
Redesign of Railroad Stairs Using a Multi-Layer Quality Function Deployment Approach

Redesign Tangga Kereta Api Dengan Menggunakan Pendekatan Multi-Layer Quality Function Deployment

Citra Dwi Kusumawardani¹, Putu Dana Karningsih²

^{1,2}Jurusan Teknik Sistem dan Industri, Fakultas Teknologi Industri Dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Alamat Email: citrakusumma@gmail.com, dana@ie.its.ac.id

ABSTRAK

Kereta api merupakan salah satu moda transportasi umum yang digemari masyarakat Indonesia, namun terdapat kondisi di mana panjang tidak mencakup seluruh panjang gerbong. Hal ini menyebabkan akses naik dan turun penumpang harus ditambah alat bantu berupa tangga atau bancik. Kondisi tangga atau bancik yang saat ini tersedia berukuran besar dan berat, sehingga untuk menempatkan tangga tepat di pintu gerbong memerlukan waktu yang lebih lama. Survei awal yang dilakukan kepada 106 penumpang diperoleh data 34% responden menyatakan tangga yang saat ini tersedia kurang nyaman digunakan, selain itu 32,1% responden menyatakan tangga yang tersedia belum memadai dari segi jumlah dan kondisi fisiknya. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang ulang tangga kereta api yang sesuai dengan kebutuhan penumpang dan pihak penyedia layanan kereta api dengan menggunakan pendekatan metode *Multi-layer Quality Function Deployment (Multi-layer QFD)*. Dengan pendekatan metode tersebut, desain tangga baru mempertimbangkan kebutuhan kedua belah pihak. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kedua belah pihak sepakat bahwa desain tangga baru memenuhi persyaratan antropometri penumpang, fitur tambahan untuk menjamin keselamatan penumpang saat naik atau turun dari gerbong, dengan desain dan material yang lebih ringan untuk memudahkan saat dipindah-pindahkan.

Kata Kunci- *Multi-layer Quality Function Deployment, Redesign, Tangga Kereta Api*

ABSTRACT

Railway is one of the popular modes of public transportation in Indonesia, but there are conditions where length of platform does not cover the entire length of the railway coach. This causes access in and out passengers must be added with tools such as staircase. The condition of staircase that is currently available is large and heavy, so to place the staircase right at the door of the railway coach takes a longer time. The initial survey conducted on 106 passengers obtained data 34% of respondents stated that the staircase currently available are less comfortable to use, in addition 32.1% of respondents stated that the available staircases are not adequate in terms of number and physical condition. Based on this background, the study aims to redesign the staircase that according to the needs of two user they are: train passengers and Indonesian Train Service Provider by using the multi-layer Quality Function Deployment. The result of this study shows that both users agree that the design of new stair design should consider anthropometry of passengers, safety features, easy to be move during use (portable and light weight).

Keywords- *Multi-layer Quality Function Deployment, Redesign, Staircase*

PENDAHULUAN

Kereta api merupakan salah satu moda transportasi umum paling populer di Indonesia. Berdasarkan data perjalanan menggunakan KA Rapih Dhoho trayek Surabaya-Tulungagung yang pada trayeknya melewati sebanyak 19 stasiun diketahui terdapat 13 stasiun yang memiliki peron pendek atau tidak dapat mencakup semua gerbong kereta. Sedangkan untuk 6 stasiun lainnya, peron yang tersedia adalah peron panjang yang dapat mencakup semua gerbong kereta api. Peron adalah halaman di stasiun kereta api, tempat penumpang menunggu atau tempat untuk turun dari kereta[1].

Berdasarkan survei yang dilakukan terhadap 106 responden yang merupakan penumpang kereta api, didapatkan hasil bahwa mayoritas responden yaitu 52% merupakan pengguna kereta api lokal dan 54 di antaranya merupakan penumpang yang sering menggunakan angkutan umum kereta api. Dari 106 responden terdapat 34 orang atau 34% menyatakan bahwa tangga untuk akses naik turun gerbong tidak nyaman digunakan, selain itu terdapat 32,1% responden menyatakan bahwa tangga untuk akses naik turun gerbong tidak memadai dari segi jumlah dan kondisi fisik.



Gambar 1. Kondisi tangga saat ini

Bentuk dan ukuran tangga/bancik yang saat ini tersedia di tiap stasiun berukuran besar dan berat. Gambar 1 dapat dilihat bentuk dan kondisi tangga yang terdapat di stasiun Tulungagung. Dengan kondisi tangga tersebut proses pemindahan dan penempatan tangga memerlukan waktu yang lebih lama. Pada Gambar 2 dapat dilihat fenomena penumpang yang harus menuruni gerbong kereta tanpa alat bantu dengan kondisi peron yang pendek. Penumpang harus melompat untuk menuruni gerbong tersebut. Hal ini cukup berbahaya mengingat ketinggian lantai gerbong kurang lebih 1meter[2] sehingga dapat menyebabkan dislokasi pada kaki penumpang.



Gambar 2. Penumpang menuruni gerbong kereta tanpa alat bantu
(Sumber: Tempo.co,2017)

Berdasarkan observasi awal dan hasil survei yang dilakukan penulis, diketahui bahwa diperlukan adanya perbaikan desain untuk tangga/bancik dengan mempertimbangkan kebutuhan kedua belah pihak pengguna tangga

tersebut yaitu pihak Kereta Api Indonesia (KAI) sebagai penyedia layanan dan pihak penumpang sebagai pengguna langsung. Desain tangga/bancik baru tidak hanya harus nyaman digunakan, tetapi juga harus mempermudah petugas KAI dalam memasang atau memosisikan tangga tersebut. Upaya untuk mewujudkan desain tangga baru yang sesuai kebutuhan kedua belah pihak maka diperlukan adanya penggalian informasi terkait keinginan dan kebutuhan kedua belah pihak. Salah satu *tools* yang dapat menangkap informasi tersebut adalah metode *Quality Function Deployment* (QFD)[3]. Metode QFD dapat mengubah *voice of customer* menjadi respon teknis, spesifikasi produk, parameter proses dan pengendalian prosesnya. Penelitian ini mempertimbangkan kebutuhan kedua belah pihak sehingga diperlukan pengembangan metode QFD ke metode *Multi-layer QFD*[4].

Multi-layer QFD berpandangan dua arah dan berorientasi tidak hanya pada kepuasan pelanggan tapi juga mempertimbangkan kepuasan produsen atau penyedia jasa serta mencari *gap* antara pelanggan dan produsen [5]. Dengan melakukan pendekatan *Multi-layer QFD* maka diharapkan hasil produk *redesign* tangga/bancik dapat sesuai dengan kebutuhan dan ekspektasi kedua belah pihak.

METODE

Survei dan observasi yang dilakukan merupakan cara untuk mengetahui kondisi dan masalah yang terjadi di lapangan. Adapun tahapan-tahapan pada penelitian ini meliputi perencanaan produk dengan *Multi-layer QFD*, diawali dengan melakukan identifikasi keinginan dan kebutuhan dari pihak KAI dan penumpang. Identifikasi dilakukan dengan melakukan wawancara kepada pihak KAI yaitu kepala stasiun dan melakukan penyebaran kuesioner kepada petugas KAI yang bersinggungan langsung dengan penggunaan tangga/bancik serta penyebaran kuesioner kepada pihak penumpang. Selanjutnya, dari hasil kuesioner tersebut dapat ditentukan *WHATS* dan *HOWS*. Setelah diketahui *WHATS* dan *HOWS* maka selanjutnya adalah menentukan bobot tingkat prioritas dengan *Fuzzy Analytical Hierarchy Process* (F-AHP). Berikut persamaan yang digunakan dalam penentuan tingkat prioritas:

Menghitung nilai rata-rata geometris *fuzzy* (\tilde{r}) dari masing-masing kriteria, sub-kriteria, atau alternatif dengan metode *Buckley*[6]. Nilai rata-rata geometris *fuzzy* dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\tilde{r}_i = \left(\prod_{j=1}^n \tilde{d}_{ij} \right)^{1/n}, i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Menghitung bobot *fuzzy* (\tilde{w}) untuk masing-masing kriteria, sub-kriteria atau alternatif dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \tilde{w} &= \tilde{r} \oplus (\tilde{r}_1 \oplus \tilde{r}_2 \oplus \dots \oplus \tilde{r}_n)^{-1} \\ &= (lw_i, mw_i, uw_i) \end{aligned} \quad (2)$$

Karena (\tilde{w}) yang didapat masih merupakan bilangan *fuzzy*, maka perlu dilakukan defuzzifikasi dengan metode *Center of Area* (CoA) yang dengan persamaan sebagai berikut:

$$M_i = \frac{lw_i, mw_i, uw_i}{3} \quad (3)$$

Bobot M sudah merupakan bilangan *non-fuzzy*, namun masih harus dilakukan normalisasi sehingga menghasilkan bobot akhir dengan menggunakan persamaan berikut:

$$N_i = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^n M_i} \quad (4)$$

Perekapan nilai kusioner AHP maupun F-AHP umumnya menggunakan persamaan *geometric mean*. Persamaan *geometric mean* dapat dilihat pada rumus (5), karena *Triangular Fuzzy Number* (TFN) terdiri dari tiga nilai (a, b, c), maka *geometric mean*:

$$a_{ij} = (Z_1 \times Z_2 \times Z_3)^{1/n} \quad (5)$$

Setelah tingkat prioritas diketahui, maka dilakukan formulasi respon teknis dan dilakukan *cross-synthesis analysis* untuk menyelesaikan konflik yang muncul pada hasil *House of Quality* (HoQ) antara pelanggan dan penyedia layanan. Dari tahap penyelesaian konflik dapat diketahui tingkat kepentingan akhir tiap kriteria.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap awal adalah melakukan identifikasi *customer/user*. Tahap ini bertujuan untuk mengetahui pengguna yang memanfaatkan tangga/bancik. Diketahui bahwa pengguna utama tangga kereta api adalah penumpang yang memanfaatkan tangga sebagai alat bantu untuk memasuki atau keluar dari gerbong kereta api. Sementara itu, pengguna lain tangga ini adalah petugas KAI yang bertugas menempatkan atau memosisikan tangga tepat di pintu gerbong kereta sehingga penumpang akan mudah menggunakan alat bantu tersebut. Identifikasi ini dilakukan dengan melakukan wawancara dan penyebaran kuesioner.

Selanjutnya, berikut merupakan beberapa pertanyaan yang diajukan kepada petugas KAI dengan tujuan untuk mempermudah pengelompokan dan mengetahui pendapat pihak KAI terhadap kondisi tangga yang saat ini tersedia dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1 Pendapat KAI terhadap kondisi tangga saat ini

No	Kriteria	Pendapat				
		Sangat Tidak Puas	Tidak Puas	Cukup	Puas	Sangat Puas
1	Tangga mudah dipasang di pintu gerbong	1	3	9	6	1
2	Tangga ringan	1	8	6	5	0
3	Tangga kokoh	1	2	8	7	2
4	Tangga dilengkapi <i>handrail</i>	0	1	12	5	2
5	Tangga dilengkapi <i>safety line</i>	0	3	10	6	1
6	Tangga dapat dilipat	10	6	4	0	0
7	Tangga <i>include</i> gerbong	8	6	3	0	0
8	Tangga mudah dibuka dan dilipat	6	8	6	0	0
9	Sambungan las tidak mudah lepas	2	3	10	4	1
10	Anak tangga tidak memuai	1	4	9	6	0
11	Warna cat tidak mudah pudar	1	2	13	3	1
12	Tangga tidak mudah berkarat	1	5	8	6	0
13	<i>Safety line</i> terlihat jelas	0	1	9	9	1

Hal yang sama dilakukan pada penumpang kereta api. Untuk mengetahui keinginan dan kebutuhan penumpang akan tangga/bancik maka dilakukan pula penyebaran kuesioner kepada 50 penumpang kereta api. Dari 50 responden, sebanyak 19 responden merupakan penumpang yang menggunakan moda transportasi kereta api sebanyak 1-3 kali dalam satu bulan. Berikut merupakan pendapat penumpang terhadap kondisi tangga saat ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Pendapat penumpang terhadap kondisi tangga saat ini

No	Kriteria	Pendapat				
		Sangat Tidak Puas	Tidak Puas	Cukup	Puas	Sangat Puas
1	Tangga tidak goyang saat digunakan	0	10	26	14	0
2	Tangga tidak licin	2	8	21	17	2
3	Jarak antar anak tangga nyaman digunakan	2	9	18	18	3
4	Tangga kokoh	1	5	18	22	4
5	Tangga dilengkapi dengan <i>handrail</i>	2	9	19	15	5
6	Tangga dilengkapi dengan <i>safety line</i>	3	8	18	18	3
7	Ketepatan posisi tangga	3	18	16	12	1
8	Tangga lebar (muat untuk penumpang dengan menentang barang bawaan)	5	11	20	14	0
9	Anak tangga tidak memuai (tidak melengkung)	2	5	19	22	2
10	<i>Safety line</i> terlihat jelas	2	10	17	16	5

Tahap selanjutnya adalah mengidentifikasi *WHATS*. Kebutuhan pelanggan disebut dengan istilah *customer need* merupakan informasi yang berasal dari pelanggan berupa informasi umum yang diperlukan adanya penerjemahan informasi sehingga menjadi Bahasa Teknik. Karena pada penelitian ini mempertimbangkan kedua belah pihak yaitu KAI dan penumpang, maka terdapat dua tipe pertanyaan kuesioner. Berdasarkan kuesioner tersebut, dapat diketahui *WHATS* yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Kriteria kebutuhan pihak KAI dan pihak Penumpang

No	Kriteria Kebutuhan Pihak KAI	Kriteria Kebutuhan Pihak Penumpang
1	Tangga ringan	Lebar tangga muat untuk orang dan barang bawaannya
2	Tangga kokoh	Jarak antar anak tangga tidak terlalu tinggi
3	Tangga mudah dipasang di pintu gerbong	Tangga kokoh
4	Tangga dilengkapi <i>handrail</i>	Tangga berada tepat di pintu tiap gerbong
5	Tangga dapat dimasukkan gerbong	Tangga dilengkapi dengan <i>handrail</i>
6	Lebar tangga muat untuk penumpang dan barangnya	<i>Safety line</i> pada tangga terlihat jelas
7	Jarak antar anak tangga nyaman digunakan penumpang	-

Terdapat beberapa perbedaan antara kebutuhan pihak KAI dan pihak penumpang. Hal ini disebabkan karena perbedaan pemanfaatan tangga/bancik. Pihak penumpang memanfaatkan tangga sebagai alat bantu memasuki gerbong kereta. Penumpang tidak mempertimbangkan segi pengadaan dan biaya produksi. Sebaliknya, pihak KAI sebagai pengguna yaitu petugas yang menempatkan tangga pada pintu gerbong dan sebagai penyedia layanan, akan memperhitungkan dari segi biaya produksi adalah yang paling utama.

Selanjutnya, penentuan *HOWS* yang merupakan sub-kriteria yang menunjang kriteria *WHATS*. *HOW* disebut juga sebagai respon teknis untuk melanjutkan desain tangga baru yang dapat memenuhi permintaan pihak KAI. Untuk mendapatkan informasi terkait kebutuhan tangga/bancik yang diharapkan oleh pihak KAI maka dilakukan wawancara dengan pihak pemimpin di stasiun yang ada di kota Tulungagung, yaitu stasiun Sumbergepol dan stasiun Tulungagung. Berikut merupakan respon teknis yang menggambarkan kebutuhan pihak KAI dan penumpang terhadap desain tangga baru yaitu:

1. Desain tangga/bancik baru
2. Jenis bahan baku
3. Jenis filler las
4. Tipe konektor
5. Jenis cat pelapis (coating)
6. Teknik potong bahan baku
7. Teknik pengecatan
8. Teknik pengelasan
9. Kesesuaian dengan anthropometri penumpang
10. Berat bahan baku
11. Ukuran roda bantuan
12. Tipe pengunci

Langkah berikutnya adalah menentukan *relationship matrix* antara kriteria *WHATS* dan *HOWS*. Hal ini menunjukkan seberapa kuat hubungan sub-kriteria *HOWs* terhadap kriteria *WHATs*. Eliminasi dilakukan terhadap subkriteria *HOWs* yang tidak memiliki hubungan dengan kriteria *WHATs*. Terdapat tiga kategori hubungan antara kriteria *WHATs* dan sub-kriteria *HOWs* yaitu:

- L (rendah) : nilai 1
M (sedang) : nilai 3
H (kuat) : nilai 9

Berdasarkan Tabel 4. dapat diketahui bahwa terdapat beberapa sub-kriteria *HOWs* yang tidak memiliki hubungan dengan kriteria *WHATs*. Sebanyak 3 sub-kriteria yang tidak memiliki hubungan maka dari itu, sub-kriteria tersebut dieliminasi. Sehingga dari total 12 sub-kriteria tersisa menjadi 9 sub-kriteria. Tabel 5 menunjukkan bahwa terdapat beberapa sub-kriteria *HOWs* yang tidak memiliki hubungan dengan kriteria *WHATs*. Sebanyak 2 sub-kriteria yang tidak memiliki hubungan maka dari itu, sub-kriteria tersebut dieliminasi. Dari total 12 sub-kriteria tersisa menjadi 10 sub-kriteria.

Tabel 4 Relationship Matrix pihak KAI

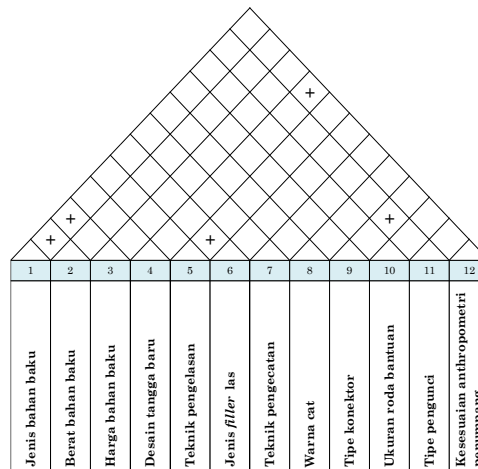
No	Kriteria	Desain tangga/bancik baru	jenis bahan baku	jenis filler las	tipe konektor	jenis cat pelapis (coating)	teknik potong bahan baku	teknik pengecatan	teknik pengelasan	jenis pelumas	kesesuaian dengan anthropometri penumpang	berat bahan baku	harga bahan baku
1	Tangga ringan	M	H		L							H	L
2	Tangga kokoh	H	H	M	M				M			L	M
3	Tangga mudah dipasang di pintu gerbong	H	L		L							M	
4	Tangga dilengkapi <i>handrail</i>	H	L	M			L		H		H		L
5	Tangga dapat dimasukkan gerbong	H	M		M							M	

6	Lebar tangga muat untuk penumpang dan barangnya	H									H	
7	Jarak antar anak tangga nyaman digunakan penumpang	H				L					H	

Tabel 5 Relationship Matrix Pihak Penumpang

No	Kriteria	Desain tangga/bancik baru	jenis bahan baku	jenis filler las	tipe konektor	jenis cat pelapis (coating)	teknik potong bahan baku	teknik pengecatan	teknik pengelasan	kesesuaian dengan anthropometri penumpang	berat bahan baku	Ukuran roda bantuan	Tipe pengunci
1	Lebar tangga muat untuk orang dan barang bawaannya	H			L					H	H	L	
2	Jarak antar anak tangga tidak terlalu tinggi	H		M	M				M		L	M	
3	Tangga kokoh	H	H	M	L				M		M		
4	Tangga berada tepat di pintu tiap gerbong											H	H
5	Tangga dilengkapi dengan handrail	H	M	L					H	H	M		
6	Safety line pada tangga terlihat jelas							H					

Relationship matrix telah diketahui, pada pihak KAI diketahui terdapat 9 sub kriteria, sedangkan pada pihak penumpang, terdapat 10 sub kriteria. Selanjutnya yaitu mencari *correlation matrix* yang bertujuan untuk mengetahui hubungan antar sub-kriteria. Hasil *correlation matrix* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Correlation matrix antar sub-kriteria pihak KAI dan pihak penumpang

Berdasarkan Gambar 1, terdapat 5 pasang sub kriteria yang saling berhubungan positif yaitu:

- Jenis bahan baku dan berat bahan baku
- Jenis bahan baku dan harga bahan baku
- Teknik pengelasan dan jenis filler las
- Tipe pengunci dan tipe konektor
- Desain tangga baru dan kesesuaian antropometri penumpang

Proses Fuzzy Analysis Hierarchy Process (FAHP)

Setelah tahap identifikasi *customer needs*, tahap selanjutnya adalah melakukan pengukuran tingkat kepentingan pada tiap-tiap kebutuhan baik pihak KAI maupun penumpang dengan menggunakan F-AHP [7]. FAHP memiliki karakter yang dapat menangani masalah dari AHP jika dihadapkan dengan masalah yang tidak jelas dan kompleks. Tahap pertama pada proses FAHP adalah memproses data hasil kuesioner dengan AHP. Sebelumnya harus menentukan perbandingan berpasangan antar kriteria. Perbandingan tersebut berlaku bagi masing-masing pihak dan dapat dilihat pada Tabel 6. Sementara itu, hasil AHP untuk kedua belah pihak dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 6 (a) Perbandingan berpasangan kriteria pihak KAI, (b) Perbandingan berpasangan kriteria pihak penumpang

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	1	1/3	1/3	3	3	7	5
C2	3	1	1	5	9	9	5
C3	3	1	1	5	6	7	7
C4	1/3	1/5	1/5	1	1	5	3
C5	1/3	1/9	1/6	1	1	2	1
C6	1/7	1/9	1/7	1/5	1/2	1	1/2
C7	1/5	1/5	1/7	1/3	1	2	1

(a)

Keterangan:

- C1: Tangga ringan
- C2: Tangga kokoh
- C3: Tangga mudah dipasang di pintu gerbong
- C4: Tangga dilengkapi *handrail*
- C5: Tangga dapat dimasukkan gerbong
- C6: Lebar tangga muat untuk penumpang dan barangnya
- C7: Jarak antar anak tangga nyaman digunakan penumpang

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	1	2	1/3	1/3	1	1
C2	1/2	1	1/3	1/2	1/2	1/2
C3	3	3	1	3	5	3
C4	3	2	1/3	1	3	3
C5	1	2	1/5	1/3	1	1
C6	1	2	1/3	1/3	1	1

(b)

Keterangan:

C1: Lebar tangga

C2: Jarak antar anak tangga

C3: Tangga kokoh

C4: Tangga tepat di pintu gerbong

C5: Tangga dilengkapi handrail

C6: Safety line terlihat jelas

Tabel 7 (a) Hasil AHP pihak KAI, (b) Hasil AHP pihak penumpang

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	TOTAL	EVN	Rasio Konsistensi		
C1	7,00	2,71	43,15	13,73	17,50	45,33	26,17	155,59	0,183	λ max	CI	CR
C2	15,95	7,00	7,50	36,47	47,50	99,00	60,50	273,92	0,322	7,246	0,0409	0,031001
C3	15,07	6,84	7,00	33,73	45,50	95,00	58,50	261,64	0,308	CR < 0.1 sehingga matriks perbandingan tersebut adalah konsisten		
C4	3,51	1,98	2,02	7,00	11,50	23,53	13,57	63,11	0,074			
C5	2,32	1,12	1,18	5,12	7,00	15,50	9,39	41,64	0,049			
C6	1,38	0,61	0,64	2,77	3,99	7,00	4,37	20,75	0,024			
C7	2,16	1,01	1,07	4,38	6,59	11,87	7,00	34,08	0,040			

(a)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	TOTAL	EVN	Rasio Konsistensi		
C1	7,00	8,67	12,07	4,00	6,67	41,33	8,00	87,73	0,113	λ max	CI	CR
C2	5,50	7,00	2,04	3,50	6,17	31,00	5,50	60,71	0,078	7,373	0,0622	0,04709
C3	25,79	35,29	7,00	12,45	27,79	137,00	25,79	271,10	0,348	CR < 0.1 sehingga matriks perbandingan tersebut adalah konsisten		
C4	15,00	24,00	4,71	7,00	15,67	94,00	15,00	175,38	0,225			
C5	6,60	10,27	2,62	3,93	7,00	46,13	6,60	83,16	0,107			
C6	7,00	10,67	2,76	4,33	7,67	47,33	7,00	86,76	0,111			

(b)

Berdasarkan Tabel 7 diketahui bahwa matriks perbandingan kedua belah pihak mempunyai nilai konsistensi (CR) masing-masing sebesar 0,031 dan 0,047. CR tersebut kurang dari 0,1 sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua matriks perbandingan adalah konsisten. Selanjutnya adalah hasil nilai rata-rata geometris fuzzy yang diperoleh dari persamaan (1) sehingga hasil keseluruhan untuk masing-masing kriteria kedua belah pihak dapat dilihat pada Tabel 8a dan 8b.

Tabel 8.a Nilai rata-rata geometri fuzzy pihak KAI

Kriteria	ri		
Tangga ringan	0,992	1,058	1,124
Tangga kokoh	1,101	1,148	1,170
Tangga mudah dipasang di pintu gerbong	1,102	1,142	1,167
Tangga dilengkapi handrail	0,933	0,975	1,022
Tangga dapat dimasukkan gerbong	0,925	0,933	0,953
Lebar tangga muat untuk penumpang dan barangnya	0,854	0,866	0,885
Jarak antar anak tangga nyaman digunakan penumpang	0,895	0,915	0,952
Total	6,802	7,038	7,273

Reverse	0,147	0,142	0,137
Ascending order	0,137	0,142	0,147

(a)

Tabel 9.b Nilai rata-rata geometri fuzzy pihak penumpang

Kriteria	ri		
Lebar tangga	0,986	1,007	1,047
Jarak antar anak tangga	0,957	0,970	0,991
Tangga kokoh	1,050	1,139	1,183
Tangga tepat di pintu gerbong	1,011	1,080	1,130
Tangga dilengkapi handrail	0,980	0,999	1,029
Tangga berwarna selain hitam	0,811	0,828	0,853
Safety line terlihat jelas	0,986	1,007	1,047
Total	6,780	7,029	7,280
Reverse	0,147	0,142	0,137
Ascending order	0,137	0,142	0,147

(b)

Setelah rata-rata geometris fuzzy didapatkan, langkah selanjutnya adalah penentuan bobot fuzzy dengan menggunakan persamaan 2, maka diperoleh hasil untuk masing-masing kriteria kedua belah pihak. Hasil tersebut dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 10 (a) Bobot kriteria fuzzy pihak KAI, (b) Bobot kriteria fuzzy pihak penumpang

Kriteria	wi		
Tangga ringan	0,136	0,150	0,165
Tangga kokoh	0,151	0,163	0,172
Tangga mudah dipasang di pintu gerbong	0,151	0,162	0,172
Tangga dilengkapi handrail	0,128	0,139	0,150
Tangga dapat dimasukkan gerbong	0,127	0,133	0,140
Lebar tangga muat untuk penumpang dan barangnya	0,117	0,123	0,130
Jarak antar anak tangga nyaman digunakan penumpang	0,123	0,130	0,140

(a)

Kriteria	wi		
Lebar tangga	0,153	0,162	0,175
Jarak antar anak tangga	0,148	0,155	0,164
Tangga kokoh	0,163	0,186	0,202
Tangga tepat di pintu gerbong	0,157	0,175	0,192
Tangga dilengkapi handrail	0,152	0,160	0,172
Safety line terlihat jelas	0,153	0,162	0,175

(b)

Tabel 9 menunjukkan hasil bobot untuk masing-masing kriteria berupa nilai fuzzy yang mana nilai tersebut untuk Langkah selanjutnya harus dilakukan *defuzzifikasi* dengan persamaan 3 sehingga menghasilkan nilai non-fuzzy yang selanjutnya akan dilakukan normalisasi dengan menggunakan persamaan 4. Untuk mengetahui hasil keseluruhan nilai *defuzzifikasi* (Mi) dan bobot nilai akhir (Ni) dapat dilihat pada Tabel 10 sebagai berikut:

Tabel 11 (a) Tabel *defuzzifikasi* (Mi) dan Bobot akhir (Ni) pihak KAI, (b) Tabel *defuzzifikasi* (Mi) dan Bobot akhir (Ni) pihak penumpang

Kriteria	Mi	Ni
Tangga ringan	0,151	0,150
Tangga kokoh	0,162	0,162
Tangga mudah dipasang di pintu gerbong	0,162	0,162
Tangga dilengkapi handrail	0,139	0,139
Tangga dapat dimasukkan gerbong	0,133	0,133
Lebar tangga muat untuk penumpang dan barangnya	0,124	0,123
Jarak antar anak tangga nyaman digunakan penumpang	0,131	0,131

(a)

Kriteria	Mi	Ni
Lebar tangga	0,163	0,163
Jarak antar anak tangga	0,156	0,155
Tangga kokoh	0,184	0,183
Tangga tepat di pintu gerbong	0,175	0,174
Tangga dilengkapi handrail	0,161	0,161
Safety line terlihat jelas	0,163	0,163

(b)

Proses Multi-layer QFD

Setelah proses FAHP setiap kebutuhan pihak KAI dan pihak penumpang, selanjutnya diproses pada Multi-layer QFD. Nilai Ni (bobot FAHP) setiap kebutuhan dimasukkan pada matrik antara kebutuhan KAI dan penumpang seperti yang dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 12 Matriks Resolusi Konflik

Conflict Resolution Matrix														
		Colum no.		1	2	3	4	5	6	7				
		Max. Volume in Column (MVC)		9	9	9	9	3	9	9				
		Relative Weight (RW)		0,151	0,162	0,163	0,139	0,133	0,124	0,128				
No	MVC	RW (Ni)		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	Sum of Products	Relative Weight	Weight after Cross Synthesis	Penumpang
1	9	0,163	C1	3	1			1	9		1,864	0,202	0,182	
2	9	0,155	C2	1	1			1		9	1,598	0,173	0,164	
3	9	0,183	C3	3	9			1			2,044	0,221	0,202	
4	9	0,174	C4			9					1,467	0,159	0,166	
5	9	0,161	C5	3	1		9	3			2,265	0,245	0,203	
6	9	0,163	C6								0	0,000	0,082	
Sum of Products				1,676	2,126	1,566	1,449	0,984	1,467	1,395	9,238			
Relative Weight				0,157	0,199	0,147	0,136	0,092	0,138	0,131	10,663			
Weight after Cross-Synthesis				0,154	0,181	0,155	0,137	0,113	0,131	0,129				
KAI_1														

Hasil pembobotan setelah dilakukan cross synthesis analysis ini kemudian digunakan sebagai pembobotan pada House of Quality (HoQ) baik dari pihak KAI maupun penumpang. Kedua HoQ kemudian dilakukan sintesa untuk menggabungkan keinginan pihak KAI dan penumpang, hasil sintesa dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11 menggambarkan bahwa baik pihak KAI maupun penumpang berpendapat bahwa sub-kriteria desain tangga baru merupakan yang terpenting, karena desain merupakan kunci terciptanya tangga baru yang sesuai dengan kebutuhan dan keinginan kedua belah pihak. Desain akan menerjemahkan keinginan kedua belah pihak akan sebuah tangga/bancik sehingga dapat melanjutkan ke tahap selanjutnya yaitu proses produksi sebuah tangga/bancik baru. Sub kriteria terpenting nomor dua adalah kesesuaian dengan antropometri penumpang merupakan yang paling penting. Hal ini semakin menegaskan bahwa KAI konsen pada kepentingan dan kenyamanan penumpang dalam penyediaan fasilitas dan pelayanannya. Karena kesesuaian antropometri penumpang merupakan hal yang dianggap penting, maka diperlukan adanya penentuan dimensi tubuh yang bersumber pada [8] dan digunakan dalam penentuan ukuran tangga/bancik baru sehingga tangga yang dihasilkan akan ergonomis.

		Jenis bahan baku	Berat bahan baku	Harga bahan baku	Desain tangga baru	Teknik pengelasan	Jenis filler las	Teknik pengecatan	Warna cat	Tipe konektor	Ukuran roda bantuan	Tipe pengunci	Kesesuaian antropometri penumpang
Pihak KAI	Max. Value in Row	9	9	9	9	9	3	0	0	3	9	9	9
	Sum Product	350,8	239,7	232,5	900,0	270,9	90,3	0,0	0,0	48,6	327,0	353,7	216,9
	Relative Weight	0,116	0,079	0,077	0,297	0,089	0,030	0,000	0,000	0,016	0,108	0,117	0,072
Pihak penumpang	Max. Value in Row	9	9	0	9	3	3	9	9	3	9	9	9
	Sum Product	213,2	265,7	0,0	743,2	71,1	71,1	146,8	146,8	52,3	213,2	431,5	265,5
	Relative Weight	0,081	0,101	0,000	0,284	0,027	0,027	0,056	0,056	0,020	0,081	0,165	0,101
Synthesis	Max. Value in Row	9	9	9	9	9	3	9	9	3	9	9	9
	Mean Relative Weight	0,099	0,090	0,039	0,291	0,058	0,029	0,028	0,028	0,018	0,095	0,141	0,087

SIMPULAN

Penelitian ini menggunakan Multi-layer QFD untuk dapat mengakomodir kebutuhan dua pihak (Petugas KAI dan Penumpang) terkait dengan desain tangga akses naik dan turun dari peron ke gerbong kereta api. Diperoleh hasil bahwa pihak KAI dan penumpang sepakat bahwa sub-kriteria desain tangga baru merupakan yang paling penting karena desain ini yang menentukan bentuk, fitur tambahan dan material pada desain tangga baru. Sub-kriteria terpenting ke dua adalah mempertimbangkan antropometri penumpang pada desain ukuran tangga. Pihak KAI dan penumpang sepakat bahwa mempertimbangkan antropometri dalam penentuan dimensi beberapa komponen tangga baru adalah penting. Hal ini juga menunjukkan bahwa KAI berkomitmen untuk mengutamakan kepuasan penumpang termasuk dalam penyediaan fasilitas bancik yang aman dan nyaman.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Persyaratan Teknis Peron Stasiun Kereta Api | keretapedia."
- [2] Direksi PT. KAI, "Maklumat Direksi PT. KAI Nomor : 6/LL/006/KA-2015." p. 14, 2015.
- [3] Y. G. Henuk, C. H. Santoso, M. Kristanti, M. Perhotelan, and U. K. Petra, "Quality function deployment," *Qual. Eng.*, pp. 15–30, 2013.
- [4] L. Chan and M. Wu, "Quality Function Deployment : A Comprehensive Review of Its Concepts and Quality Function Deployment : A Comprehensive Review of Its Concepts and Methods," *Qual. Eng.*, no. September 2002, 2020, doi: 10.1081/QEN-120006708.
- [5] O. Duru, S. T. Huang, E. Bulut, and S. Yoshida, "Multi-layer quality function deployment (QFD) approach for improving the compromised quality satisfaction under the agency problem: A 3D QFD design for the asset selection problem in the

-
- shipping industry,” *Qual. Quant.*, vol. 47, no. 4, pp. 2259–2280, Jun. 2013, doi: 10.1007/s11135-011-9653-4.
- [6] A. N. Zaman, M. Anityasari, and R. M. Surjani, “Metodologi Desain Product Service System (PSS) Dengan QFD Multi Layer Di Perusahaan Karoseri,” *Semin. Nas. Manajmen Teknol. XXIV*, pp. 1–8, 2016.
- [7] O. Duru, C. B. Galvao, J. Mileski, L. T. Robles, and A. Gharehgozli, “Developing a comprehensive approach to port performance assessment,” *Asian J. Shipp. Logist.*, vol. 36, no. 4, pp. 169–180, 2020, doi: 10.1016/j.ajsl.2020.03.001.
- [8] “Antropometri Indonesia.”