu bertujuan untuk menentukan apa yang dilakukan agar suatu atribut dapat tercapai. Persyaratan agar atribut tercapai dapat digambarkan sebagai berikut:

Tabel 6. Persyaratan Teknis Berdasarkan Atribut Kebutuhan Pengguna (*HOQ* Tahap 1)

No.	Atribut Kebutuhan Pengguna	Persyaratan Teknis
1	APD yang melindungi dari risiko kecelakaan kerja	Material TPU tebal 0,1 mm tahan terhadap sayatan cutter.
2	Pelindung jari yang dapat merasakan permukaan material	Lapisan lycra tebal 0,1 mm untuk menjaga sensitivitas sentuhan.
3	Bahan elastis	Menggunakan material TPU sebanyak 30 gram.
4	Desain ergonomis	Dimensi berdasarkan data antropometri persentil ke-50.
5	Mudah digunakan	Desain tiga ruas jari untuk meningkatkan kenyamanan penggunaan.

Berdasarkan persyaratan teknis yang telah ditentukan pada HOQ tahap 1 serta hasil perhitungan tingkat kepentingan atribut berdasarkan kebutuhan pengguna, maka disusun House of Quality (HOQ) tahap 1 untuk menerjemahkan kebutuhan pengguna ke dalam karakteristik teknis produk.



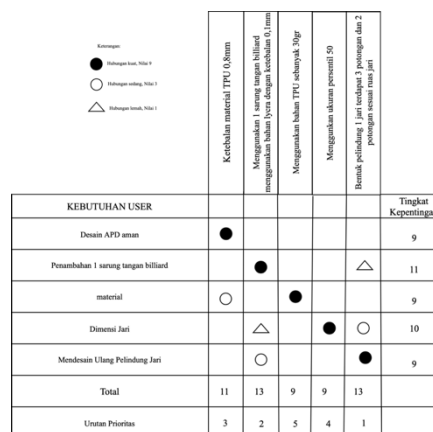
Gambar 2. House of Quality (HOQ) Tahap 1

Tahap berikutnya adalah *HOQ* tahap 2, di mana karakteristik teknis dari tahap sebelumnya digunakan sebagai atribut untuk menentukan karakteristik bentuk sebagai dasar pengembangan desain fisik APD tangan.

Tabel 7. Karakteristik Bentuk pada *HOQ* Tahap 2

No.	Atribut	Karakteristik Bentuk
1	Desain APD yang aman	Material TPU 0,8 mm sebagai pelindung utama.
2	Penambahan sarung tangan billiard	Satu lapis sarung tangan lycra tebal 0,1 mm.
3	Material	Penggunaan TPU sebanyak 30 gram.
4	Dimensi jari	Berdasarkan antropometri persentil ke-50.
5	Redesain pelindung jari	Desain mengikuti ruas jari dengan 3 potongan utama dan 2 tambahan.

Berdasarkan karakteristik bentuk yang telah ditetapkan, selanjutnya disusun *HOQ* tahap 2 untuk menggambarkan hubungan antara atribut kebutuhan dan karakteristik bentuk produk.



Gambar 3. House of Quality (HOQ) Tahap 2

Pada *HOQ* tahap 3, karakteristik bentuk digunakan sebagai atribut untuk menentukan karakteristik proses yang diperlukan dalam pengembangan dan pembuatan produk.

Tabel 8. Karakteristik Proses pada *HOQ* Tahap 3

No.	Atribut	Karakteristik Proses
1	Ketebalan material	Menentukan dan menyesuaikan ketebalan material berdasarkan kebutuhan sensitivitas dan ketahanan terhadap sayatan cutter.
2	Sarung tangan billiard berbahan lycra	Pengadaan komponen sarung tangan billiard sesuai spesifikasi yang telah ditentukan.
3	Material TPU sebanyak 30 gram	Menentukan estimasi kebutuhan material dan proses pengadaannya.
4	Dimensi berdasarkan persentil ke-50	Melakukan pengukuran serta pemodelan desain menggunakan perangkat lunak CAD.
5	Desain pelindung jari	Melakukan perancangan model dan pembuatan prototipe menggunakan teknologi 3D printing.

Karakteristik proses tersebut kemudian digunakan untuk menyusun *HOQ* tahap 3 guna menunjukkan hubungan antara atribut dan parameter proses yang dibutuhkan.

Keterangan:

● Hubungan kuat, Nilai 9

○ Hubungan sedang, Nilai 3

△ Hubungan lemah, Nilai 1

Merancang dan menyesuaikan dengan kesensitifan serta kekuatan agar tidak tertembus cutter

Menggunakan 1 sarung tangan billiard menggunakan bahan lycra dengan ketebalan 0,5mm

Menggunakan estimasi pemakaian dan pemesanan

Perhitungan dan desain menggunakan software CAD

Perancangan dan print 3D printing

KEBUTUHAN USER						Tingkat Kepentingan
Ketebalan material	●	△				11
Menggunakan 1 sarung tangan billiard menggunakan bahan lycra dengan ketebalan 0,5mm	△	●				13
menggunakan bahan TPU sebanyak 50gr	△		●		△	9
Menggunakan ukuran persentil 50	△			●		9
Bentuk pelindung 1 jari terdapat 3 potongan dan 2 potongan sesuai ruas jari	○	○			●	13
Total	15	13	9	9	10	
Urutan Prioritas	1	2	5	4	3	

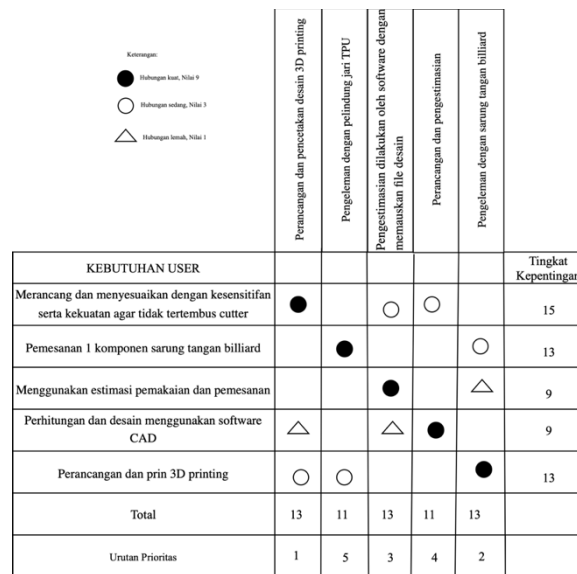
Gambar 4. *House of Quality* (HOQ) Tahap 3

Pada *HOQ* tahap 4, karakteristik proses digunakan untuk menentukan karakteristik perakitan yang diperlukan dalam menghasilkan produk akhir.

Tabel 9. Karakteristik Perakitan pada *HOQ* Tahap 4

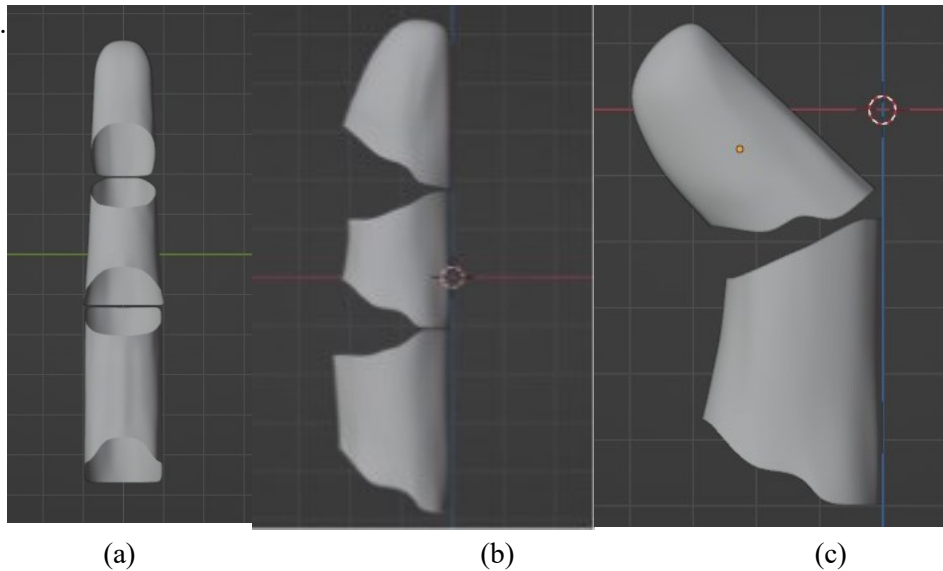
No.	Atribut	Karakteristik Perakitan
1	Penyesuaian ketebalan material terhadap sensitivitas dan ketahanan	Pembuatan desain dan pencetakan komponen menggunakan teknologi 3D printing.
2	Pengadaan komponen sarung tangan billiard	Proses penyambungan menggunakan perekat antara pelindung jari TPU dan sarung tangan billiard.
3	Estimasi kebutuhan material	Perhitungan kebutuhan material berdasarkan file desain menggunakan perangkat lunak pendukung.
4	Perancangan menggunakan CAD	Proses desain dan estimasi kebutuhan komponen.
5	Pembuatan prototipe 3D printing	Penyatuan komponen hasil cetak dengan sarung tangan billiard melalui proses perekatan.

HOQ tahap 4 disusun untuk menggambarkan hubungan antara atribut dan parameter perakitan pada tahap akhir pengembangan produk.



Gambar 5. *House of Quality (HOQ)* Tahap 4

Berdasarkan analisis *QFD*, diperoleh lima kebutuhan utama pengguna. Berdasarkan kebutuhan tersebut dan data antropometri pekerja, dilakukan perancangan pelindung ibu jari, telunjuk, dan tengah menggunakan perangkat lunak Blender.



Gambar 6. (a) Desain Pelindung Jari Tengah, (b) Desain Pelindung Jari Telunjuk, (c) Desain Pelindung Ibu Jari

Setelah tahap perancangan, prototipe dibuat menggunakan teknologi 3D printing dengan material *Thermoplastic Polyurethane* (TPU) yang bersifat elastis, fleksibel, dan mampu melindungi jari dari risiko cedera. Pelindung jari hasil cetak kemudian dipadukan dengan sarung tangan berbahan lycra untuk menghasilkan APD tangan yang sesuai dengan kebutuhan pekerja PT. XYZ.



Gambar 7. Usulan Desain APD Tangan

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis QFD, diperoleh lima kebutuhan utama pekerja Departemen Persiapan PT. Mandiri Jogja Internasional terhadap APD tangan, yaitu perlindungan dari risiko kecelakaan kerja, sensitivitas sentuhan, bahan elastis, desain ergonomis, dan kemudahan penggunaan. Hasil tingkat kepentingan menunjukkan bahwa perlindungan jari dan desain ergonomis memiliki nilai tertinggi sebesar 77%, diikuti kemudahan penggunaan (73%), sensitivitas sentuhan (72%), dan bahan elastis (71%). Pada HOQ tahap 1 hingga 4, prioritas tertinggi berturut-turut meliputi penggunaan sarung tangan lycra, dimensi antropometri persentil ke-50, desain pelindung jari mengikuti ruas jari, serta proses 3D printing dan perakitan komponen. Berdasarkan hasil tersebut, dihasilkan desain APD tangan berbahan TPU hasil 3D printing yang dikombinasikan dengan sarung tangan lycra, yang diharapkan mampu meningkatkan perlindungan sekaligus kenyamanan kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Presiden Republik Indonesia, *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 1970 Tentang Keselamatan Kerja*.
- [2] Ferlina Rizky Indah Nugroho, Anggun Nabila, Namira Wadjir Sangadji, and Putri Handayani, "Hubungan Pengetahuan Dengan Perilaku Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) Pada Pekerja Proyek 'Mainline 1' PT. Nindya Citra Kharisma Kso Tahun 2023," *Jurnal Ilmu Kesehatan dan Gizi*, vol. 1, no. 4, pp. 146–155, Aug. 2023, doi: 10.55606/jikg.v1i4.1785.
- [3] L. Di Milia, M. H. Smolensky, G. Costa, H. D. Howarth, M. M. Ohayon, and P. Philip, "Demographic factors, fatigue, and driving accidents: An examination of the published literature," *Accid. Anal. Prev.*, vol. 43, no. 2, pp. 516–532, Mar. 2011, doi: 10.1016/j.aap.2009.12.018.
- [4] M. Fauzan, E. C. Putri, A. Irfandi, and N. W. Sangadji, "Faktor – Faktor yang Berhubungan dengan Perilaku Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) Di PT.X Tahun 2024," *PREPOTIF : Jurnal Kesehatan Masyarakat*, vol. 9, no. 1, pp. 2176–2186, Apr. 2025, doi: 10.31004/prepotif.v9i1.42820.
- [5] Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor Per.08/Men/Vii/2010 Tentang Alat Pelindung Diri."
- [6] R. Ginting, A. Ishak, A. Fauzi Malik, and M. R. Satrio, "Product Development with Quality Function Deployment (QFD) : A Literature Review," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1003, no. 1, p. 012022, Dec. 2020, doi: 10.1088/1757-899X/1003/1/012022.
- [7] I. B. Rapelo, K. A. Priyatama, M. B. Baihaqi, M. R. Darmawan, R. Setiawan, and I. Setiawan, "Tinjauan Pustaka Sistematis Penerapan Quality Function Deployment di Industri Manufaktur," *Jurnal Optimalisasi*, vol. 9, no. 1, p. 54, Apr. 2023, doi: 10.35308/jopt.v9i1.6687.
- [8] X. Wu and H. Liao, "Customer-oriented product and service design by a novel quality function deployment framework with complex linguistic evaluations," *Inf. Process. Manag.*, vol. 58, no. 2, p. 102469, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.ipm.2020.102469.
- [9] R. Ginting, *PERANCANGAN PRODUK*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.
- [10] R. Ginting, A. Ishak, A. Fauzi Malik, and M. R. Satrio, "Product Development with Quality Function Deployment (QFD) : A Literature Review," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1003, no. 1, p. 012022, Dec. 2020, doi: 10.1088/1757-899X/1003/1/012022.
- [11] V. Gaspersz, *Total quality management*. PT Gramedia Pustaka Utama., 2001.

- [12] G. , T. N. A. , R. P. , & P. N. B. (2024, O. P. P. dengan M. N. Cross. I. T. C. S. E. and E. (EE) (Vol. 7, No. 1, pp. 72-83). Imel, “TALENTA Conference Series: Energy and Engineering Perancangan Produk dengan Menggunakan Nigel Cross,” 2024, doi: 10.32734/ee.v7i1.2173.
- [13] K. Wang, R. Tan, Q. Peng, L. Zhang, and F. Wang, “A systematic problem analysis network for product conceptual design,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 194, p. 110382, Aug. 2024, doi: 10.1016/j.cie.2024.110382.
- [14] H. Castellucci *et al.*, “Applied anthropometry for common industrial settings design: Working and ideal manual handling heights,” *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 78, p. 102963, Jul. 2020, doi: 10.1016/j.ergon.2020.102963.
- [15] I. Mohammadfam, M. Mahdinia, A. Soltanzadeh, M. Mirzaei Aliabadi, and A. R. Soltanian, “A path analysis model of individual variables predicting safety behavior and human error: The mediating effect of situation awareness,” *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 84, p. 103144, Jul. 2021, doi: 10.1016/j.ergon.2021.103144.
- [16] Kementerian Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No. PER.08/MEN/VII/2010 tentang Alat Pelindung Diri*. Jakarta, Indonesia, 2010.