

Permodelan Materi Pengajaran Mata Kuliah Ergonomi pada Program *Product Design Engineering*

Erwin Rezasyah¹, Reiko Sarah Pradita², Maria Annissa Laetitia Vheran Loekitodisastro³, Calista Angeline⁴, Dave Mangindaan⁵

^{1,2,3,4} Product Design Engineering Program, BINUS ASO School of Engineering, Bina Nusantara University,

⁵ Professional Engineer Program Department, Faculty of Engineering, Bina Nusantara University, Jakarta, Indonesia 11480

erwin.rezasyah@binus.edu; reiko.pradita@binus.ac.id; maria.loekitodisastro@binus.ac.id; calista.angeline@binus.ac.id; dmangindaan@binus.edu

Abstract - The subject of Ergonomics serves as an important part on the education for Product Design Engineering, in which it sets the fundamental understanding for future engineers over the human aspect in engineered a new product. The teaching method of Ergonomics using theoretical approach, followed by laboratory practice to simulate the approach on improving a product or system from the human point of view as user. However, in the context of Product Design Engineering that seeks an output in form of a product solution the approach used in Ergonomics teaching may not be reaching the level of prototyping that can represent a tangible solution. This paper is discussing an alternate approach of applying Project-based model for teaching Ergonomics with aim to produce an output of conceptual product to materialize the Ergonomics improvement parameters resulted from the theoretical and laboratory practice approach initially conducted from the previous approach. The adoption of Design Thinking method into the teaching plan was being introduced as a mean of allowing a direct and practical way of leading the process up to prototyping phase and thus setting up a platform for further improvement. The case study was deducted from the teaching subject of Human-Integrated Systems class by utilizing the ongoing teaching plan as the media for introducing the new approach.

Keyword: Ergonomics; Product Design; Engineering.

Abstrak - Mata kuliah Ergonomi merupakan bagian penting dalam pengajaran di program sarjana bidang Product Design Engineering sebagai peletak dasar pemahaman seorang calon insinyur terhadap aspek manusia dalam rekayasa sebuah produk. Namun pendekatan pengajaran Ergonomi yang pada umumnya menerapkan materi teori dan praktikum pengujian tidak dirancang untuk memberikan keluaran berupa konsep rekayasa desain sebuah produk baru secara fisik, dan akan terhenti di tahap panduan perancangan. Dalam karya ini, metode yang diusulkan

berupa pendekatan melalui proyek rekayasa desain yang akan menghasilkan sebuah konsep produk sebagai keluaran dari proses pembelajaran Ergonomi. Fase pengajaran sebelumnya mengetengahkan pendekatan teori dasar faktor manusia yang dilanjutkan dengan praktikum berisi pengujian teori ke dalam contoh soal. Pendekatan baru yang diperkenalkan merupakan komplemen pendekatan sebelumnya melalui penerapan proses Design Thinking dengan tujuan untuk memperoleh perwujudan fisik dari produk yang akan diajukan sebagai perbaikan terhadap aspek faktor manusia dari konsep produk sebelumnya. Kelemahan pada aspek ergonomi dari sistem di produk lama akan diidentifikasi, didefinisikan, dibuatkan mock-up untuk evaluasi, dan usulan purwarupa untuk dijadikan rujukan awal bagi pengembangan selanjutnya. Contoh kasus akan diambil dari kelas mata kuliah Human-Integrated System yang mengadopsi pendekatan Ergonomi perancangan produk dan sistem kerja manusia, sebagai media pengujian pendekatan aspek Product Design Engineering dalam pengajaran, dengan studi kasus pada BINUS ASO School of Engineering

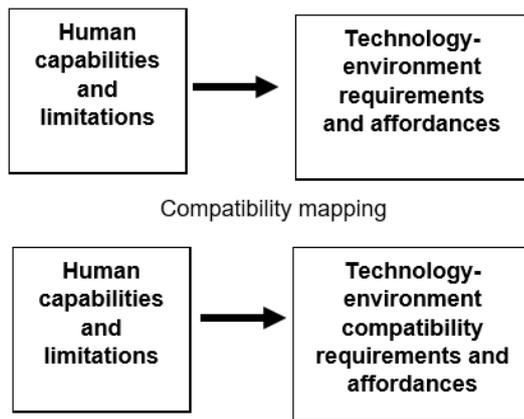
Keyword: Ergonomi; Product Design; Engineering.

I. PENDAHULUAN

1.1. Konsep Umum Pengajaran Ergonomi

Metode pengajaran Ergonomi dalam mata kuliah Human-Integrated System pada program studi Product Design Engineering sebagai bagian dari disiplin keilmuan Teknik Industri merupakan bagian dari pendekatan Problem-Based Learning, yang dinyatakan oleh Moody (Moody, 2011) sebagai pendekatan pengajaran bidang sains dan rekayasa yang berbasiskan open-ended problem. Freivald dan Niebels (Freivalds et al., 2013) menjabarkan pendekatan Ergonomi sebagai sebuah proses analitikal terhadap metodologi dan sistem kerja manusia menjadi bagian integral yang diterapkan dalam pengajaran mata

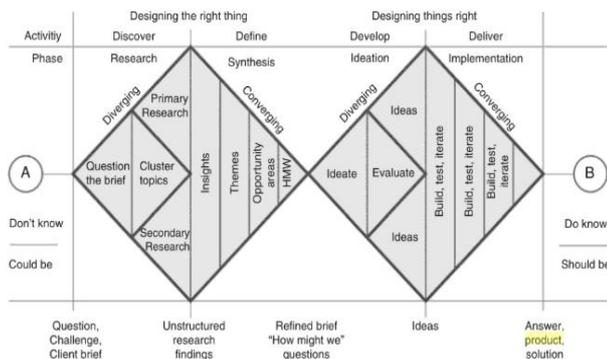
kuliah *Human-Integrated System*. Silabus pengajaran memadukan antara pendekatan teori yang menengahkan aspek-aspek karakteristik fisik dan psikologis manusia dan lingkup ruang kerjanya, dengan praktikum untuk pengukuran performa kerja manusia, dengan tujuan memberikan pemahaman dasar mengenai keilmuan ergonomi dalam kaitan dengan kegiatan manusia. Penekanan diberikan terhadap aspek kemampuan dan keterbatasan manusia, seperti diterangkan oleh Karwowski (Karwowski, 2007) melalui diagram *Compatibility Mapping* pada Gambar 1 yang menggambarkan korelasi kesesuaian antara manusia, sistem, teknologi, dan lingkungan kerja.



Gambar 1. Diagram *Compatibility Mapping*

1.2. Pendekatan *Product Design Engineering*

Secara spesifik, proses yang dijalankan di *Product Design Engineering* memiliki penekanan pada tahapan proses secara lebih detail, seperti konsep ‘*Double Diamond*’ yang diusulkan oleh Design Council, UK (Design Council of United Kingdom, 2020) dan kemudian dikembangkan lebih detail oleh Dan Nessler (Nessler, 2016) pada Gambar 2 berikut ini;



Gambar 2. *Double Diamond of Design Process* (Design Council of United Kingdoms, 2020)

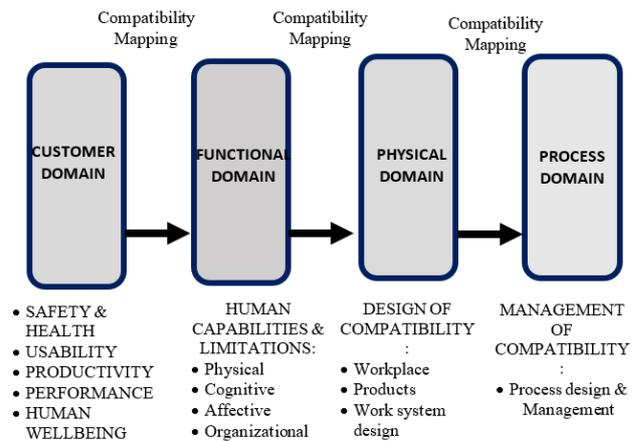
Pada model pendekatan proses *Double Diamond* ini, fase proses dibagi ke dalam dua (2) tahapan utama yang diistilahkan oleh Nessler dengan ‘*Designing the Right Thing*’, yaitu proses pendefinisian kebutuhan dari target pengguna akan sebuah produk yang spesifik, dan tahapan ‘*Designing Things Right*’, yang merupakan tahapan desain dari produk itu beserta atribut yang diperlukan dan solusi yang final.

II. METODOLOGI

2.1. Model pembelajaran Ergonomi untuk *Product Design Engineering*

a. Modul pengajaran Teori dan Praktikum

Modul pengajaran dalam mata kuliah *Human-Integrated System* ditujukan untuk membangun pemahaman teoritis dan pembuktian melalui praktek pengukuran. Hal ini mendasari penyusunan materi pengajaran yang menekankan kepada aspek-aspek performa kerja, keselamatan kerja, analisa tingkat kesalahan, perancangan ruang kerja, dan sistem antarmuka manusia dengan komputer. Adapun pembagian kelompok pembahasan dibagi ke dalam empat (4) bagian utama yang sejalan dengan teori pendekatan dari Karwowski (Karwowski, 2007) pada Gambar 3.

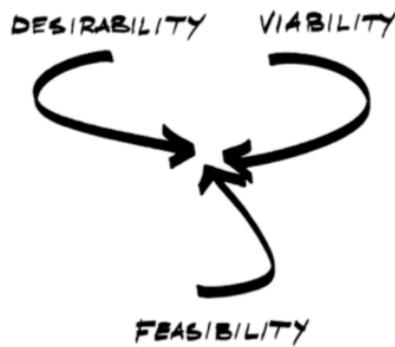


Gambar 3. *Four Domains of Design in Ergonomics*

Pada prinsipnya, pembagian kelompok pembahasan ini bertujuan untuk mengklasifikasikan aspek-aspek ergonomi yang dikaji berdasarkan komponen yang terlibat di dalam sebuah aktivitas kerja manusia. Proses pengajaran dimulai dengan pemberian teori dasar dalam sebuah sesi kelas untuk setiap materi dari silabus diiringi pembahasan mengenai aspek Ergonomi yang dijadikan fokus. , dengan diikuti modul praktikum pendukung beberapa teori yang memiliki komponen pengukuran, yang diperlukan sebagai sarana pembelajaran evaluasi terhadap aspek ergonomi yang dibahas.

b. Penerapan *Design Thinking*

Design Thinking merupakan suatu pendekatan untuk mendapatkan penyelesaian permasalahan, yang menurut Diederich (Diederich, 2020) merujuk kepada proses desain secara iteratif dan mengkaji alternatif solusi permasalahan menggunakan pendekatan untuk antisipasi langkah ke depan dan berfokus kepada pengguna (*user-centered*). Dalam proses di pedagogi pendidikan *Product Design Engineering*, Chung (Chung, 2018) menyatakan bahwa dalam sebuah proses rekayasa desain seorang *product design engineer* akan selalu memfokuskan diri kepada aspek pengguna terlebih dahulu, untuk kemudian dikembangkan ke arah penyesuaian dari segi teknologi, manufaktur, biaya dan optimalisasi pengembangannya di masa mendatang. Ia juga menggambarkan korelasi proses ini melalui bagan sederhana pada Gambar 4 mengenai tiga aspek inovasi dari Tim Brown (Brown, 2009):



Gambar 4. Brown's Three Spaces of Innovation

Pada bagan ini, Brown menekankan tiga (3) aspek penting dalam sebuah proses inovasi produk baru, yang terdiri atas:

1. **Desirability:** Apa yang sesuai dengan pemikiran pengguna dan untuk pengguna
2. **Feasibility:** Fungsi apakah yang berpeluang untuk diterapkan untuk menjawab permasalahan pada masa mendatang
3. **Viability:** Bagian mana yang memiliki kemungkinan untuk menjadi bagian dari permodelan bisnis yang berkelanjutan / sustainable.

Konsep *Design Thinking* itu sendiri mengetengahkan suatu rangkaian proses yang bersifat pragmatis dengan tujuan yang dikemukakan Curedale (Curedale, 2013) untuk memperoleh alternatif solusi kepada permasalahan yang dihadapi dengan cara yang lebih praktis dan inovatif dibandingkan metode konvensional melalui proses riset yang elaboratif. Chung (Chung, 2018) menegaskan proses *Design Thinking* sebagai sebuah *abductive approach*, yang menggunakan pendekatan observasi dan analisa pragmatis untuk menarik sebuah kesimpulan awal yang paling mendekati solusi untuk sebuah permasalahan. Selanjutnya, ia menjabarkan proses tersebut dalam diagram kuadran proses *Design Thinking* pada Gambar 5 berikut;

past/present	(1) Observing	(2) Learning
	<ul style="list-style-type: none"> • Observing • Interviewing • Mind mapping • Answering five-why questions 	<ul style="list-style-type: none"> • Classifying information • Determining analogies • Identifying personas • Documenting customer journeys and value chains
future	(3) Designing	(4) Validating
	<ul style="list-style-type: none"> • Ideating • Brainstorming • Prototyping • Building mock-ups 	<ul style="list-style-type: none"> • Hypothesizing • Experimenting • Running simulations • A/B testing
	divergent thinking exploratory analysis	convergent thinking confirmatory synthesis

Gambar 5. Design Thinking Process (Chung, 2018)

Dalam penerapannya, *Design Thinking* berfokus pada identifikasi terhadap pengguna dan memetakan seluruh atribut terkait dari pengguna tersebut yang dinilai memiliki peran dalam menentukan konteks permasalahan

dan arah kebutuhan pengguna yang belum teridentifikasi. Pembagian kuadran ke dalam formasi matriks vertikal dari diagram di atas, menunjukkan klasifikasi proses di kuadran 1 (*Observing*) dan 3 (*Designing*) sebagai kuadran yang menerapkan pola berpikir melebar atau divergen, bersifat eksploratif melalui proses pencarian jawaban dan ide secara terbuka, dan menerapkan pendekatan analitik dalam penyusunan kerangka pengumpulan informasi, dengan tujuan untuk memperoleh sebanyak mungkin masukan dan inspirasi yang dapat digunakan sebagai data utama. Sedangkan pada kuadran 2 (*Learning*) dan 4 (*Validating*), pola pemikiran yang digunakan ialah dengan mengerucut kepada pilihan yang lebih tinggi kemungkinannya sebagai jawaban permasalahan, dan bersifat sintesis dengan menghasilkan solusi tentatif yang akan diujikan di akhir proses.

Pada sebuah proses *Engineering Design*, tahapan pelaksanaan yang secara umum dilaksanakan memiliki persamaan secara fundamental seperti yang dicontohkan dari bagan tahapan *Engineering Design* dari *NASA Education* (NASA STEM Engagement, 2017) sebagai berikut;

1. Identify the Problem
 2. Determine Criteria and Constraints
 3. Brainstorm for Solution
 4. Generate Ideas
 5. Explore Possibilities
- Divergent Process Exploring
-
6. Select approach
 7. Build Prototype
 8. Refine Design
- Convergent Process Confirming

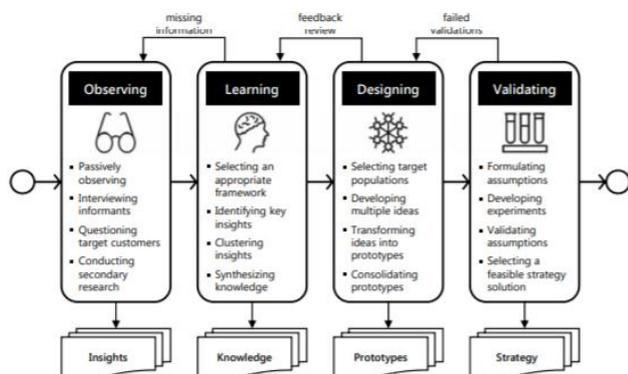
Apabila dikaitkan dengan proses dalam *Design Thinking* dan *Double Diamond approach* sebelumnya, maka terlihat adanya koherensi antara proses yang dijalankan dan atribut yang dihasilkan.

Dalam korelasinya terhadap pengajaran Ergonomi / *Human-Integrated System* di program studi *Product Design Engineering*, adopsi terhadap pendekatan ini memiliki kekuatan berupa kontinuitas / kesinambungan dari sebuah hasil identifikasi permasalahan dan pendefinisian solusi yang menghasilkan sebuah produk yang memiliki wujud / tangible serta dapat menstimuli respon dari pengguna secara interaktif.

c. Pengembangan prototype produk

Dari penerapan metode *Design Thinking* ke dalam pembelajaran mata kuliah *Human-Integrated System*, modul pengajaran pun mengalami penyesuaian dengan penambahan model proyek rekayasa desain produk yang ditargetkan untuk menghasilkan prototype produk sebagai hasil pengembangan berdasarkan perbaikan dari desain produk sebelumnya. Konsep pendekatan ini masih terbilang baru, yang mana sebelumnya pengajaran *Human-Integrated System* akan menghasilkan panduan perbaikan desain suatu produk dalam bentuk parameter nilai dan tidak memiliki wujud fisik / *intangible*. Tujuan dari penerapan model proyek ini ialah untuk memberikan pengalaman dan kemampuan baru dari mahasiswa program *Product Design Engineering* dalam menerjemahkan hasil analisa

mereka terhadap performa dan kualitas sebuah produk untuk dibuatkan sebuah pengembangan konsep desain baru yang memiliki nilai serta kualitas yang lebih baik. Diderich (Diderich, C., 2020), mengusulkan sebuah pendekatan baru dari *Design Thinking*, berupa *Design Thinking Strategy* (DTS) yang memacu visi pengembangan konsep rekayasa desain sebuah produk untuk dapat mengantisipasi kebutuhan di masa mendatang dan dengan demikian akan memiliki nilai kesinambungan / *sustainability* dalam persaingan pasar. Ia menampilkan sebuah model pendekatan DTS, seperti terlihat pada Gambar 6 Diderich menempatkan proses prototyping sebagai media evaluasi yang bersifat fleksibel dan merupakan representasi dari usulan strategi desain secara lebih realistis dan dapat divalidasi. Dengan demikian, atribut pada purwarupa sebuah produk perlu untuk menampilkan komponen fisik dan fungsi serta *interface* atau antarmuka yang representatif terhadap produk sebenarnya.



Gambar 6. Design Thinking Strategy

Pada konteks ini, pengadopsian model proyek rekayasa desain kedalam pembelajaran ergonomi di mata kuliah *Human-Integrated System* berfungsi untuk memfasilitasi pendekatan baru berupa prototype dari produk yang dikaji dari aspek ergonomi beserta seluruh atribut terkaitnya.

III. HASIL DAN DISKUSI

Pada percobaan penerapan proyek rekayasa produk pada Mata kuliah *Human-Integrated System* di program *Product Design Engineering*, ditetapkan sebuah tema utama '*Design of Safety Equipment*', dengan menengahkan lingkup kajian dan pengembangan berdasarkan peralatan keselamatan yang secara umum digunakan saat ini. Proyek ini diberikan sebagai tugas kelompok, dengan tujuan untuk melatih kerjasama tim dan pembentukan sikap mental profesional sebagai seorang *Product Design Engineer* dalam sebuah tim kerja. Setiap tim diminta untuk memilih sebuah alat keselamatan untuk dijadikan sebagai bahan kajian dari aspek ergonomi secara keseluruhan, dengan menggunakan pendekatan dari bahan perkuliahan dan praktikum yang telah diberikan. Seluruh proses dipandu bersama oleh tim asisten laboratorium *Human-Integrated System* dan difasilitasi oleh dosen pengampu mata kuliah berkenaan. Setiap tim diminta untuk menganalisa permasalahan ergonomi dari produk yang dipilih, dan menetapkan pendekatan yang

paling sesuai untuk mendapatkan perumusan alternatif solusi terhadap permasalahan tersebut. Pada fase ini, pendekatan yang dilakukan menggunakan pemahaman yang telah diperoleh dari pembelajaran teori dan praktikum dalam kelas dan laboratorium, sehingga diperoleh sebuah parameter perbaikan dan pengembangan untuk kemudian dilanjutkan dengan penerapan metode *Design Thinking*. Pada fase kedua ini, setiap tim diminta untuk melakukan observasi dan wawancara kepada pihak-pihak yang terkait dengan penggunaan produk berkenaan guna memperoleh gambaran konkrit mengenai *User Experience* dan *Feedback* dari pengguna.

Salah satu contoh adalah proyek kajian desain Alat Pemadam Api Ringan (APAR) yang dievaluasi dan dirancang ulang oleh kelompok mahasiswa semester 03 program *Product Design Engineering, Binus ASO School of Engineering* yang beranggotakan tiga (3) orang diketuai oleh Reiko Sarah Pradita serta beranggotakan Maria Anissa dan Calista Angeline. Desain awal APAR yang dievaluasi oleh kelompok ini seperti terlihat pada Gambar 7 berikut ini;



Gambar 7. Alat Pemadam Api Ringan (APAR)

Pada mulanya, kelompok pengkajian APAR ini melakukan analisa terhadap aspek-aspek Antropometri, Biomekanika, dan *Usability* dari produk yang tersedia, dan membuat kajian terhadap ukuran dari bagian-bagian tertentu APAR tersebut, prosedur penggunaannya, penanganan semasa penggunaan, dan posisi penempatan APAR tersebut dalam keadaan aslinya. Kajian ini juga bertujuan untuk mengetahui seberapa jauh masyarakat awam memahami tata cara penggunaan APAR jika suatu saat terjadi situasi darurat yang memerlukan tindakan pemadaman api oleh orang awam. Pendekatan untuk evaluasi ini menggunakan metode *Job Hazard Analysis* untuk mengetahui potensi resiko yang dapat terjadi pada pengoperasian APAR yang tersedia sekarang, dan juga dilakukan pendekatan melalui metode *Fault Tree Diagram* guna mendapatkan gambaran tentang potensi kesalahan penggunaan yang dapat terjadi pada pengoperasian APAR secara umum. Dari kedua pendekatan diatas, akan ditarik suatu kesimpulan mengenai kelemahan desain APAR yang ada saat ini dan akan disusun langkah-langkah perbaikan desain melalui penetapan kriteria desain.

Pendekatan awal dilakukan melalui metode *Job Hazard Analysis* seperti terlihat pada Tabel 1. yang

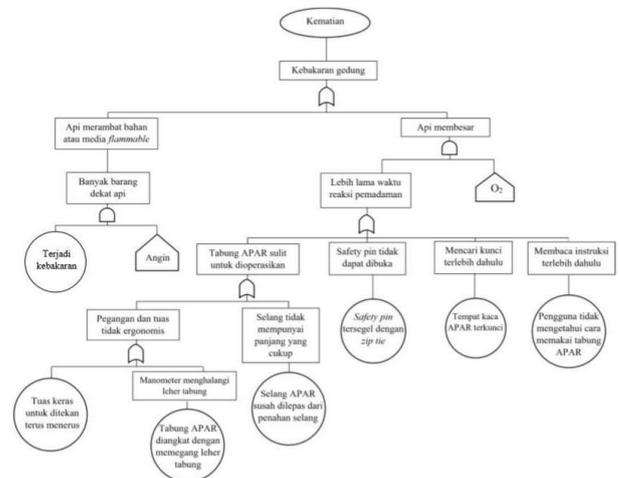
mengarah kepada potensi permasalahan yang dapat terjadi pada bagian-bagian tertentu.

Tabel 1. Job Hazard Analysis

DESKRIPSI PEKERJAAN: Menggunakan APAR	DIBUAT OLEH: Maria Annessa, Calista Angeline, Reiko Sarah
DEPT. ISSUING: Product Design Engineering	DIPERIKSA OLEH: Erwin Rezasyah, S.Ds., MID.
LOKASI: Kampus Binus ASO	TANGGAL: 23 Desember 2019

No	KEY JOB STEPS	POTENTIAL HEALTH AND INJURY HAZARD	SAFE PRACTICES, APPAREL AND EQUIPMENT
1	Membuka tempat kaca tabung APAR.	Api bertambah besar karena pergi mencari kunci pembuka daripada memecahkan kaca. Terpaksa harus memecahkan kaca dengan tangan	Mengganti kunci tempat kaca APAR dengan <i>locking system</i> yang lebih sederhana. Menempatkan tabung APAR dengan rak atau <i>bracket</i> pada dinding. Menyediakan alat pemecah kaca untuk keadaan darurat dengan sarung tangan.
2	Mengangkat tabung APAR dengan memegang bagian leher atau badan tabung yang ada pada alat pemadam api.	Tabung jatuh karena tidak ada pegangan yang spesifik. Sulit diangkat oleh operator yang kidal, karena leher tabung menghalang manometer	Memberikan pegangan yang khusus dan tidak menghalang oleh tuas. Mendesain gagang agar dapat dipegang dengan tidak canggung dan nyaman, seakan terintegrasi dengan tubuh operator. Menempatkan manometer di atas tabung, pada sisi luar ketebalan di bawah gagang APAR.
3	Menarik <i>safety pin</i> yang ada pada alat pemadam api.	<i>Safety pin</i> masih tersegel dengan <i>zip tie</i> sehingga susah ditarik	Membuka segel <i>zip tie</i> sebelum tabung APAR diletakan pada tempat umum.
4	Mengarahkan nozzle dengan memegang ujung selang alat pemadam api agar penyemprotan terkendali.	Selang susah dilepaskan dari penahan	Merancang penempatan selang yang lebih mudah dioperasikan
5	Menekan tuas handle bagian atas dengan sepenuhnya.	Pegangan tuas tidak ergonomis. Tuas cukup keras untuk ditekan terus menerus sehingga tangan operator pegal atau cedera.	Merancang gagang yang nyaman dipegang dan sesuai antropometri. Mengganti tuas dengan tombol yang ditekan dengan tangan.
6	Menyapu dengan selang dari satu sisi ke sisi yang lain agar media merata.	Selang tidak mempunyai panjang yang mencukupi sehingga harus mendekat ke sumber api.	Memperpanjang ukuran selang pada APAR desain baru.

Fault Tree Diagram pada Gambar 8 mengarah kepada keperluan untuk dilakukan kajian antropometri ukuran pegangan APAR, postur pengoperasian (Biomekanik), dan aspek Kognitif dari pemilihan posisi *safety pin*, lokasi penempatan tabung APAR, dan prosedur penggunaannya. Tujuan pendekatan ini ialah untuk memetakan potensi permasalahan yang dapat terjadi pada pengoperasian APAR dengan desain yang ada saat ini.



Gambar 8. Fault Tree Diagram

Selanjutnya kelompok ini melakukan pendekatan observasi dan wawancara dengan pihak yang berwenang dalam penanggulangan kebakaran, dalam hal ini dilakukan kunjungan langsung ke Kantor Dinas Pemadam Kebakaran Kotamadya Tangerang Selatan. Pada Gambar 9, 10, dan 11. menunjukkan kunjungan tim mahasiswa ke instalasi Dinas Pemadam Kebakaran Kotamadya Tangerang Selatan, dimana mahasiswa mendapatkan masukan berharga mengenai prosedur pengoperasian APAR yang benar, serta mewawancarai salah seorang pimpinan unit Damkar untuk mendapatkan informasi lengkap mengenai persepsi masyarakat umum tentang penggunaan APAR, dan potensi-potensi permasalahan yang dapat terjadi terkait desain APAR yang ada saat ini.

Kunjungan tersebut menghasilkan berbagai masukan berharga, seperti informasi penempatan tabung APAR yang sesuai, perlunya diperhatikan aspek lokasi penempatan dan pemberian petunjuk khusus penggunaan tabung APAR bagi kemudahan penggunaan oleh orang awam, dan efisiensi dari penempatan komponen tertentu.



Gambar 9. Petugas Damkar



Gambar 10. Demo Penggunaan APAR



Gambar 11. Panduan penggunaan APAR

Berikutnya, dilakukan pendekatan *Design Thinking*, yang menjadi komponen improvisasi pembelajaran dalam mata kuliah *Human-Integrated System* bagi mahasiswa program *Product Design Engineering*, guna mendapatkan hasil pengembangan desain yang berdasarkan pendekatan teori dan praktikum dari pengajaran sesi kelas dan diwujudkan melalui pendekatan baru, yaitu pola pengajaran sistem studio desain berbasis proyek.

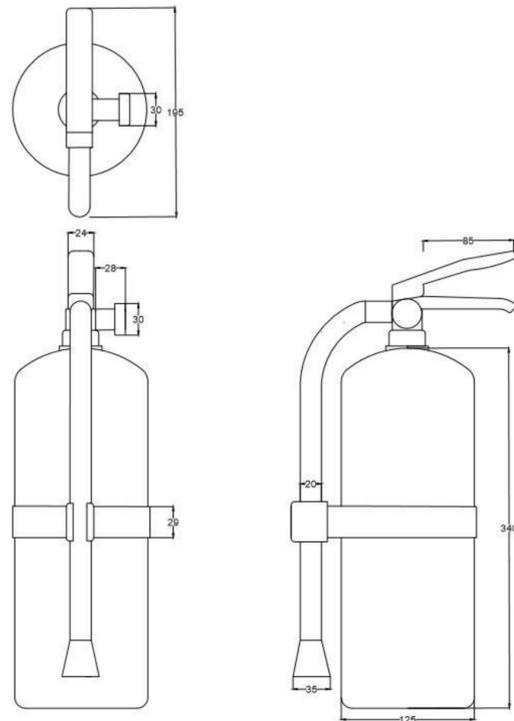
Dari proses yang dijalankan, merujuk pada diagram *Design Thinking* dan *Double Diamond* pada proses desain, komponen awal *Diverging the scope* melalui *Observing* dan *Discovery* dilakukan pada tahap kedua ini, sedangkan komponen pada tahap kajian parameter Ergonomi di awal proses melalui hasil pembelajaran teori dan praktikum justru menempati fase kedua pada diagram *Double Diamond* (*Synthesis*), dan fase ke-2 dari diagram *Design Thinking* (*Learning*).

Proses selanjutnya berupa pengembangan desain produk seperti terlihat pada Gambar 12 berdasarkan parameter teori Ergonomi dan panduan dari kajian pengguna, dengan perbaikan pada aspek ukuran dan bentuk pegangan tabung APAR, posisi pin pengaman, sistem penyimpanan selang fleksibel, posisi penempatan tabung APAR, dan label instruksi penggunaan tabung APAR.



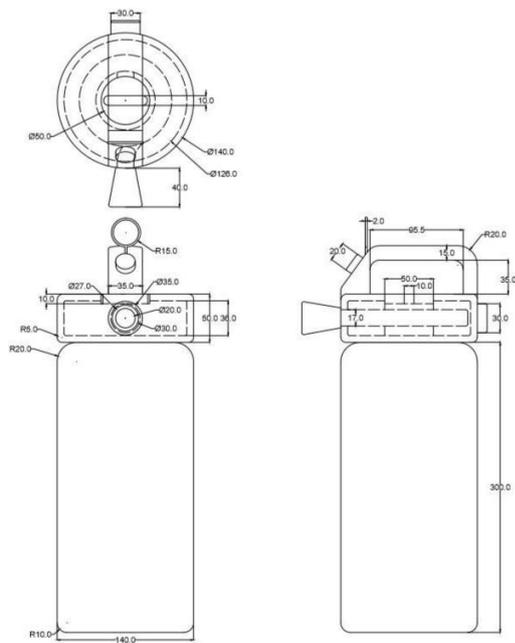
Gambar 12. Proses pengembangan ide desain dan permodelan digital

Perbandingan ukuran dan konfigurasi komponen APAR dari desain lama dan APAR konsep baru terlihat pada Gambar 13 dan 14.



Gambar 13. Tabung APAR desain lama

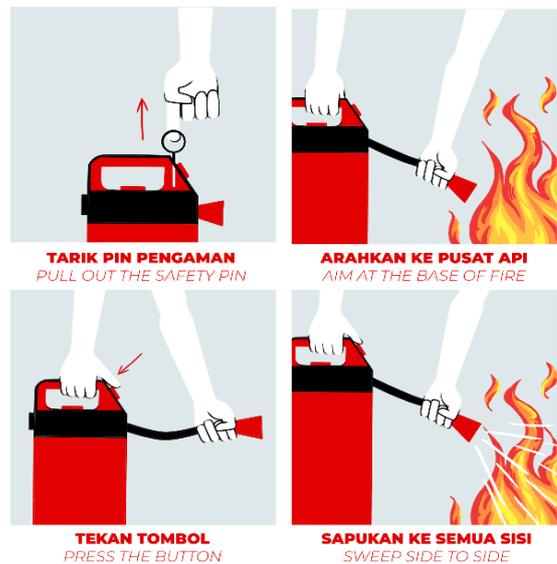
Tabung APAR desain sebelumnya pada Gambar 13 menampilkan konsep desain pegangan berjenis *Open Frame*, yang pada penggunaan di kondisi tangan dalam keadaan basah atau berkeringat maka permukaan bagian pemegang akan berpotensi menjadi licin, dan lebih sulit ditangani serta beresiko pegangan terlepas dan membahayakan pengguna. Selain itu, penempatan selang dengan klip pengunci di samping tabung dapat mengurangi tingkat kepraktisan dan kecepatan penggunaan.



Gambar 14. Tabung APAR desain baru

Pada desain tabung APAR yang telah ditingkatkan segi Ergonominya, aspek pertama yang terlihat adalah perubahan pada desain handel pemegang atas, yang berbentuk *Full Grip*, dan memastikan kestabilan pegangan saat tabung APAR dioperasikan. Penempatan selang dengan sistem penggulung berbasis pegas dapat meningkatkan kecepatan perentangan selang dan memudahkan langkah penggunaan. Penempatan Pin pengaman pada bagian atas menambah kemudahan akses bagi pengguna. Pendekatan melalui analisa *Fault Tree Diagram* dan *Job Hazard Analysis* memberikan landasan penentuan parameter perbaikan desain yang diwujudkan dalam bentuk tabulasi dan diagram. Pada titik pencapaian ini, pendekatan dari sudut pandang *Product Design Engineering* diimplementasikan ke dalam proses, sebagai media untuk visualisasi pengembangan desain dari produk perbaikan yang akan dibuat. Pentingnya pembuatan purwarupa atau *Prototyping* seperti yang ditegaskan oleh Ulrich, Eppinger dan Yang (Ulrich et al, 2019), bahwa purwarupa adalah sebagai bentuk media fisik dan analisis dari konsep sebuah produk yang berfungsi sebagai basis untuk pembelajaran, komunikasi, integrasi, dan perencanaan pengembangan selanjutnya.

Konsep media instruksi penggunaan tabung APAR diwujudkan dalam bentuk label instruksional seperti terlihat pada Gambar 15 dengan pendekatan visual untuk mempermudah pemahaman secara cepat bagi pengguna awam sekalipun. Hal ini ditampilkan dalam format empat langkah penggunaan yang dibantu dengan instruksi ringkas dan ilustrasi pengoperasian APAR.



Gambar 15. Konsep Label Instruksi Penggunaan Tabung APAR

Dan hasil akhir dari proses perbaikan desain ini diwujudkan dalam konsep baru seperti terlihat pada Gambar 16 dengan usulan lokasi penempatan dan posisi pemasangan seperti pada Gambar 17.



Gambar 16. Desain tabung APAR versi baru



Gambar 17. Posisi pemasangan tabung APAR

Dari proses yang berjalan seiring proyek dilaksanakan, terlihat bahwa ada korelasi yang bersifat komplementer antara pendekatan teori dan praktikum Ergonomi dengan pendekatan *Product Design Engineering* melalui metode *Design Thinking* dan *Double Diamond process*. Hal ini ditegaskan oleh Chung (Chung, 2018) yang menyatakan bahwa dalam kasus tertentu, proses desain dapat mendahului proses definisi rekayasa secara pendefinisian permasalahan dan iterasi potensi solusi dilaksanakan oleh proses desain lebih awal dari pembuktian oleh proses rekayasa. Pada fase awal observasi terhadap APAR yang dilakukan oleh tim mahasiswa, percobaan awal untuk simulasi penggunaan APAR telah memberikan gambaran konkrit mengenai potensi area permasalahan dari desain produk tersebut. Hanya saja, hal tersebut tetap memerlukan pembuktian melalui pendekatan rekayasa untuk mengetahui signifikansi dari permasalahan yang telah diprediksi.

IV. KESIMPULAN

Proses pembelajaran Ergonomi dengan muatan *Design Thinking* pada pembelajaran di program *Product Design Engineering* merupakan sebuah pendekatan penguat yang bertujuan untuk memberikan pengalaman langsung kepada mahasiswa mengenai realisasi dari hasil evaluasi terhadap sebuah permasalahan. Pada studi kasus pembelajaran di kelas mata kuliah *Human-Integrated System*, penerapan proyek rekayasa desain di akhir semester memberikan suatu pengalaman baru bagi para mahasiswa program *Product Design Engineering* dalam menyikapi setiap kasus dan isu berkaitan dengan manusia menggunakan produk dalam lingkup studi Ergonomi dan keselamatan kerja.

Pembelajaran dinamis dengan menggunakan pendekatan multi disiplin merupakan hal yang dapat menjadi pemikiran oleh pihak akademik, dengan tidak mengesampingkan pentingnya aspek utama dari disiplin ilmu induk namun juga tidak menutup peluang bagi ekspansi kepada bidang keilmuan lain yang pada akhirnya dapat memperkaya khazanah pendidikan di tingkat perguruan tinggi. Hal ini dapat juga dijadikan sebagai percontohan bagi perluasan wawasan pendidikan di tingkat sekolah menengah atas, sebagai persiapan menghadapi problem di masa mendatang yang akan bersifat multi-dimensi dan lintas keilmuan.

DAFTAR PUSTAKA

- Brown, T., & Katz, B. (2019). *Change by design: how design thinking transforms organizations and inspires innovation* (Vol. 20091). HarperBusiness.
- Chung, W.C., (2018), *The Praxis of Product Design in Collaboration with Engineering*, Switzerland: Springer.
- Curedale, R., (2013), *Design Thinking Process and Methods 5th Edition*, USA: Design Community College, Inc.
- Design Council of United Kingdom, (2020), *Framework of Innovation*, <https://www.designcouncil.org.uk/news-opinion/what-framework-innovation-design-councils-evolved-double-diamond>
- Diderich, C. (2020), *Design Thinking for Strategy: Innovating Towards Competitive Advantage*, Switzerland: Springer.
- Freivalds, A., and Niebel, B., (2013), *Niebel's Methods, Standards, & Work Design*, Pennsylvania, USA: McGraw-Hill Education.
- Karwowski, W., (2007), *The Discipline of Ergonomics: Paradigms for Ergonomics, Science, Engineering and Design*, Congress of International Ergonomics Association, Seoul, South Korea.
- Moody, L., (2011), *Learning by Doing: A Studio-Based Approach to Teaching Ergonomics and Human Factors*, South Carolina, USA: ASEE South Eastern Section Conference.
- NASA STEM Engagement, (2017), *Engineering Design Process*, <https://www.nasa.gov/audience/foreducators/best/edp.html>
- Nessler, D., (2016), *Revamped Double Diamond*, <https://www.dannessler.com/intro-process>
- Ulrich, K.T., Eppinger, S.D., Yang, M.C., (2019), *Product Design and Development*, New York, USA: McGraw-Hill Education.