

Pemetaan Efektivitas dan Efisiensi Metode Desain Produk: Telaah Pustaka

Widyastuti¹, Erni Suparti*², Alva Edy Tontowi³

¹Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Gombong

²Program Studi Teknik Industri, Universitas Setia Budi, Surakarta

³Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

e-mail: ¹widyastuti@unimugo.ac.id, *²ernisuparti@mail.ugm.ac.id

³alvaedytontowi@ugm.ac.id

(artikel diterima: 29-12-2023, artikel disetujui: 14-05-2024)

Abstrak

Proses identifikasi kebutuhan pengguna dan konversinya menjadi spesifikasi produk merupakan tahapan penting dalam proses desain produk. Banyaknya metode desain yang ada saat ini menjadi tantangan tersendiri bagi para desainer dalam memilih metode desain yang efektif dan efisien. Berkaitan dengan hal tersebut maka tujuan dari telaah pustaka ini adalah mengidentifikasi penggunaan metode desain produk antara tahun 2019-2023, serta memetakan efektivitas dan efisiensi metode desain produk yang ada. Proses identifikasi dilakukan menggunakan analisis bibliometrik terhadap artikel pada *data base* SCOPUS. *Software VOSviewer* digunakan dalam proses analisis dengan tipe *co-occurrence* dan metode perhitungan *full-counting*. Pemetaan efektivitas dilakukan berdasarkan 7 kriteria (E1 - E7) dan efisiensi berdasarkan 3 kriteria (F1 - F3). Hasil identifikasi menunjukkan bahwa metode desain yang banyak digunakan dalam lima tahun terakhir adalah *value engineering*, *quality function deployment*, *user centered design*, *universal design*, *kansei engineering* dan *TRIZ*. Hasil pemetaan menunjukkan metode yang efektif dan efisien adalah *QFD* dan *value engineering*. Efektivitas dan efisiensi metode yang lain dijelaskan lebih detail dalam telaah pustaka ini.

Kata kunci: metode, desain, produk, efektivitas, efisiensi

Abstract

Identification of user needs and their conversion into product specifications is an important stage in the product design process. The large number of design methods currently available is a challenge for designers in choosing an effective and efficient design method. The aim of this literature review was to identify the use of product design methods between 2019-2023, mapped the effectiveness and efficiency of existing product design methods. Identification process used bibliometric analysis of articles in the SCOPUS database. VOSviewer software was used in the analysis process with co-occurrence type and full-counting calculation methods. Effectiveness mapping was based on 7 criteria (E1 - E7) and efficiency based on 3 criteria (F1 - F3). The identification results show that the design methods that have been widely used in the last five years were value engineering, quality function deployment, user centered design, universal design, kansei engineering and TRIZ. The mapping results show that effective and efficient methods were QFD and value engineering. The effectiveness and efficiency of other methods were explained in more detail in this review.

Keywords: method, design, product, effectiveness, efficiency

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pengembangan produk merupakan proses yang diawali dengan munculnya ide dan diakhiri dengan terealisasinya produk dalam bentuk nyata. Ide desain pada umumnya bersumber pada pemahaman akan kebutuhan pengguna, yang selanjutnya diterjemahkan menjadi spesifikasi produk (Ulrich and Eppinger, 2016). Proses identifikasi *user need* dan konversinya menjadi spesifikasi produk merupakan tahapan yang menjadi tantangan tersendiri bagi para desainer. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan, metode desain diciptakan sebagai *tools* untuk mempermudah proses tersebut.

Metode desain diperkenalkan sejak awal abad kedua puluh, salah satunya adalah TRIZ yang diciptakan oleh Genrich S. Altshuller pada tahun 1946 (Souchkov, 2016). Pada tahun 1970 mulai diperkenalkan *kansei engineering* (Nagamachi, 2017), dan *universal design* (preiser and smith, 2014), serta pada tahun 1973 metode *value engineering* (CA, 2023) mulai dirilis. Memasuki periode 80-an diperkenalkan metode *quality function deployment* pada tahun 1983 (Wolniak, 2017), serta *user centered design* di tahun 1986 (Ux, 2019). Metode selanjutnya yang diciptakan adalah *axiomatic design* pada tahun 1990 (Cavique et al., 2021), dan *inclusive design* pada tahun 2000 (Kille-Speckter, 2022). Keseluruhan metode tersebut memiliki karakteristik masing-masing. Hal ini menjadi tantangan tersendiri bagi para desainer dalam memilih metode desain yang efektif dan efisien.

Merujuk pada fenomena tersebut maka perlu dilakukan telaah mengenai efektivitas dan efisiensi metode desain. Untuk itu, tujuan dari telaah pustaka ini adalah mengidentifikasi penggunaan metode desain produk antara tahun 2019-2023, serta memetakan efektivitas dan efisiensi metode desain yang digunakan pada kurun waktu tersebut. Gambaran komprehensif mengenai efektivitas dan efisiensi tiap metode desain diharapkan dapat menjadi salah satu panduan dalam pemilihan metode desain produk.

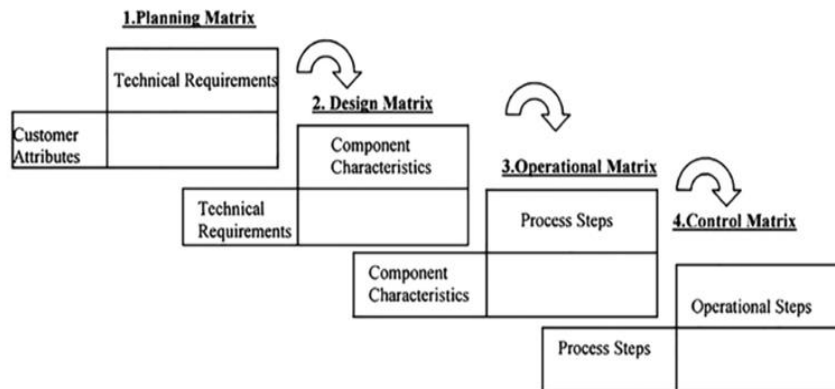
1.2. Metode Desain Produk

Pada telaah pustaka ini dibahas tentang 8 jenis metode desain produk, yaitu : *quality function deployment*, *value engineering*, *kansei engineering*, TRIZ, *axiomatic design*, *user centered design*, *universal design* dan *inclusive design*. Gambaran tentang prinsip dasar metode tersebut dijelaskan dalam sub bab berikut ini:

1.2.1. Quality Function Deployment (QFD)

Quality Function Deployment (QFD) merupakan metode desain produk yang menitikberatkan pada identifikasi kebutuhan pelanggan dan menerjemahkannya ke dalam fitur atau karakteristik produk. Proses tersebut dilakukan menggunakan matriks yang disebut sebagai "*House of Quality*" (HoQ) (Du et al., 2023). Proses pengembangan produk dan proses produksinya dipetakan dalam 4 fase matriks HoQ. Fase pertama adalah perencanaan yang memetakan *user need* menjadi kebutuhan teknis. Tahap selanjutnya adalah fase desain yang memetakan kebutuhan teknis menjadi karakteristik komponen. Matriks ketiga adalah fase operasional bertujuan memetakan karakteristik komponen menjadi langkah proses produksi. Tahap terakhir adalah fase kontrol yang memetakan langkah proses produksi menjadi langkah-langkah operasional untuk mengontrol proses produksi agar sesuai dengan target yang ditetapkan (Gad El Mola, 2023). Keempat fase tersebut digambarkan secara sistematis pada Gambar 1.

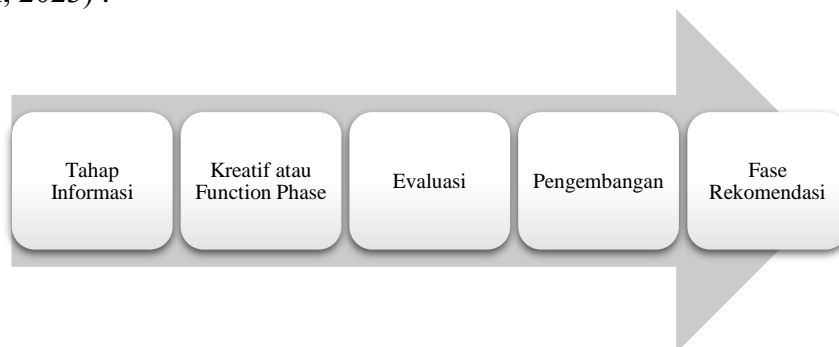
Penerapan QFD dalam desain produk telah terbukti dapat menterjemahkan kebutuhan pengguna yang terdiri dari apoteker, pasien dan kerabat pasien akan tas obat yang memiliki pengatur suhu. Produk yang dihasilkan lebih baik dari kompetitor baik dalam hal harga maupun kenyamanan ketika digunakan (Buakum et al., 2023). Selain itu metode ini juga mampu menghasilkan kemasan briket batu bara yang dapat menjaga kualitas, mudah dibuka dan ditutup, nyaman untuk dibawa (Wangphanich and Kongprasert, 2022) serta kamera pengaman yang estetis (Wang et al., 2023). Kombinasi QFD dengan TRIZ mampu menghasilkan peralatan koreksi *belt conveyor* batubara yang handal dan rendah biaya operasional (Wangphanich and Kongprasert, 2022).



Gambar 1 Empat fase matriks HoQ
 (Gad El Mola, 2023)

1.2.2. Value Engineering (VE)

Value Engineering (VE) adalah metode pengembangan produk yang menekankan pada peningkatan nilai dengan berfokus pada fungsi produk dan mempertimbangkan efisiensi biaya, preferensi pengguna, kualitas serta waktu (Atabay, 2021). Tahapan metode *value engineering* dijelaskan pada Gambar 2 (Uğural, 2023) :



Gambar 2 Tahapan proses *value engineering*
 (Uğural, 2023)

Proses desain dimulai dengan tahap informasi yang bertujuan untuk mengumpulkan informasi terkait spesifikasi teknis, biaya, waktu, dan kebutuhan pelanggan. Langkah selanjutnya adalah fase kreatif yang bertujuan menghasilkan konsep-konsep guna memenuhi kebutuhan utama yang telah diidentifikasi pada fase sebelumnya. Tahap evaluasi dilakukan untuk menilai kelebihan dan kekurangan konsep-konsep yang disusun pada fase kreatif. Penilaian fungsi dapat menggunakan *Functional Analysis Systems Technique* (FAST) yang dilanjutkan dengan analisis nilai (*economic, exchange, impressive* dan *usage value*) sehingga diperoleh nilai

produk secara keseluruhan. Fase pengembangan merupakan tahap dimana konsep desain sudah ditentukan pada tahap evaluasi dianalisis lebih detail mengenai performa, biaya dan modifikasi apa saja yang perlu dilakukan untuk menghasilkan produk terbaik. Tahap terakhir adalah presentasi yang bertujuan untuk menampilkan hasil desain lengkap dengan analisis performansinya (Uğural, 2023).

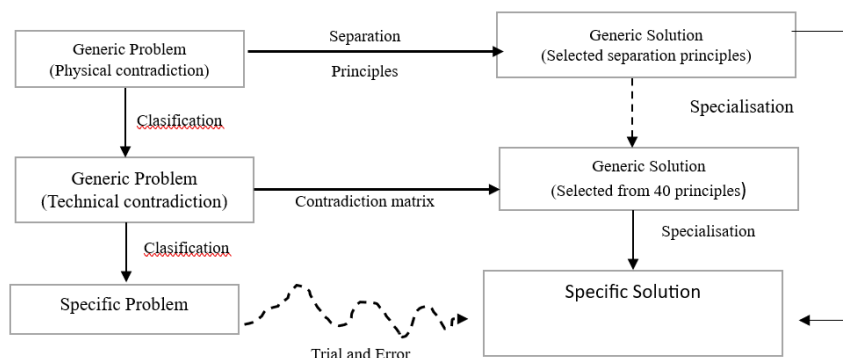
Kemampuan metode VE dalam memenuhi *user need* dan *user satisfaction* diantaranya dalam desain *sustainable exterior cladding material* yang memenuhi standar sertifikasi LEED (Atabay, 2023). Selain itu kombinasi metode ini dengan *kansei engineering* (KE) diterapkan untuk merancang beras analog yang rasanya enak, tekstur lembut dan empuk, warna cerah (Septiani et al., 2023).

1.2.3. Kansei Engineering (KE)

Kansei Engineering (KE) adalah teknologi yang secara sistematis menggali kata *kansei* yang berupa perasaan, kesan dan gambaran orang terhadap produk dan mengubahnya menjadi elemen desain produk (Wang et al., 2021). Para peneliti menggunakan langkah-langkah seperti kuesioner, survei, wawancara, dan *Focus Group Discussion* untuk mengumpulkan, mengukur, dan mengevaluasi respons emosional konsumen terhadap produk. Hasil penilaian digunakan sebagai dasar dalam tahap pemetaan kata *kansei* menjadi desain parameter produk (Liu et al., 2023). Proses pemetaan dapat dilakukan menggunakan KE tipe I - VIII. Kedelapan tipe pemetaan tersebut berturut-turut adalah klasifikasi kategori, KE *system*, KE *modelling*, *hybrid KE*, *virtual KE*, *collaborative KE*, *concurrent KE*, dan *rough set KE* (Fenech et al., 2019). Keberhasilan metode KE dalam memenuhi *user need* dan mencapai *user satisfaction* antara lain terbukti pada desain mesin bubut (Lian et al., 2022), *electric shavers* (Lin et al., 2023) dan kombinasi dengan metode AHP- Kano menghasilkan *Health kettle* (Yuzhe-Qi and Kiesu-Kim, 2023).

1.2.4. TRIZ

TRIZ atau *Teori of Inventive Problem Solving* adalah suatu metode sistematis untuk memecahkan masalah dan menghasilkan inovasi dalam pengembangan produk atau system (Stratton et al., 2000). Tahapan dalam desain produk pada metode TRIZ secara sistematis dijelaskan pada Gambar 3.



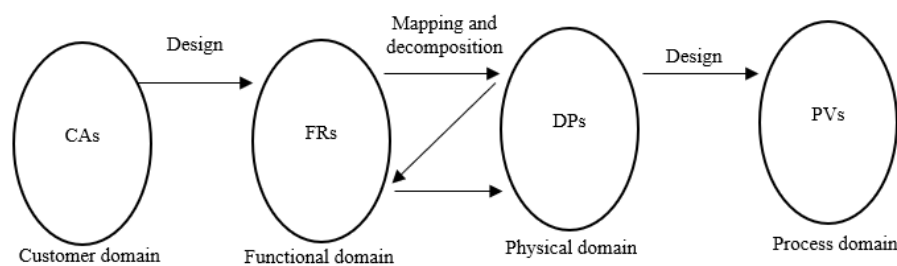
Gambar 3 Tahapan proses desain produk metode TRIZ
(Stratton et al., 2000)

Model pemecahan masalah TRIZ menggunakan lima buah konsep, yaitu: *standardization*, *improvement*, *invention inside technology*, *invention outside technology*, *discovery* (Maia et al., 2015). Keberhasilan penerapan TRIZ dalam produk desain diantaranya adalah pada desain sistem tenaga angin. Kombinasi dengan metode QFD menghasilkan peningkatan kinerja produk sistem tenaga angin secara signifikan (Yang et al., 2021). Selain itu integrasi metode TRIZ, KANO, QFD

mampu menghasilkan desain hunian sementara yang nyaman untuk pengungsi (Moran et al., 2021).

1.2.5. Axiomatic Design (AD)

Axiomatic Design adalah metode sistematis untuk merancang sistem yang kompleks didasarkan pada aksioma independensi dan aksioma informasi. Aksioma independensi menyatakan semua *Functional Requirements* (FR) harus bersifat independen/bebas yang artinya perubahan satu elemen desain tidak boleh mempengaruhi elemen desain yang lain. Aksioma informasi, artinya setiap fungsi yang diinginkan dalam desain harus direpresentasikan dengan tepat oleh elemen desain (Clauer et al., 2020). Proses pemetaan *user need* menjadi spesifikasi desain didasarkan pada empat domain yaitu *customer attributes* (CAs), *functional requirement* (FR_s), *physical domain* (DP_s) dan *process variable* (PV_s) seperti ditampilkan pada Gambar 4 di bawah ini :



Gambar 4 Tahapan proses desain produk metode AD
 (Clauer et al., 2020)

Setiap tahap pemetaan dilakukan menggunakan matriks aksioma, baik dalam bentuk matriks diagonal maupun matriks triangular ditunjukkan pada Gambar 5 (Alavizadeh, 2010). Penerapan metode ini dalam desain produk mampu mendesain robot rehabilitasi (Yang et al., 2020), sepatu untuk lansia (Yang and Deng, 2023) dan *autonomous mobile robot* (Clauer et al., 2020) yang dapat memenuhi *user need* dan mencapai *user satisfaction*.

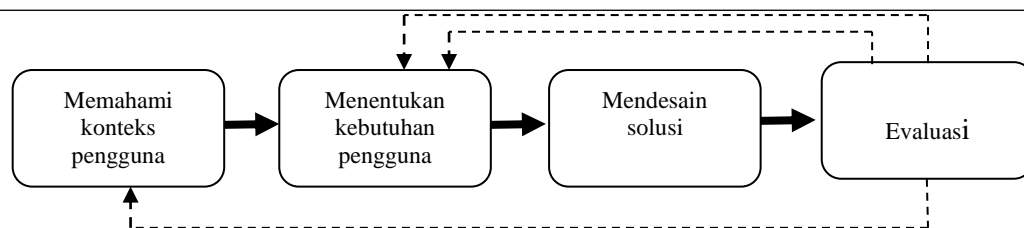
$$[A] = \begin{bmatrix} A_{11} & 0 & 0 \\ 0 & A_{22} & 0 \\ 0 & 0 & A_{33} \end{bmatrix} \quad [A] = \begin{bmatrix} A_{11} & 0 & 0 \\ A_{21} & A_{22} & 0 \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{bmatrix} \quad [A] = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ 0 & A_{22} & A_{23} \\ 0 & 0 & A_{33} \end{bmatrix}$$

Matriks diagonal
Matriks Triangular

Gambar 5 Jenis matriks pemetaan aksioma
 (Alavizadeh, 2010)

1.2.6. User Centered Design (UCD)

User centered design (UCD) merupakan metode yang menempatkan pengguna sebagai fokus utama dalam seluruh tahap desain dan pengembangan produk. Dalam proses tersebut desainer perlu memahami karakteristik pengguna, peran yang akan dilakukan oleh pengguna, serta lingkungan tempat pengguna menggunakan hasil desain yang dibuat (Kirakowski et al., 2016). Tahapan penerapan metode ini adalah memahami konteks pengguna, menentukan kebutuhan pengguna, mendesain solusi dan evaluasi. Keempat langkah tersebut merupakan proses *iterative* seperti dijelaskan pada Gambar 6 di bawah ini:



Gambar 6 Tahapan proses *user centered design*
(Interaction Design Foundation - IxDF, 2016)

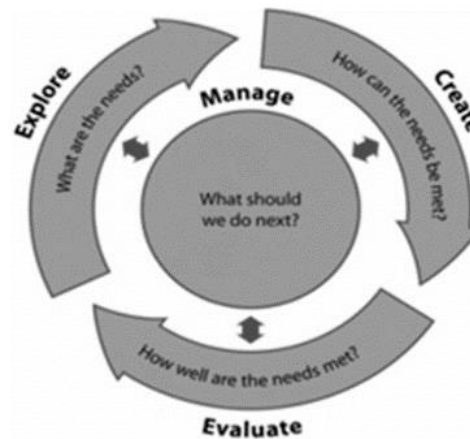
Keberhasilan penggunaan metode UCD dalam memenuhi *user need* dan mencapai *user satisfaction* antara lain pada proses desain perahu karet yang ergonomis dan estetik (Erkarlan, 2022), pegangan pistol yang nyaman (Germann et al., 2022). Kombinasi metode ini dengan QFD mampu merealisasikan sensor *capacitive pressure* yang ergonomis untuk dipasang pada sarung tangan pesepeda (Caporaso et al., 2023). Ketika dikombinasikan dengan metode QFD, TRIZ dan KE penerapan UCD dapat menghasilkan tempat tidur perawatan otomatis yang dapat mencapai *user satisfaction* (Yang et al., 2023).

1.2.7. Universal Design (UD)

Metode *universal design* (UD) adalah metode untuk mendesain produk maupun lingkungan agar dapat digunakan oleh pengguna dari semua kalangan tanpa memerlukan adaptasi atau desain khusus. Proses desain memiliki fokus utama untuk memenuhi 7 prinsip dasar UD. Ketujuh prinsip tersebut adalah *equitable use, flexibility in use, simple and intuitive, perceptible information, tolerance for error, low physical effort, size and space for approach and use* (Burgstahler, 2021). Penerapan metode ini dalam desain produk antara lain telah menghasilkan desain taman bermain mengakomodasi kebutuhan berbagai segmen masyarakat (Moore et al., 2023) dan desain asrama sekolah inklusi (Cordan and Gülbahar, 2023). Selain itu kombinasi UD dengan QFD dalam produk desain mampu menghasilkan pensil mekanis yang dapat memberikan kepuasan bagi pengguna yang bervariasi jenis kelamin, usia, dan profesinya (Inoue et al., 2021).

1.2.8. Inclusive Design (ID)

Design Council Inggris mendefinisikan Desain Inklusif sebagai pendekatan dalam proses perancangan yang bertujuan untuk menciptakan produk, layanan, atau lingkungan yang dapat diakses dan digunakan oleh berbagai kelompok orang atau berbagai latar belakang (John Clarkson and Coleman, 2015). Contohnya adalah program radio publik *This American Life* (TAL) mulai menyalin seluruh arsip audionya dan membuat transkripnya yang dipublish di situs web sehingga dapat dijangkau oleh orang-orang dengan gangguan pendengaran. Dengan demikian program radio dapat dinikmati oleh banyak khalayak. Proses desain memiliki empat tahapan yaitu *manage, explore, create, dan evaluate* seperti ditampilkan dalam Gambar 7 (Asonja, 2022). Metode *inclusive design* menghasilkan desain *autonomous vehicle assistant* yang dapat digunakan oleh tuna netra (Fink et al., 2023), serta desain *inclusive screwdriver* (Lin et al., 2022).



Gambar 7 Tahapan proses *inclusive design*
(Asonja, 2022)

2. METODE

Telaah pustaka ini terdiri dari dua tahapan utama, yaitu identifikasi penggunaan metode desain produk, serta pemetaan efektivitas dan efisiensi metode desain produk. Objek metode desain produk yang ditelaah adalah *quality function deployment*, *kansei engineering*, *user centered design*, *value engineering*, *axiomatic design*, *TRIZ*, *universal design* dan *inclusive design*. Keseluruhan tahapan tersebut secara terperinci dijelaskan pada sub bab berikut:

2.1 Identifikasi Penggunaan Metode Desain Produk

Proses ini dilakukan menggunakan analisis bibliometrik. Artikel diambil data base SCOPUS berdasarkan kata kunci (TITLE-ABS-KEY (QFD) OR TITLE-ABS-KEY (*Kansei*) OR TITLE-ABS-KEY ("*Kansei engineering*" OR TITLE-ABS-KEY ("*User centered design*") OR TITLE-ABS-KEY ("*Value engineering*") OR TITLE-ABS-KEY ("*Axiomatic design*") OR TITLE-ABS-KEY (TRIZ) OR TITLE-ABS-KEY ("*Universal design*") OR TITLE-ABS-KEY ("*Inclusive design*")). Jenis artikel dibatasi pada publikasi jurnal berbahasa Inggris dibidang *engineering* pada rentang tahun 2019-2023. Proses pemetaan dilakukan menggunakan *software* VOSviewer, analisis dilakukan berdasarkan kata kunci dengan tipe *co-occurrence* dan metode penghitungan *full-counting*.

2.2 Pemetaan Efektivitas dan Efisiensi Metode Desain Produk

Proses pemetaan dilakukan berdasarkan hasil kuantifikasi efektivitas dan efisiensi metode *quality function deployment*, *kansei engineering*, *user centered design*, *value engineering*, *axiomatic design*, *TRIZ*, *universal design* dan *inclusive design*. Analisis dilakukan pada penerapan metode desain yang menghasilkan produk benda, bukan pada penerapan metode untuk menghasilkan produk berupa jasa maupun kebijakan. Efektivitas dan efisiensi tiap metode ditentukan berdasarkan indikator sebagai berikut:

2.2.1. Efektivitas

Efektivitas dalam konteks desain produk mengacu kepada kemampuan suatu metode untuk menterjemahkan kebutuhan pengguna menjadi produk sesuai dengan capaian target yang telah ditetapkan (Ferreira et al., 2020). Dalam review ini, hal tersebut dianalisis dan diberikan bobot berdasarkan indikator seperti dijelaskan pada Tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1 Kriteria dan indikator efektivitas metode desain

Kode	Kriteria	Indikator Penilaian
E1	<i>User need</i>	Input <i>user need</i> bersifat umum = 2 Input <i>user need</i> spesifik = 1
E2	Ketersediaan <i>tools</i> pemetaan <i>user need</i> menjadi spesifikasi produk	Ada <i>tools</i> semua tahapan memiliki panduan penilaian = 2 Ada <i>tools</i> tidak semua tahapan memiliki panduan penilaian = 1 Tidak ada <i>tools</i> = 0
E3	Kompleksitas proses pemetaan <i>user need</i> menjadi spesifikasi produk	Ada <i>tools</i> dan mudah diterapkan = 4 Tidak ada <i>tools</i> , pemetaan tidak membutuhkan syarat khusus = 3 Ada <i>tools</i> dan penerapan perlu keahlian khusus = 2 Tidak ada <i>tools</i> , pemetaan membutuhkan syarat khusus = 1
E4	Ketersediaan standard penilaian kriteria dalam penentuan spesifikasi produk	Ada standard penilaian yang mudah diterapkan = 2 Ada standard penilaian yang penerapannya perlu keahlian khusus = 1 Tidak ada standar penilaian = 0
E5	Kemampuan metode dalam menghasilkan produk untuk memenuhi <i>need</i> pengguna	Memenuhi <i>user need</i> = 1 Tidak memenuhi <i>user need</i> = 0
E6	Kepuasan pengguna atas produk yang dihasilkan dari penggunaan metode desain	Mencapai <i>user satisfaction</i> = 1 Tidak mencapai <i>user satisfaction</i> = 0
E7	Fleksibilitas penerapan	Dapat diterapkan pada semua kasus = 2 Diterapkan pada kasus spesifik = 1
Total skor maksimal		15

2.2.2. Efisiensi

Efisiensi merupakan rasio antara nilai suatu produk yang dihasilkan dengan sumber daya yang digunakan. Semakin hemat penggunaan sumber daya maka efisiensi semakin besar. Kriteria efisiensi dapat ditinjau dari aspek waktu, energi maupun biaya (Patel, 2021). Merujuk kepada hal tersebut, maka dalam telaah pustaka ini efisiensi metode desain dianalisis dan diberikan bobot berdasarkan kriteria ditampilkan pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2 Kriteria dan indikator efisiensi metode desain

Kode	Kriteria	Indikator Penilaian
F1	Efisiensi waktu : ketersediaan tahapan yang terstruktur sehingga dapat menghemat waktu proses desain	Tersedia = 1 ; tidak tersedia = 0
F2	Efisiensi biaya : ketersediaan tahapan yang mengakomodasi analisis penggunaan biaya	Tersedia = 1 ; tidak tersedia = 0
F3	Efisiensi energi : ketersediaan tahapan yang mengakomodasi analisis	Tersedia = 1 ; tidak tersedia = 0

Tabel 3 Hasil analisis efektivitas dan efisiensi metode VE

Efektivitas		
Kriteria	Indikator	Nilai
E1	Input <i>user need</i> pada tahap informasi bersifat umum tidak dibatasi dengan persyaratan khusus	2
E2	Metode VE memiliki panduan tahapan proses desain, dimana pada tahap evaluasi tersedia <i>tools</i> penilaian (FAST dan analisis nilai) namun tahapan yang lain tidak memiliki panduan standar.	1
E3	Penggunaan <i>tools</i> metode VE tidak memerlukan analisis spesifik sehingga mudah diterapkan	4
E4	Standar penilaian FAST dan analisis nilai berupa kuantifikasi dengan standar yang jelas tidak berpotensi menimbulkan kerancuan	2
E5	Mampu memenuhi <i>user need</i>	1
E6	Mampu mencapai <i>user satisfaction</i>	1
E7	Dapat diterapkan pada semua kasus	2
Total		13
Efisiensi		
Kriteria	Indikator	Nilai
F1	Tahapan terstruktur, memiliki tahapan yang jelas (fase informasi - rekomendasi)	1
F2	Ada proses analisis biaya dalam analisis nilai	1
F3	Tidak ada tahapan khusus yang membahas tentang energi	0
Total		2

Berdasarkan hasil tersebut maka total nilai efektivitas metode VE adalah 13 dan efisiensi adalah 2.

3.2.2. Quality Function Deployment

Hasil analisis efektivitas dan efisien metode ini untuk tiap indikator disajikan dalam Tabel 4 di bawah ini:

Tabel 4 Hasil analisis efektivitas dan efisiensi metode QFD

Efektivitas		
Kriteria	Indikator	Nilai
E1	Input <i>user need</i> berupa <i>customer atribut</i> pada HoQ fase satu bersifat umum tidak dibatasi dengan persyaratan khusus	2
E2	QFD memiliki <i>tools</i> berupa HoQ, semua bagian dan fase HoQ memiliki panduan penilaian	2
E3	Penggunaan <i>tools</i> HoQ memiliki panduan kuantifikasi yang tidak memerlukan analisis khusus sehingga mudah diterapkan	4
E4	Standar penilaian di setiap bagian HoQ berupa kuantifikasi dengan standar yang jelas tidak berpotensi menimbulkan kerancuan	2
E5	Mampu memenuhi <i>user need</i>	1
E6	Mampu mencapai <i>user satisfaction</i>	1
E7	Dapat diterapkan pada semua kasus	2
Total		14
Efisiensi		
Kriteria	Indikator	Nilai

F1	Tahapan terstruktur yaitu dari pembuatan HoQ fase I - IV	1
F2	Pada HOQ fase 2, 3 dan 4 biaya dapat dipertimbangkan dalam penentuan proses karakteristik komponen, proses dan pengendalian produksi	1
F3	Pada HOQ fase 3 dan 4 kebutuhan energi dipertimbangkan dalam penentuan proses dan pengendalian produksi	1
Total		2

Mengacu kepada hasil analisis di atas metode QFD memiliki nilai total efektivitas 14 dan efisiensi 3.

3.2.3. User Centered Design

Analisis efektivitas dan efisiensi metode UCD dijelaskan pada Tabel 5. Di bawah ini :

Tabel 5 Hasil analisis efektivitas dan efisiensi metode UCD

Efektivitas		
Kriteria	Indikator	Nilai
E1	Input <i>user need</i> yang berawal dari tahap memahami dan menentukan kebutuhan pengguna bersifat umum tidak dibatasi dengan persyaratan khusus	2
E2	Metode UCD tidak memiliki <i>tools</i> khusus pada setiap tahapan langkahnya	0
E3	UCD tidak memiliki <i>tools</i> khusus, pemetaan dapat dilakukan dengan berbagai metode analisis statistik maupun analisis yang lain sesuai dengan kebutuhan produk yang didesain	3
E4	UCD tidak memiliki standar penilaian khusus	0
E5	Mampu memenuhi <i>user need</i>	1
E6	Mampu mencapai <i>user satisfaction</i>	1
E7	Dapat diterapkan pada semua kasus	2
Total		9

Efisiensi		
Kriteria	Indikator	Nilai
F1	Tahapan terstruktur, memiliki tahapan yang jelas (tahap memahami konteks pengguna – evaluasi)	1
F2	Tidak ada tahapan khusus yang membahas tentang biaya	0
F3	Tidak ada tahapan khusus yang membahas tentang energi	0
Total		1

Hasil tersebut menunjukkan bahwa total nilai efektivitas dan efisiensi metode UCD berturut-turut adalah 9 dan 2.

3.2.4. Universal Design

Analisis efektivitas dan efisiensi metode UD secara terperinci dipaparkan pada Tabel 6 di bawah ini:

Tabel 6 Hasil analisis efektivitas dan efisiensi metode UD

Efektivitas		
Kriteria	Indikator	Nilai
E1	Input <i>user need</i> bersifat umum tidak dibatasi dengan persyaratan khusus	2
E2	Metode UD tidak memiliki <i>tools</i> khusus hanya berdasar 7	0

prinsip UD		
E3	UCD tidak memiliki <i>tools</i> khusus, pemetaan dapat dilakukan dengan berbagai metode analisis statistik maupun analisis yang lain sesuai dengan kebutuhan produk yang didesain	3
E4	UCD tidak memiliki standar penilaian khusus	0
E5	Mampu memenuhi <i>user need</i>	1
E6	Mampu mencapai <i>user satisfaction</i>	1
E7	Dapat diterapkan pada semua kasus	2
Total		9

Efisiensi		
Kriteria	Indikator	Nilai
F1	Tahapan terstruktur untuk memenuhi 7 prinsip UD	1
F2	Tidak ada tahapan khusus yang membahas tentang biaya	0
F3	Tidak ada tahapan khusus yang membahas tentang energi	0
Total		1

Analisis di atas menunjukkan bahwa nilai total efektivitas metode UD adalah 9 dan untuk efisiensi bernilai 1.

3.2.5. *Kansei Engineering*

Efektivitas dan efisiensi *Kansei Engineering* dijelaskan pada Tabel 7 berikut ini:

Tabel 7 Hasil analisis efektivitas dan efisiensi metode KE

Efektivitas		
Kriteria	Indikator	Nilai
E1	Input <i>user need</i> berupa kata <i>kansei</i> yang berupa perasaan, kesan dan gambaran terhadap suatu produk	1
E2	Metode KE memiliki <i>tools</i> sesuai dengan tipe-nya (KE tipe I – VIII) namun tidak semua tahapan memiliki panduan penilaian	1
E3	Metode KE memiliki <i>tools</i> namun pada tipe KE III - VIII penerapannya memerlukan keahlian khusus, karena semuanya menggunakan bantuan program computer yang tidak semua orang dapat melakukannya	2
E4	Pada KE memiliki standar penilaian yang jelas, namun memerlukan keahlian khusus terutama pada KE III - VIII	1
E5	Mampu memenuhi <i>user need</i>	1
E6	Mampu mencapai <i>user satisfaction</i>	1
E7	Dapat diterapkan pada semua kasus	2
Total		9

Efisiensi		
Kriteria	Indikator	Nilai
F1	Memiliki tahapan terstruktur sesuai dengan tipe KE	1
F2	Tidak ada tahapan khusus yang membahas tentang biaya	0
F3	Tidak ada tahapan khusus yang membahas tentang energi	0
Total		1

Berdasarkan analisis di atas, diperoleh nilai total efektivitas metode KE adalah 9 dan untuk efisiensi bernilai 1.

3.2.6. *TRIZ*

Analisis efektivitas dan efisiensi metode *TRIZ* secara terperinci dipaparkan

pada Tabel 8 berikut ini:

Tabel 8 Hasil analisis efektivitas dan efisiensi metode TRIZ

Efektivitas		
Kriteria	Indikator	Nilai
E1	Metode TRIZ <i>user need</i> bersifat spesifik yaitu hanya pada kasus yang dapat diidentifikasi kontradiksinya (Ilevbare et al., 2013)	1
E2	TRIZ memiliki <i>tools</i> (40 prinsip kontradiksi pada tahap <i>generic solution</i>) namun tidak semua tahapan memiliki panduan penilaian	1
E3	Metode TRIZ memiliki <i>tools</i> yang pemahamannya memerlukan keahlian khusus (Ilevbare et al., 2013)	2
E4	Standard penilaian yang ada penerapannya perlu keahlian khusus (Ilevbare et al., 2013)	1
E5	Mampu memenuhi <i>user need</i>	1
E6	Mampu mencapai <i>user satisfaction</i>	1
E7	Metode ini diterapkan pada kasus spesifik (Ilevbare et al., 2013)	1
Total		8
Efisiensi		
Kriteria	Indikator	Nilai
F1	Memiliki tahapan terstruktur (<i>generic problem – specific solution</i>)	1
F2	Tidak ada tahapan khusus yang membahas tentang biaya	0
F3	Tidak ada tahapan khusus yang membahas tentang energi	0
Total		1

Merujuk kepada hasil analisis di atas metode TRIZ memiliki nilai total efektivitas 8 dan efisiensi 1.

3.2.7. Axiomatic Design

Analisis efektivitas dan efisiensi metode AD dijelaskan secara sistematis pada Tabel 9 di bawah ini:

Tabel 9 Hasil analisis efektivitas dan efisiensi metode AD

Efektivitas		
Kriteria	Indikator	Nilai
E1	Input <i>user need</i> bersifat spesifik yaitu <i>customer domain</i> yang harus berbentuk aksioma	1
E2	Metode AD memiliki <i>tools</i> berupa matriks aksioma, namun tidak memiliki panduan penilaian	1
E3	<i>Tools</i> metode AD berupa matriks aksioma, penerapannya perlu keahlian khusus karena aksioma tidak memiliki standar penilaian yang kuantifikasinya baku sehingga perlu keahlian khusus untuk dapat melakukan konversi aksioma dengan benar (Alavizadeh, 2010)	2
E4	AD tidak memiliki standar indikator penilaian aksioma yang spesifik	0
E5	Mampu memenuhi <i>user need</i>	1
E6	Mampu mencapai <i>user satisfaction</i>	1
E7	Dapat diterapkan pada semua kasus	1
Total		7
Efisiensi		

Kriteria	Indikator	Nilai
F1	Memiliki tahapan terstruktur dari CA _s - PV _s	1
F2	Pada domain PV _s dapat dipertimbangkan mengenai kriteria biaya	2
F3	Tidak ada tahapan khusus yang membahas tentang energi	0
Total		2

Hasil analisis menunjukkan bahwa total hasil penilaian efektivitas metode AD adalah 7, sedangkan efisiensinya 2.

3.2.8. Inclusive Design

Analisis efektivitas dan efisiensi metode ID dipaparkan pada Tabel 10 berikut ini:

Tabel 10 Hasil analisis efektivitas dan efisiensi metode ID

Efektivitas		
Kriteria	Indikator	Nilai
E1	Input <i>user need</i> bersifat spesifik, harus dapat mewakili kebutuhan penyandang disabilitas atau semua usia	1
E2	Metode ID tidak memiliki <i>tools</i> khusus pada setiap tahapan langkahnya	0
E3	ID tidak memiliki <i>tools</i> khusus, pemetaan membutuhkan keahlian khusus mengingat produk yang didesain harus mempertimbangkan kebutuhan penyandang disabilitas dan semua usia	1
E4	ID tidak memiliki standar penilaian mengenai kapan suatu keadaan dapat disebut sebagai inklusi (Lamirande, 2020)	0
E5	Mampu memenuhi <i>user need</i>	1
E6	Mampu mencapai <i>user satisfaction</i>	1
E7	ID diterapkan pada kasus spesifik yaitu untuk produk-produk yang memungkinkan didesain secara inklusi (Zitkus et al., 2013)	1
Total		5

Efisiensi		
Kriteria	Indikator	Nilai
F1	Memiliki tahapan standar dan prinsip dasar langkah desain	1
F2	Tidak ada tahapan khusus yang membahas tentang biaya	0
F3	Tidak ada tahapan khusus yang membahas tentang energi	0
Total		1

Berdasarkan analisis tersebut, total nilai efektivitas metode ID adalah 5 dan efisiensinya adalah 1.

3.3. Pemetaan Efektivitas dan Efisiensi Metode Desain

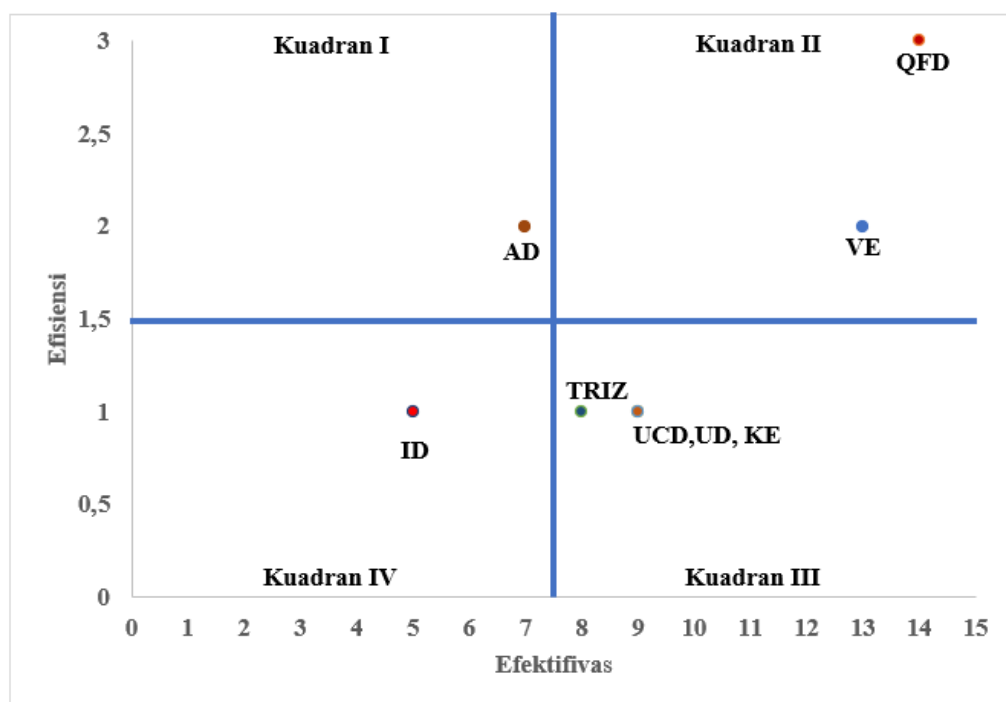
Pada tahap ini, hasil analisis metode desain dipetakan dalam grafik yang terdiri dari 4 kuadran yaitu : kuadran I (efisien namun kurang efektif), kuadran II (efektif dan efisien), kuadran III (efektif namun kurang efisien), dan kuadran IV (kurang efektif dan kurang efisien). Ringkasan hasil kuantifikasi ditampilkan dalam Tabel 11 berikut ini:

Tabel 11 Hasil total nilai efektivitas dan efisiensi metode desain

Metode	Efektivitas	Efisiensi
<i>Value Engineering</i>	13	2

<i>Quality Function Deployment,</i>	14	3
<i>User Centered Design,</i>	9	1
<i>Universal Design,</i>	9	1
<i>Kansei Engineering</i>	9	1
TRIZ	8	1
<i>Axiomatic Design</i>	7	2
<i>Inclusive Design</i>	5	1

Hasil pemetaan (Gambar. 9) menunjukkan bahwa metode AD berada di kuadran I yang berarti efisien namun kurang efektif, dan metode ID di kuadran IV yang bermakna kurang efektif dan kurang efisien. Pada kuadran III yang menunjukkan bahwa metode desain efektif namun kurang efisien terdapat metode TRIZ, UCD, UD dan KE. Metode VE dan QFD berada di kuadran II menunjukkan bahwa kedua metode tersebut efektif dan efisien. Berdasarkan perbandingan nilai metode QFD dan VE, maka metode yang paling efektif dan efisien adalah metode QFD.



Gambar 9 Peta efektivitas dan efisiensi metode desain

4. KESIMPULAN

Gambaran komprehensif mengenai efektivitas dan efisiensi metode desain yang populer digunakan dalam lima tahun terakhir diperlukan untuk mempermudah desainer dalam memilih metode yang efektif dan efisien. Dalam kurun waktu 2019-2023 metode desain yang banyak digunakan adalah *value engineering*, *quality function deployment*, *user centered design*, *universal design*, *kansei engineering* dan TRIZ. Metode AD dan ID tidak terdeteksi dalam peta analisis bibliometrik. Hasil pemetaan menunjukkan bahwa bahwa metode desain produk yang efektif dan efisien adalah QFD dan VE. Metode AD efisien namun kurang efektif, metode TRIZ, UCD, UD dan KE efektif namun kurang efisien, serta ID kurang efektif dan kurang efisien. Dari keseluruhan metode tersebut metode yang paling efektif dan efisien adalah QFD.

DAFTAR PUSTAKA

- Alavizadeh, A., 2010. Usage Of Axiomatic Design Methodology In The U.S. Industries, *International Journal Of Modern Engineering*.
- Asonja, T.O., 2022. *Journal of Material Sciences & Manufacturing Research* 1–7.
- Atabay, Ş., 2021. *Tehnicki Vjesnik* 28, 2164–2172.
- Atabay, Ş., 2023. *Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies* 8, 1–11.
- Buakum, D., Deasa, C., Sinthavalai, R., Noppasri, K., 2023. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*.
- Burgstahler, S., 2021. *Universal Design: Process, Principles, and Applications [WWW Document]*. URL <https://www.washington.edu/doit/universal-design-process-principles-and-applications> (accessed 12.27.23).
- CA, M., 2023. *History of Value Engineering [WWW Document]*. URL <https://www.mcgill.ca/ve/history> (accessed 12.27.23).
- Caporaso, T., Bellitti, P., Grazioso, S., Serpelloni, M., Sardini, E., Lanzotti, A., 2023. *Comput Aided Des Appl* 20, 87–98.
- Cavique, M., Dodun, O., Brown, C., 2021. Axiomatic Design as an innovation framework, in: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing Ltd.
- Clauer, D., Fottner, J., Rauch, E., Prüglmeier, M., 2020. Usage of Autonomous Mobile Robots Outdoors - An Axiomatic Design Approach, in: *Procedia CIRP*. Elsevier B.V., pp. 242–247.
- Cordan, Ö., Gülbahar, S., 2023. *A/Z ITU Journal of the Faculty of Architecture* 20, 413–427.
- Du, J.L., Liu, S.F., Javed, S.A., Goh, M., Chen, Z.S., 2023. *IEEE Trans Eng Manag*.
- Erkarslan, O., 2022. *Int J Med Educ* 16.
- Fenech, A., Francalanza, E., Azzopardi, M.A., Micallef, A., 2019. Kansei engineering over multiple product evolution cycles: An integrated approach, in: *Procedia CIRP*. Elsevier B.V., pp. 76–81.
- Ferreira, J.M., Acuña, S.T., Dieste, O., Vegas, S., Santos, A., Rodríguez, F., Juristo, N., 2020. *Inf Softw Technol* 117.
- Fink, P.D.S., Doore, S.A., Lin, X., Maring, M., Zhao, P., Nygaard, A., Beals, G., Corey, R.R., Perry, R.J., Freund, K., Dimitrov, V., Giudice, N.A., 2023. *International Journal of Human Computer Studies* 179.
- Gad El Mola, K.M.S., 2023. *Journal of Engineering Research*.
- Germann, R., Schröder, N., Matthiesen, S., 2022. *Appl Ergon* 99.
- Ilevbare, I.M., Probert, D., Phaal, R., 2013. A review of TRIZ, and its benefits and challenges in practice. *Technovation*.
- Inoue, M., Suzuki, W., Yamada, S., Aoyama, K., 2021. *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems and Manufacturing* 15.

- Interaction Design Foundation - IxDF, 2016. What is User Centered Design? [WWW Document]. URL <https://www.interaction-design.org/literature/topics/user-centered-design> (accessed 12.27.23).
- John Clarkson, P., Coleman, R., 2015. *Appl Ergon* 46, 235–247.
- Kille-Speckter, L., 2022. The evolution of inclusive design: A first timeline review of narratives and milestones of design for disability.
- Kirakowski, J., HFRG, Bevan, N., 2016. A user-centred approach to design and assessment, in: *Handbook of User-Centred Design*. INUSE, pp. 8–17.
- Lamirande, M., 2020. Two Barriers to Inclusive Design [WWW Document]. URL <https://www.open.ac.uk/blogs/design/barriers-to-inclusive-design/> (accessed 1.7.24).
- Lian, W., Wang, K.C., Li, Y., Chen, H.Y., Yang, C.H., 2022. *Math Probl Eng* 2022.
- Lin, K.C., Miao, W., Liao, W.Y., 2022. *Heliyon* 8.
- Lin, Z.H., Woo, J.C., Luo, F., Pan, G.Q., 2023. *Math Probl Eng* 2023.
- Liu, Z., Wu, J., Chen, Q., Hu, T., 2023. *Alexandria Engineering Journal* 65, 797–808.
- Maia, L.C., Alves, A.C., Leão, C.P., 2015. How could the TRIZ tool help continuous improvement efforts of the companies?, in: *Procedia Engineering*. Elsevier Ltd, pp. 343–351.
- Moore, A., Boyle, B., Lynch, H., 2023. *Disabil Rehabil Assist Technol* 18, 1453–1465.
- Moran, D., Ertas, A., Gulbulak, U., 2021. *Designs (Basel)* 5.
- Nagamachi, M., 2017. History of Kansei Engineering and Application of Artificial Intelligence, in: *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics*. pp. 357–368.
- Patel, P., 2021. Efficacy, Effectiveness, and Efficiency, *Natl J Community Med*.
- Preiser, W.F.E., Smith, K.H., 2014. *Universal Design Hand Book*. Mc Graw Hill, New York.
- Septiani, V.P.R., Ushada, M., Suharno, 2023. *Pertanika J Sci Technol* 31, 2947–2960.
- Souchkov, V., 2016. A Brief History of TRIZ.
- Stratton, R., Mann, D., Otterson, P., 2000. *TRIZ Journal*.
- Uğural, M.N., 2023. *Tehnicki Vjesnik* 30, 292–301.
- Ulrich, K.T., Eppinger, S.D., 2016. *Product Design And Development sixth Edition*. Mc Graw Hill, New York.
- Ux, M., 2019. User-Centered Design - History [WWW Document]. URL <https://www.merixstudio.com/blog/user-centered-design-canvas-digital-product-design/> (accessed 12.27.23).
- Wang, M., Cheng, X., Liang, J., 2021. *IEEE Access* 9, 138791–138802.
- Wang, N., Kang, X., Wang, Q., Shi, C., 2023. *Concurr Eng Res Appl* 31, 49–63.

-
- Wangphanich, P., Kongprasert, N., 2022. *Management and Production Engineering Review* 13, 3–15.
- Wolniak, R., 2017. *Scientific Papers of Silesian University of Technology. Organization and Management Series* 2017, 553–564.
- Yang, C., Yuan, B., Ye, J., 2023. *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems and Manufacturing* 17, JAMDMS0062.
- Yang, C.M., Deng, W., 2023. *Alexandria Engineering Journal* 63, 427–440.
- Yang, T., Gao, X., Dai, F., 2020. *Chinese Journal of Mechanical Engineering (English Edition)* 33.
- Yang, W., Cao, G., Peng, Q., Sun, Y., 2021. *Comput Ind Eng* 162.
- Yuzhe-Qi, Kiesu-Kim, 2023. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*.
- Zitkus, E., Langdon, P., Clarkson, P.J., 2013. The limits of inclusive design in the current design practice, in: *Green Design, Materials and Manufacturing Processes - Proceedings of the 2nd International Conference on Sustainable Intelligent Manufacturing, SIM 2013*. Taylor and Francis - Balkema, pp. 539–544.