Penerapan Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dalam Evaluasi Pemilihan Material Pipa pada Sistem *Chilled Water* ACMV

Raja Kevry Julang Madani[1], Darti Purnama Sari S.Pd., M.Pd.[*]

Politeknik Negeri Batam
Program Studi Teknik Mesin
Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam29461, Indonesia
[1]E-mail: rajakevry@gmail.com

Abstrak

Sistem Air Conditioning and Mechanical Ventilation (ACMV) merupakan sistem penting dalam bangunan yang berfungsi menjaga kenyamanan termal dan kualitas udara dalam ruangan. Salah satu sistemnya adalah *chilled water* yang digunakan untuk Mengalirkan air dingin dari chiller ke unit seperti *Fan Wall Unit (FWU), Computer Room Air Handler (CRAH)* dan *Fan Coil Unit (FCU).* Pemilihan material pipa menjadi faktor Yang mempengaruhi kinerja sistem. Berbagai jenis material pipa yang umum digunakan antara lain, adalah *low carbon steel ASTM A53 Grade B*, *galvanized steel SNI 0039-2013 Sch 40,* dan *stainless steel SS304 ASTM A312 TP304 Sch 40* yang memiliki kelebihan dan kekurangan dari segi kekuatan maupun biaya, Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pemilihan material pipa pada sistem *chilled water ACMV* menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process (AHP). K*riteria yang digunakan meliputi aspek Kekuatan material, ketahanan korosi, biaya dan umur pakai. Data penelitian diperoleh melalui data proyek, serta kuesioner kepada responden yang memiliki kompetensi di bidang perpipaan dan sistem *HVAC.* Metode AHP digunakan untuk menentukan prioritas pemilihan material pipa berdasarkan bobot setiap kriteria dan alternatif. Berdasarkan hasil sintesis AHP, *stainless steel SS304 ASTM A312 TP304 Schedule 40* memperoleh bobot akhir tertinggi sebesar 0,5684 atau 56,84%, diikuti *low carbon steel ASTM A53 Grade B Schedule 40* sebesar 0,2166 atau 21,66%, dan *galvanized steel SNI 0039:2013 Schedule 40* sebesar 0,2150 atau 21,50%. Dengan demikian, *stainless steel SS304 ASTM A312 TP304 Schedule 40* menjadi material pipa yang paling direkomendasikan untuk sistem *chilled water ACMV*.
Kata kunci: Analytical Hierarchy Process (AHP), sistem ACMV, sistem chilled water, material pipa,

Abstract

The Air Conditioning and Mechanical Ventilation (ACMV) system is an important building system that functions to maintain thermal comfort and indoor air quality. One of its subsystems is the chilled water system, which is used to distribute chilled water from the chiller to units such as the Fan Wall Unit (FWU), Computer Room Air Handler (CRAH), and Fan Coil Unit (FCU). Pipe material selection is one of the factors that affects system performance. Commonly used pipe materials include ASTM A53 Grade B low carbon steel, SNI 0039:2013 Schedule 40 galvanized steel, and ASTM A312 TP304 Schedule 40 stainless steel, each of which has its own advantages and disadvantages in terms of strength and cost. This study aims to evaluate pipe material selection for the ACMV chilled water system using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method. The criteria considered include material strength, corrosion resistance, cost, and service life. The research data were obtained from project data and questionnaires distributed to respondents with expertise in piping and HVAC systems. The AHP method was used to determine the priority of pipe material selection based on the weight of each criterion and alternative. Based on the AHP synthesis results, ASTM A312 TP304 Schedule 40 stainless steel obtained the highest final weight of 0.5684 or 56.84%, followed by ASTM A53 Grade B Schedule 40 low carbon steel with a weight of 0.2166 or 21.66%, and SNI 0039:2013 Schedule 40 galvanized steel with a weight of 0.2150 or 21.50%. Therefore, ASTM A312 TP304 Schedule 40 stainless steel is the most recommended pipe material for the ACMV chilled water system.
Keywords : Analytical Hierarchy Process (AHP), ACMV system, chilled water system, pipe material

1 Pendahuluan

Sistem *Air Conditioning and Mechanical Ventilation (ACMV)* merupakan sistem yang berfungsi menjaga kenyamanan suhu, tapi juga mengatur kualitas udara. Dalam hal ini, air dingin atau *chilled water*

memegang peranan penting dalam mendistribusikan air dingin dari pompa ke berbagai unit seperti *Fan Wall Unit (FWU), Fan Coil Unit (FCU), serta Computer Room Air Handler (CRAH)* yang tersebar di seluruh area. Keandalan sistem perpipaan memiliki peran penting, jika distribusi air dingin terganggu, hal ini bisa menyebabkan gangguan operasional serius dan potensi biaya perbaikan yang besar.

Penggunaan material merupakan salah satu aspek penting, dengan menggunakan material yang tepat tentu menentukan apakah pipa mampu menahan tekanan dan aliran yang dibutuhkan, pemilihan material juga berpengaruh pada umur pipa, frekuensi perawatan. Banyak jenis material pipa yang biasa digunakan, masing-masing punya karakteristik berbeda terkait kekuatan mekanis, ketahanan korosi, Perbandingan biaya, dan umur pakai, semuanya harus dipertimbangkan dengan matang. Pemilihan material berdasarkan biaya awal tanpa mempertimbangkan kualitas dan ketahanan jangka panjang berisiko menambah biaya perawatan [1].

Salah satu permasalahan yang ditemukan pada proyek pembangunan fasilitas *data center* XYZ adalah penggunaan material pipa dengan jenis *low Carbon Steel* dengan spesifikasi *ASTM A53 Grade B Sch 40,* yang memiliki kandungan karbon maksimum sebesar 0,30 % yang di gunakan dalam sistem *chilled water*. Material ini pada dasarnya memiliki kekuatan yang baik, namun rentan terhadap korosi, Oleh karena itu, pada penerapan instalasi diperlukan insulasi untuk menjaga suhu fluida serta mengurangi terjadinya kondensasi pada permukaan pipa. Penelitian [2] menunjukkan bahwa baja karbon memiliki kecenderungan mengalami korosi apabila tidak dilengkapi dengan perlindungan tambahan.

Namun, pengalaman para ahli di lapangan menunjukkan ada pendekatan berbeda, terutama pada proyek sebelumnya. Mereka menggunakan material *stainless steel SS304 ASTM A312 TP304* karena Material ini memiliki karakteristik yang lebih tahan terhadap korosi. Ini tentu menggambarkan adanya pertimbangan berbeda dalam pemilihan material dengan kelebihan dan kekurangannya masing-masing, tergantung kondisi operasional yang dihadapi. [3] menunjukkan bahwa laju korosi paling rendah terjadi pada material *SS304* dibanding baja karbon rendah dan stainless steel seri lainnya.

Penelitian yang dilakukan oleh [4] telah mengembangkan metode pemilihan material pipa dengan mempertimbangkan aspek kesehatan, keandalan, dan biaya. Namun, penelitian tersebut berfokus pada sistem distribusi air secara umum dan belum secara spesifik membahas kondisi operasional sistem *chilled water* pada ACMV yang memiliki karakteristik suhu rendah, potensi kondensasi, dan lingkungan yang berbeda. Penelitian yang di lakukan oleh [5] telah menggunakan metode AHP untuk pemilihan material tetapi hanya memfokuskan dalam pemilihan Material Pembuatan Alat Bantu Kerja Proses Pengukuran. Penelitian tersebut belum berfokus pada sistem ACMV khususnya dalam sistem *chilled water*. Sedangkan Penelitian ini, material yang dibandingkan adalah *low carbon steel ASTM A53 Grade B*, *galvanized steel SNI 0039-2013 Sch 40,* dan *stainless steel SS304 ASTM A312 TP304 Sch 40* dan hanya memfokuskan dalam evaluasi penggunaan material pada sistem *chilled water* ACMV, dengan menggunakan metode AHP untuk menentukan material yang paling optimal.

Untuk memilih material yang paling optimal, pendekatan yang terstruktur sangat diperlukan. Salah satu metode yang sering dipakai adalah *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Metode ini cukup efektif membantu dalam pengambilan keputusan yang melibatkan berbagai kriteria, karena AHP mampu memecah masalah kompleks menjadi hierarki yang mudah dianalisis [6]. penentuan bobot prioritas dalam metode AHP diperoleh melalui proses penilaian responden menggunakan kuesioner perbandingan berpasangan antar kriteria, sehingga setiap kriteria memiliki tingkat prioritas yang berbeda [7].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pemilihan material pipa pada sistem *chilled water* ACMV. Guna menentukan alternatif material yang paling optimal. Evaluasi dilakukan dengan mempertimbangkan aspek kekuatan material, ketahanan terhadap korosi, biaya serta umur pakai, sehingga hasil yang diperoleh dapat menjadi dasar dalam pengambilan keputusan yang lebih objektif dan terstruktur.

Batasan masalah Penelitian ini difokuskan pada evaluasi pemilihan material pipa pada sistem *chilled water ACMV*. Menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* dan hanya membahas evaluasi terhadap prioritas material terbaik dan tidak mencakup analisis, desain, simulasi sistem, maupun pengujian laboratorium material. Material yang dibandingkan meliputi pipa *low carbon steel ASTM A53 Grade B schedule 40,* pipa *galvanized steel SNI 0039-2013 Sch 40,* pipa *stainless steel SS304 ASTM A312 TP304*.

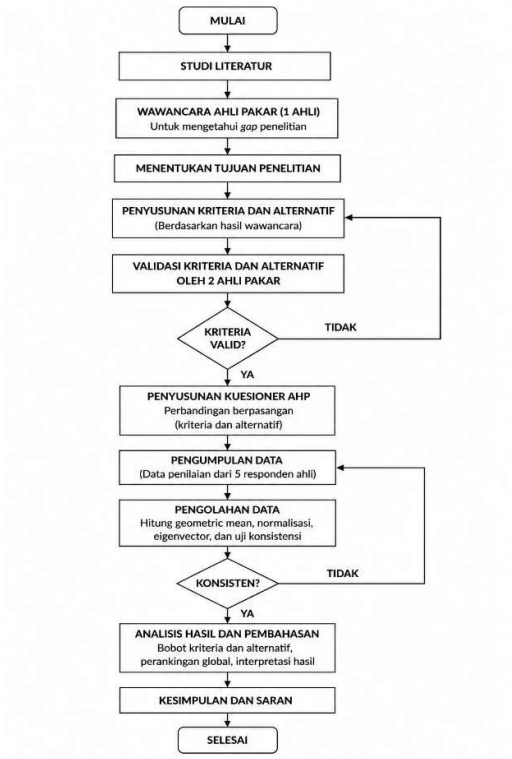
2 Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan data kuantitatif dan dilakukan pada proyek gedung *data centre* XYZ. Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan metode *AHP* untuk mengevaluasi apakah dalam pemilihan material pada proyek ini sudah memilih alternatif yang terbaik. Evaluasi pemilihan material

akan di bandingan berdasarkan kriteria yaitu kekuatan material, ketahanan korosi, Perbandingan biaya dan umur pakai. Berikut penjelasan kriteria yang ditetapkan dalam melakukan seleksi material

a. Kekuatan material, pemilihan material untuk sistem *chilled water* juga harus mempertimbangkan kekuatan pada material. Dikarenakan sistem ini memiliki *operating pressure* dan tekanan pada saat *hydrotest* sebesar 7 bar.
b. ketahanan korosi, ketahanan korosi antar alternatif. Hal ini memiliki peranan yang penting karena kondensasi menyebabkan material rentan terhadap korosi
c. Perbandingan biaya, dalam mempertimbangkan pemilihan material, aspek biaya perlu di pertimbangkan untuk mendapatkan solusi yang hemat biaya tanpa mengesampingkan kualitas.
d. Umur pakai, pemakaian jangka panjang merupakan salah satu kunci untuk menghemat biaya, aspek ini memiliki peranan yang penting dan perlu di pertimbangkan

Alternatif material yang diputuskan untuk diseleksi terdiri dari 3 jenis material yaitu*, low carbon steel ASTM A53 Grade B Sch 40*, *galvanized steel SNI 0039-2013 Sch 40,* dan *stainless steel SS304 ASTM A312 TP304 Sch 40*. Berikut tahapan pada penelitian ini dengan menggunakan *AHP*



Gambar 1: Alur Penelitian

2.1. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut :

a. Pengamatan atau Observasi dilakukan secara langsung pada proyek sistem *Air Conditioning and Mechanical Ventilation (ACMV),* khususnya pada sistem perpipaan *chilled water*. Pengamatan ini bertujuan untuk memahami kondisi nyata di lapangan, termasuk perbedaan penggunaan material pipa antara proyek yang sedang berjalan dan proyek sebelumnya,
b. Wawancara Wawancara dilakukan untuk memperoleh informasi dari praktisi mengenai pengalaman penggunaan material pipa pada berbagai proyek serta mengidentifikasi perbedaan pemilihan material yang digunakan pada proyek-proyek sebelumnya. Informasi tersebut digunakan sebagai dasar dalam penyusunan kriteria dan alternatif pada penelitian menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)*
c. Kuesioner, Pengumpulan data dilakukan dengan menyebarkan kuesioner kepada responden yang

memiliki pengalaman di bidang piping dan ACMV, Penelitian ini melibatkan lima orang responden yaitu pemilihan responden berdasarkan pengalaman, kompetensi, dan keterlibatan langsung dalam bidang engineering, sistem perpipaan, serta sistem Air Conditioning and Mechanical Ventilation (ACMV). Untuk menjaga kerahasiaan identitas responden, nama responden disajikan dalam bentuk inisial. Seluruh responden memiliki pengalaman dan kompetensi yang relevan sehingga dinilai mampu memberikan penilaian terhadap pemilihan material pipa menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process (AHP).* Responden pertama ditulis dengan inisial BI yang menjabat sebagai *Superintende*nt di PT DME. Responden kedua ditulis dengan inisial KK yang menjabat sebagai *Mechanical Engineer* di PT DME Responden ketiga ditulis dengan inisial AP yang menjabat sebagai *Mechanical Engineer* di PT DME. Responden keempat ditulis dengan inisial MYH yang menjabat sebagai *Lead Engineer* di PT AKJV. Responden kelima ditulis dengan inisial A yang menjabat sebagai *SPV Engineering* di PT DME

1) Tahap 1 untuk mengidentifikasi bobot kriteria. Dilakukan dengan memberikan penilaian antar kriteria menggunakan skala *AHP*
2) Tahap 2: Kuesioner penilaian alternatif antar setiap kriteria, sehingga diperoleh bobot prioritas alternatif dengan menggunakan skala *AHP*

dari kusioner yang telah di isi oleh ahli yang berkompeten data di gabungkan menggunakan formulasi *geometric mean.* Rumus *geometric mean* adalah berikut.

$$GM = (R1*R2*\ldots*Rn)1/n \qquad [8]$$

Dimana:
GM = geometric mean
N = Jumlah Responden
R = Nilai Kuisoner Nilai N

2.2. Metode Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Analytical Hierarchy Process* (*AHP).* Metode *AHP* merupakan metode pengambilan keputusan multikriteria yang menggunakan perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) untuk menentukan bobot prioritas setiap kriteria dan mengevaluasi alternatif berdasarkan bobot yang diperoleh [9]. Metode ini digunakan untuk pemberian nilai dari para ahli untuk mendapatkan bobot alternatif prioritas material untuk sistem *chilled water*. Metode ini sangat efektif untuk menyelesaikan permasalahan yang melibatkan banyak kriteria dan memungkinkan pengguna untuk membandingkan berbagai alternatif secara berpasangan (*pairwise comparison)* [10]. Metode *AHP* memiliki langkah-langkah untuk mendapatkan bobot prioritas dan menentukan alternatif terbaik. [11] Adapun langkah-langkah metode *AHP* yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

A. Penyusunan Struktur Hierarki

Tahap awal dalam metode AHP adalah menyusun struktur hierarki yang terdiri dari

a. mengidentifikasi masalah dan tujuan, pada tahap ini adanya perbandingan untuk mengevaluasi pemilihan material pipa pada sistem *chilled water*
b. penentuan kriteria pada tahap ini penelitian mengidentifikasi 4 kriteria utama yang digunakan. Berikut adalah penjelasan mengenai kriteria
    1) Kekuatan material, material harus mempunyai kekuatan yang cukup untuk menerima tekanan operasional dan mencegah agar tidak adanya kebocoran
    2) Ketahanan korosi, material mampu menahan korosi yang disebabkan oleh kondensasi yang terjadi karena perbedaan suhu ruangan dan suhu pada sistem *chilled water*
    3) Biaya, material harus mempertimbangkan biaya agar tetap ekonomis
    4) Umur pakai, memiliki ketahanan jangka panjang terhadap kondisi operasional sehingga dapat digunakan dalam waktu lama tanpa mengalami penurunan kinerja yang signifikan
c. penentuan alternatif

    Alternatif material yang diputuskan untuk diseleksi terdiri dari 3 jenis material yaitu, *, low carbon steel ASTM A53 Grade B Sch 40*, *galvanized steel SNI 0039-2013 Sch 40,* dan *stainless steel SS304 ASTM A312 TP304 Sch 40*

B. Perhitungan Matriks Perbandingan Berpasangan

Setelah struktur hierarki ditentukan, langkah selanjutnya adalah Perhitungan matriks perbandingan berpasangan untuk setiap tingkat hierarki. Matriks ini digunakan untuk membandingkan tingkat kepentingan

antar kriteria maupun antar alternatif berdasarkan penilaian responden. Nilai perbandingan diberikan menggunakan skala *AHP* (1–9) sesuai dengan tingkat kepentingan relatif.

Tabel 1.
Skala *AHP*

Skala	Tingkat Kepentingan
1	Kedua elemen memiliki tingkat kepentingan yang sama
2	Nilai antara dua pertimbangan yang berdekatan
3	Satu elemen sedikit lebih penting dibanding elemen lainnya
4	Nilai antara skala 3 dan 5
5	Satu elemen jelas lebih penting dibanding elemen lainnya
6	Nilai antara skala 5 dan 7
7	Satu elemen sangat lebih penting dibanding elemen lainnya
8	Nilai antara skala 7 dan 9
9	Satu elemen mutlak lebih penting dibanding elemen lainnya

Sumber : [11] Ahmad, R. (2018).

C. Perhitungan Eigenvalue dan Eigenvector

Menurut [10] Nilai eigenvalue dan eigenvector digunakan untuk menentukan bobot prioritas dari setiap kriteria dan alternatif. Proses ini dilakukan dengan menormalisasi matriks perbandingan berpasangan, kemudian menghitung rata-rata setiap baris untuk mendapatkan bobot prioritas. Bobot ini menunjukkan tingkat kepentingan relatif dari elemen dalam sistem.

a. Tahap pertama dalam proses normalisasi adalah menjumlahkan seluruh nilai pada setiap kolom matriks perbandingan berpasangan. Jumlah nilai pada setiap kolom digunakan sebagai pembagi untuk setiap elemen pada kolom yang sama. Persamaan yang digunakan untuk menghitung jumlah setiap kolom adalah sebagai berikut [11].

$$n_j = \sum_{i=0}^{z} x_{ij}$$

Sumber : [11] Ahmad, R. (2018).

1) n_j = Hasil penjumlahan nilai seluruh pada kolom ke-j.
2) x_{ij} = Nilai elemen matriks pada baris ke-i dan kolom ke-j.
3) i = Indeks baris ($i = 1,2,3, \dots, z$).
4) j = Indeks kolom ($j = 1,2,3, \dots, z$).
5) z = Jumlah kriteria atau alternatif yang dibandingkan (ukuran dimensi matriks $z \times z$).

b. Setelah nilai jumlah setiap kolom diperoleh, tahap selanjutnya adalah melakukan normalisasi dengan cara membagi setiap nilai elemen matriks dengan jumlah kolom yang bersesuaian.[11]. Persamaan normalisasi matriks ditunjukkan sebagai berikut

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{n_j}$$

Sumber : [11] Ahmad, R. (2018).

1) n_{ij} =Nilai hasil normalisasi pada baris ke-i dan kolom ke-j.
2) x_{ij} = Nilai elemen matriks pada baris ke-i dan kolom ke-j.
3) n_j = Hasil penjumlahan nilai seluruh pada kolom ke-j

c. Setelah dinormalisasi, bobot di rata-ratakan untuk setiap elemen atau kriteria (Bp) dihitung dengan menjumlahkan nilai baris yang telah dinormalisasi, kemudian dibagi dengan jumlah total kriteria (n).

$$BP = \frac{\sum_{j=1}^{n} n_{ij}}{n}$$

Sumber : [11] Ahmad, R. (2018).

1) Bp = Bobot kriteria atau prioritas untuk elemen ke-i.
2) n = Jumlah total kriteria atau elemen dalam satu baris/kolom (ukuran matriks).
3) $\sum_{j=1}^{n} n_{ij}$= Jumlah nilai hasil normalisasi pada baris ke-i dari kolom ke-1 sampai kolom ke-n.

d. Menghitung λmax/eigen value Rumus untuk menghitung λmax adalah sebagai berikut.

λmax= ∑ (Eigen value x jumlah bobot per kolom)
sumber: [12] Hapsari, Y. T. (2018).

D. Pengujian Konsistensi

Untuk memastikan bahwa penilaian responden konsisten, dilakukan uji konsistensi menggunakan *Consistency Index (CI)* dan *Consistency Ratio (CR*). Nilai *CI* dihitung menggunakan persamaan:

$$CI = \frac{\lambda max - n}{n - 1}$$

Sumber : [13]Vural, D., & Kose, E

Sedangkan nilai *CR* dihitung dengan rumus:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Sumber : [13] Vural, D., & Kose, E

di mana:

a. λ_{max} = nilai eigen maksimum
b. n= jumlah elemen yang dibandingkan
c. *RI*= *Random Index*

Nilai *RI* yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Tabel 2 sesuai jumlah elemen yang dibandingkan [13].

Tabel 2.
Random Index

n	1	2	3	4	5	6	7
RI	0.0	0.0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32
8	9	10	11	12	13	14	15
1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Sumber : [13] Vural, D., & Kose, E

Jika nilai *CR* ≤ 0,1 atau kurang dari 10 % maka matriks perbandingan dianggap konsisten dan dapat digunakan dalam analisis lebih lanjut [13].

E. Penentuan Prioritas dan Alternatif Terbaik

Tahap akhir adalah Perankingan yaitu dengan menggabungkan eigen vector kriteria dan eigen vector alternatif untuk memperoleh prioritas global. Hasil ini digunakan untuk menentukan material pipa yang paling optimal pada sistem *chilled water ACMV* berdasarkan seluruh kriteria yang telah ditetapkan. Nilai bobot alternatif merupakan tahap analisis nilai bobot alternatif yang didapat dari hasil perkalian antara bobot kriteria dan alternatif, untuk bobot yang lebih besar merupakan alternatif yang akan diutamakan[14].

3. Analisa data dan pembahasan

Data dan rasio konsistensi data

Data yang diperoleh dari penyebaran kuesioner. Selanjutnya akan dilakukan pengujian konsistensi untuk memastikan penilaian yang dilakukan oleh responden memiliki tingkat konsistensi yang dapat diterima.Dalam Metode AHP Nilai *Consistency Ratio* (CR) menjadi indikator Konsistensi. Apabila nilai CR lebih besar dari 0.1, maka penilaian dianggap tidak konsisten, sehingga data tersebut tidak dapat digunakan.sebelum menghitung CR terlebih dahulu menentukan nilai eigen vector dan eigen valueyang enjadi dasar dalam pengujian.

Perhitungan bobot matrik berpasangan

Perhitungan bobot ini menggunakan data dari hasil kuesioner yang sudah diisi oleh ahli di bidang terkhusus pada sistem ACMV/HVAC. Berikut rekapitulasi hasil matriks berpasangan.

Tabel 3
Gabungan penilaian pakar tentang kriteria

Elemen kriteria A	Elemen kriteria B			
	Kekuatan Material	Ketahanan Korosi	Biaya	Umur Pakai
Kekuatan Material	1.00	0.27	3.25	0.46
Ketahanan Korosi	3.66	1.00	5.83	2.49
Biaya	0.31	0.17	1.00	0.29

Umur Pakai		2.17	0.40	3.41	1.00
	Total	7.14	1.85	13.48	4.25

Tabel 4
Gabungan penilaian pakar tentang kriteria kekuatan material

Kekuatan Material	**low carbon steel ASTM A53 Grade B Sch 40**	**galvanized steel SNI 0039-2013 Sch 40**	**stainless steel SS304 ASTM A312 TP304**
low carbon steel ASTM A53 Grade B Sch 40	1.00	1.32	1.52
galvanized steel SNI 0039-2013 Sch 40	0.76	1.00	0.50
stainless steel SS304 ASTM A312 TP304	0.66	2.00	1.00
Jumlah Total Kolom	2.42	4.32	3.02

Tabel 5
Gabungan penilaian pakar tentang kriteria ketahanan korosi

Ketahanan korosi	**low carbon steel ASTM A53 Grade B Sch 40**	**galvanized steel SNI 0039-2013 Sch 40**	**stainless steel SS304 ASTM A312 TP304**
low carbon steel ASTM A53 Grade B Sch 40	1.00	0.37	0.20
galvanized steel SNI 0039-2013 Sch 40	2.70	1.00	0.28
stainless steel SS304 ASTM A312 TP304	4.89	3.52	1.00
Jumlah Total kolom	8.59	4.89	1.49

Tabel 6
Gabungan penilaian pakar tentang kriteria biaya

Biaya	**low carbon steel ASTM A53 Grade B Sch 40**	**galvanized steel SNI 0039-2013 Sch 40**	**stainless steel SS304 ASTM A312 TP304**
low carbon steel ASTM A53 Grade B Sch 40	1.00	2.35	5.75
galvanized steel SNI 0039-2013 Sch 40	0.43	1.00	3.57
stainless steel SS304 ASTM A312 TP304	0.17	0.28	1.00
Jumlah Total Kolom	1.60	3.63	10.32

Tabel 7
Gabungan penilaian pakar tentang kriteria Umur Pakai

Umur Pakai	**low carbon steel ASTM A53 Grade B Sch 40**	**galvanized steel SNI 0039-2013 Sch 40**	**stainless steel SS304 ASTM A312 TP304**
low carbon steel ASTM A53 Grade B Sch 40	1.00	1.78	0.27
galvanized steel SNI 0039-2013 Sch 40	0.56	1.00	0.23
stainless steel SS304 ASTM A312 TP304	3.74	4.27	1.00
Jumlah Total Kolom	5.30	7.05	1.50

Setelah diperoleh matriks perbandingan berpasangan hasil penggabungan penilaian responden. langkah selanjutnya adalah melakukan normalisasi matriks. Proses normalisasi dilakukan dengan cara membagi setiap elemen pada matriks perbandingan dengan jumlah total pada kolom yang bersesuaian.

Tabel 8
Normalisasi dan pembobotan Matriks kriteria

Elemen kriteria A	Elemen kriteria B				
	Kekuatan Material	Ketahanan Korosi	Biaya	Umur Pakai	Nilai eigen
Kekuatan Material	0.14	0.15	0.24	0.11	0.16
Ketahanan Korosi	0.51	0.54	0.43	0.59	0.52
Biaya	0.04	0.09	0.07	0.07	0.07
Umur Pakai	0.30	0.22	0.25	0.24	0.25

Tabel 9
Normalisasi dan pembobotan Matriks Alternatif Material dengan kriteria kekuatan material

	low carbon steel ASTM A53 Grade B Sch 40	galvanized steel SNI 0039-2013 Sch 40	stainless steel SS304 ASTM A312 TP304	Nilai eigen
low carbon steel ASTM A53 Grade B Sch 40	0.41	0.31	0.50	0.41
galvanized steel SNI 0039-2013 Sch 40	0.31	0.23	0.17	0.24
stainless steel SS304 ASTM A312 TP304	0.27	0.46	0.33	0.36

Tabel 10
Normalisasi dan pembobotan Matriks Alternatif Material dengan kriteria Ketahanan Korosi

	low carbon steel ASTM A53 Grade B Sch 40	galvanized steel SNI 0039-2013 Sch 40	stainless steel SS304 ASTM A312 TP304	Nilai eigen
low carbon steel ASTM A53 Grade B Sch 40	0.12	0.08	0.14	0.11
galvanized steel SNI 0039-2013 Sch 40	0.31	0.20	0.19	0.24
stainless steel SS304 ASTM A312 TP304	0.57	0.72	0.67	0.65

Tabel 11
Normalisasi dan pembobotan Matriks Alternatif Material dengan kriteria Biaya

	low carbon steel ASTM A53 Grade B Sch 40	galvanized steel SNI 0039-2013 Sch 40	stainless steel SS304 ASTM A312 TP304	Nilai eigen
low carbon steel ASTM A53 Grade B Sch 40	0.63	0.65	0.56	0.61
galvanized steel SNI 0039-2013 Sch 40	0.27	0.28	0.35	0.30
stainless steel SS304 ASTM A312 TP304	0.11	0.08	0.10	0.09

Tabel 12
Normalisasi dan pembobotan Matriks Alternatif Material dengan kriteria Umur Pakai

	low carbon steel ASTM A53 Grade B Sch 40	galvanized steel SNI 0039-2013 Sch 40	stainless steel SS304 ASTM A312 TP304	Nilai eigen
low carbon steel ASTM A53 Grade B Sch 40	0.19	0.25	0.18	0.21
galvanized steel SNI 0039-2013 Sch 40	0.11	0.14	0.16	0.13

stainless steel SS304 ASTM A312 TP304	0.71	0.61	0.67	0.66

Pengujian Konsistensi CI dan CR

Tahap selanjutnya adalah perhitungan konsistensi CI dan CR pada kriteria. Berikut contoh perhitungan CI dan CR pada kriteria

$CI = \frac{4.11-4}{4-1} = 0.04$

$CR = \frac{0.04}{0.9} = 0.040$

Berikut adalah rekapitulasi dari perhitungan konisistensi CI dan CR

Tabel 13
Rekapitulasi Perhitungan CI dan CR Kriteria dan Alternatif terhadap masing masing kriteria

Matriks	***λmax***	***CI***	***CR***	**Keterangan**
Kriteria	4.11	0.04	0.04	Konsisten
Alternatif – Kekuatan Material	3.08	0.04	0.07	Konsisten
Alternatif – Ketahanan Korosi	3.07	0.037	0.06	Konsisten
Alternatif – Biaya	3.02	0.011	0.01	Konsisten
Alternatif – Umur Pakai	3.03	0.017	0.02	Konsisten

Berdasarkan tabel yang di tunjukkan di atas di dapatkan nilai CI dan CR < 0.1 ini menujukkan bahwa data yang di peroleh dapat digunakan untuk proses pemilihan prioritas material

Prioritas pemilihan material

Pada tahap terakhir, selanjutnya adalah menentukan prioritas pemilihan material berdasarkan nilai yang di peroleh dengan menjumlahkan vector eigen nilai tersebut kemudian di kalikan dengan masing masing kriteria sehingga masing – masing kriteria memiliki bobot prioritas tersendiri. Berikut rekapitulasi nilai bobot prioritas

Tabel 14
Rekapitulasi Bobot Prioritas Material

Alternatif	**Kekuatan 0,16**	**Korosi 0,52**	**Biaya 0,07**	**Umur Pakai 0,25**	**Bobot Akhir**	**Peringkat**
Low carbon steel	0,41	0,11	0,61	0,21	0,2166	2
Galvanized steel	0,24	0,24	0,30	0,13	0,2150	3
Stainless steel SS304	0,36	0,65	0,09	0,66	0,5684	1

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), seluruh matriks perbandingan berpasangan memiliki nilai *Consistency Ratio* (CR) di bawah 0,1. Nilai CR pada matriks kriteria sebesar 0,040, sedangkan pada matriks alternatif berdasarkan kriteria kekuatan material sebesar 0,070, ketahanan korosi sebesar 0,063, biaya sebesar 0,019, dan umur pakai sebesar 0,029. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penilaian dari para responden memiliki tingkat konsistensi yang dapat diterima, sehingga data dapat digunakan untuk menentukan prioritas pemilihan material pipa.

Dari hasil pembobotan kriteria, ketahanan korosi memperoleh bobot paling tinggi, yaitu sebesar 0,52. Selanjutnya, kriteria umur pakai memperoleh bobot sebesar 0,25, kekuatan material sebesar 0,16, dan biaya sebesar 0,07. Hal ini menunjukkan bahwa para responden lebih mempertimbangkan kemampuan material dalam menahan korosi dan mempertahankan umur pemakaian dibandingkan faktor biaya.

Hasil perhitungan prioritas akhir menunjukkan bahwa *stainless steel SS304 ASTM A312 TP304* menempati peringkat pertama dengan bobot sebesar 0,5684 atau 56,84%. *Low carbon steel ASTM A53 Grade B Schedule 40* berada pada peringkat kedua dengan bobot sebesar 0,2166 atau 21,66%. Sementara itu, *galvanized steel SNI 0039:2013 Schedule 40* berada pada peringkat ketiga dengan bobot sebesar 0,2150 atau 21,50%.

Berdasarkan hasil tersebut, *stainless steel SS304 ASTM A312 TP304* menjadi material yang paling direkomendasikan untuk digunakan pada *sistem chilled water ACMV*. Material ini memiliki nilai yang lebih unggul, terutama pada kriteria ketahanan korosi dan umur pakai. Walaupun memiliki biaya yang lebih tinggi dibandingkan material lainnya, *stainless steel SS304* dinilai lebih mampu memberikan ketahanan dan keandalan dalam penggunaan jangka panjang.

5. Daftar Pustaka

[1] Aneda, N. S., & Raidi, S. (2025, June). Identifikasi Penggunaan Material Low-Maintenance pada Desain Bangunan MN Homestay Yogyakarta. In *Prosiding (SIAR) Seminar Ilmiah Arsitektur* (pp. 858-865).

[2] Royani, A. (2019). Performa Korosi Baja Karbon Pada Uji Simulasi Pipa Untuk Sistem Saluran Air Pendingin [Corrosion Performance of Carbon Steel in Pipe Simulation Test for Cooling Water Systems]. Jurnal Metalurgi, 34(2), 49-60.

[3] Yunaidi, Y. (2016). Perbandingan Laju Korosi Pada Baja Karbon Rendah dan Stainless Steel Seri 201, 304, dan 430 Dalam Media Nira. *Jurnal Mekanika dan Sistem Termal*, *1*(1), 1-6.

[4] Mutlag, S., Abed, K., & Al Mashhadany, Y. (2026). Material Selection Method Based on Health, Reliability and Cost for Water Supply Pipe. F1000Research, 15, 361.

[5] Nelfiyanti, N., Yudistirani, S. A., PBakar, Y., Setiawan, A., & Pangestu, R. (2024). Penerapan Metode AHP dalam Pemilihan Material Pembuatan Alat Bantu Kerja Proses Pengukuran. JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri, 11(1), 77-86.

[6] Supriyatna, A. (2016). Optimalisasi Penentuan Supplier dengan Pendekatan Metode AHP.

[7] Krisnadhi, H., & Eko, B. S. (2016). Kriteria Yang Berpengaruh Dalam Penilaian Kinerja Karyawan Menggunakan Anaytical Hierarchy Process. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, *15*(1), 19-26.

[8] Santoso, S., Astriandari, J., Maulana, T., Ramadhan, A., & Sumantri, D. (2022). Penerapan Metode Analytical Hierarchy Process Dalam Mengetahui Kriteria Minat Masyarakat Terhadap Penggunaan Automated People Mover System. *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains Dan Teknologi*, *7*(3), 161-168.

[9] Purwanto, A., Prasetyaningrum, E., Pratama, R., & Haspianto, M. (2023). Penerapan Metode Analytical Hierarchy Process Dalam Pemilihan Handphone Untuk Kebutuhan Mahasiswa. *Jutisi: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, *12*(1).

[10] E. I. Sinaga, K. Naipospos, A. P. Nasution, D. Pratiwi, and Afrisawati, "PENERAPAN METODE AHP DALAM SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN UNTUK MENILAI DAN MEMILIH PELANGGAN TERBAIK PADA BISNIS LAUNDRY DI (AIR BATU)," vol. 4, no. 2, pp. 1–23, 2024

[11] Ahmad, R. (2018). Penggunaan Sistem Pendukung Keputusan Dengan Menggunakan Metode Analytical Hirarchy Process (AHP) Dalam Menyeleksi Kelayakan Penerima Beasiswa. *METIK JURNAL (AKREDITASI SINTA 3)*, *2*(1), 28-33.

[12] Hapsari, Y. T. (2018). Pengukuran Kualitas Dan Brand dengan Metode AHP (Analythic Hierarchy Process). *IEJST (Ind. Eng. J. Univ. Sarjanawiyata Tamansiswa)*, *2*(1).

[13] Vural, D., & Kose, E. (2020). Selection of alternative filling material in the bed production with AHP and ELECTRE methods. *Journal of applied research on industrial engineering*, *7*(2), 163-176.

[14] Dayana, T., & Prasmoro, A. V. (2024). Pemilihan Supplier Pipa Menggunakan Fuzzy Analytical Hierarchy Process (AHP) di PT GMJ. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik UBJ* (Vol. 1, No. 1).

[15] Ekojono, E., Banjarnahor, H. V., & Sintiya, E. S. (2024, February). Multi-expert gmm decision support system with ahp method for determining weight of transformer oil insulation quality index. In *Proceeding International Seminar of Science and Technology* (Vol. 3, pp. 273-285).

[16] Azkina, A. P. J., Habibah, A. S., & Latif, A. A. (2025). Analisis Kehilangan Energi pada Pipa PVC dan Galvanis dengan Menggunakan Persamaan Darcy-Weisbach dan Hazen Williams. Jurnal Teknik Sipil MACCA, 10(1), 92-101.

[17] Zhao, S., Jing, Y., Liu, T., Zhao, W., & Li, F. (2024). Corrosion behavior and mechanism of carbon steel in industrial circulating cooling water system operated by electrochemical descaling technology. Journal of Cleaner Production, 434, 139817.

[18] Fakhrul, R. E. (2018). PENGARUH JENIS MATERIAL PIPA PENDINGIN TERHADAP DISTRIBUSI TEMPERATUR DI DALAM BETON YANG DIDINGINKAN DENGAN SISTIM POST COOLING (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS ANDALAS).

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

LAPORAN HASIL WAWANCARA

Penelitian:

Penerapan Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dalam Evaluasi Pemilihan Material Pipa pada Sistem *Chilled Water ACMV*

Disusun oleh:

Nama	**:** Raja Kevry Julang Madani
NIM	**:**3412301050
Program Studi	**:** Teknik Mesin
Jurusan	**:** Teknik Mesin
Institusi	**:** Politeknik Negeri Batam
Tahun	**:** 2026

2. Pendahuluan

a. Latar Belakang

Wawancara dilakukan untuk memperoleh informasi dari praktisi yang berpengalaman dalam bidang mekanikal dan sistem Chilled Water ACMV. Informasi tersebut digunakan sebagai dasar untuk mengidentifikasi kesenjangan penelitian, memvalidasi hierarki Analytical Hierarchy Process (AHP), serta memperoleh gambaran mengenai pertimbangan dalam pemilihan material pipa berdasarkan pengalaman di lapangan.

b. Tujuan

- Mengidentifikasi praktik pemilihan material pipa pada sistem Chilled Water ACMV.
- Memvalidasi kriteria dan alternatif yang digunakan pada metode AHP.
- Mendukung penyusunan kuesioner penelitian.

c. Topik Wawancara

- Latar belakang pendidikan dan pengalaman kerja narasumber
- Pengalaman proyek data center dan sistem Chilled Water ACMV
- Pemilihan dan perbandingan material pipa antar proyek
- Validasi kriteria dan alternatif penelitian (hierarki AHP)

3. Identitas Narasumber

Nama	BI
Jabatan	Supeeintendent
Perusahaan	PT.DME
Bidang Keahlian	Building / Mekanikal Electrical Plumbing
Media/Lokasi Wawancara	Site

4. Hasil Wawancara

Pertanyaan 1

Bagaimana latar belakang pendidikan dan pengalaman kerja Bapak di bidang mekanikal atau perpipaan?

Jawaban Narasumber:

Setelah lulus sekolah saya sama seperti kamu juga sebagai drafter juga. Saya setelah lulus sekolah waktu itu di tahun 2000an saya bekerja di Jepang, ya sama projectnya building semuanya. tentang pekerjaan konstruksi dan mekanikal sistem hvac juga. Setelah kembali ke Indonesia, saya di ajak bekerja di beberapa proyek gedung dan data center sampai sekarang.

Pertanyaan 2

Proyek data center atau sistem chilled water ACMV apa saja yang pernah Bapak tangani?

Jawaban Narasumber:

dulu sebelum di projek ini saya jadi superintendnt juga proyek data center di kawasan Nongsa.Di Jakarta juga, di cikarang

Pertanyaan 3

Material pipa apa yang digunakan pada proyek tersebut

Jawaban Narasumber:

dulu di nongsa itu full stainless steel loh itu, SS304

Pertanyaan 4

Menurut Bapak, kriteria apa saja yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan material pipa pada sistem chilled water ACMV? Mohon jelaskan alasannya.

Jawaban Narasumber:

Menurut saya yang paling penting adalah ketahanan korosi, kekuatan material, biaya, dan umur pakai. Ke empat ini sangat penting di pertimbangkan.

Pertanyaan 5

Dari pengalaman Bapak, faktor apa yang paling berpengaruh dalam menentukan pemilihan material pipa pada sistem chilled water ACMV?

Jawaban narasumber:

ketahanan korosi itu penting karena di sistem chillled water itu potensi kondensasi nya besar itu membuat pipa itu jadi lembab dan makanya di sistem chilled water itu di beri insulasi lagi kalau di poject ini menggunakan jacketing insulasi

Pertanyaan 6

Menurut Bapak, jenis material pipa apa saja yang layak dipertimbangkan untuk digunakan pada sistem chilled water ACMV? Mohon jelaskan kelebihan dan kekurangan masing-masing material berdasarkan pengalaman di lapangan

Jawaban Narasumber:

Yang digunakkan project ini itu bisa di pertimbangkan dengan material stainless steel 304 yg saya sebutkan tadi disini kan contohnya ada Carbon steel ada juga galvanized steel

5. Kesimpulan Wawancara

- Narasumber berpengalaman di bidang mekanikal, perpipaan, proyek gedung, dan data center.
- Material pipa yang digunakan berbeda sesuai spesifikasi proyek, seperti carbon steel, galvanized steel, dan stainless steel SS304.
- Kriteria utama pemilihan material meliputi ketahanan korosi, kekuatan material, biaya, dan umur pakai. Ketiga material tersebut selanjutnya digunakan sebagai alternatif dalam penyusunan hierarki AHP.

LAMPIRAN 2: LEMBAR KUESIONER AHP

yth. Bapak/Ibu Responden,

Perkenalkan, saya Raja Kevry Julang Madani, mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Batam, yang sedang melaksanakan penelitian tugas akhir dengan judul:Penerapan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) Dalam Evaluasi Pemilihan Material Pipa Pada Sistem Chilled Water ACMV. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan material pipa yang paling sesuai digunakan pada sistem Chilled Water ACMV dengan mempertimbangkan beberapa kriteria, yaitu kekuatan material, ketahanan korosi, biaya, dan umur pakai. Penilaian dilakukan menggunakan

metode Analytical Hierarchy Process (AHP) melalui perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*).
Kuesioner ini ditujukan kepada responden yang memiliki pengetahuan, pengalaman, atau kompetensi dalam bidang perpipaan, material, konstruksi, maupun sistem ACMV. Oleh karena itu, diharapkan Bapak/Ibu dapat memberikan penilaian berdasarkan pengalaman, pengetahuan, dan pertimbangan profesional yang dimiliki.
Kuesioner ini terdiri atas lima bagian, yaitu:

1. Bagian I berisi penilaian perbandingan antar kriteria untuk mengetahui tingkat kepentingan relatif antara Kekuatan Material, Ketahanan Korosi, Biaya, dan Umur Pakai.
2. Bagian II berisi penilaian perbandingan antar alternatif material berdasarkan kriteria Kekuatan Material.
3. Bagian III berisi penilaian perbandingan antar alternatif material berdasarkan kriteria Ketahanan Korosi.
4. Bagian IV berisi penilaian perbandingan antar alternatif material berdasarkan kriteria Biaya.
5. Bagian V berisi penilaian perbandingan antar alternatif material berdasarkan kriteria Umur Pakai.

Dalam kuesioner ini, seluruh alternatif material dibandingkan dengan asumsi memiliki kondisi operasi, dimensi, tekanan kerja, dan spesifikasi sistem yang sama, sehingga penilaian hanya difokuskan pada perbedaan karakteristik material.
Atas kesediaan dan partisipasi Bapak/Ibu dalam mengisi kuesioner ini, saya mengucapkan terima kasih.

Hormat saya,

Raja Kevry Julang Madani

KUESIONER PENELITIAN

Penerapan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) Dalam Evaluasi Pemilihan Material Pipa Pada Sistem Chilled Water ACMV

Oleh : Raja Kevry Julang Madani
Teknik mesin
Politeknik Negeri Batam

Kuesioner ini merupakan bagian dari penelitian tugas akhir yang bertujuan untuk menentukan material pipa yang paling sesuai pada sistem **Chilled Water Air Conditioning and Mechanical Ventilation (ACMV)** menggunakan metode **Analytical Hierarchy Process (AHP)**.
Penilaian dilakukan berdasarkan pengalaman, pengetahuan, dan pertimbangan profesional Bapak/Ibu terhadap kriteria maupun alternatif material yang digunakan pada sistem Chilled Water ACMV.
Seluruh data yang diberikan bersifat rahasia dan hanya digunakan untuk kepentingan penelitian akademik

Tujuan Penilaian
Responden diminta memberikan penilaian terhadap tingkat kepentingan antar kriteria serta perbandingan antar alternatif material pipa pada sistem Chilled Water ACMV menggunakan skala AHP.

IDENTITAS RESPONDEN

Nama :
Jabatan :
Pendidikan terakhir :
Perusahaan :

PETUNJUK PENGISIAN

a. Berilah tanda ceklist (✓) pada kolom skala kriteria (A) atau pada kolom skala kriteria (B) yang sesuai dengan pendapat Anda.
b. Pada setiap pasangan perbandingan hanya diperbolehkan memilih satu nilai skala.
c. Berikan penilaian berdasarkan pengalaman professional anda

SKALA AHP

1 : kedua kriteria sama penting (*equal importance*)
3 : kriteria (A) sedikit lebih penting (*moderate importance*) dibanding dengan (B)
5 : kriteria (A) lebih penting (*strong importance*) dibanding dengan (B)
7 : kriteria (A) sangat lebih penting (*very strong importance*) dibanding dengan (B)
9 : kriteria (A) mutlak lebih penting (*extreme importance*) dibanding dengan (B)
Dan jika ragu-ragu antara 2 skala maka ambil nilai tengahnya yaitu 2, 4, 6, dan 8.

Keterangan Kriteria

No	Kriteria
1	Kekuatan Material
2	Ketahanan Korosi
3	Biaya
4	Umur Pakai

Keterangan Alternatif

NO	Alternatif Material
1	Low Carbon Steel ASTM A53 Grade B SCH 40
2	Galvanized Steel SNI 0039:2013 SCH 40
3	Stainless Steel ASTM A312 TP304 SCH 40

CONTOH PENGISIAN

Apabila menurut Anda Ketahanan Korosi sedikit lebih penting dibandingkan Kekuatan Material, maka pilih nilai 3 pada sisi Kriteria B (Ketahanan Korosi) seperti pada contoh di bawah
Contoh pengisian 1

Kriteria	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Sama Penting	Antara 1–3	Sedikit Lebih Penting	Antara 3–5	Lebih Penting	Antara 5–7	Sangat Lebih Penting	Antara 7–9	Mutlak Lebih Penting
Kekuatan Material									
Ketahanan Korosi			✓						

BAGIAN 1. PERBANDINGAN ANTAR KRITERIA

Tabel 1. Perbandingan antara Kekuatan Material dan Ketahanan Korosi

Kriteria	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Sama Penting	Antara 1–3	Sedikit Lebih Penting	Antara 3–5	Lebih Penting	Antara 5–7	Sangat Lebih Penting	Antara 7–9	Mutlak Lebih Penting
Kekuatan Material									
Ketahanan Korosi									

Tabel 2. Perbandingan antara Kekuatan Material dan Biaya

Kriteria	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Sama Penting	Antara 1–3	Sedikit Lebih Penting	Antara 3–5	Lebih Penting	Antara 5–7	Sangat Lebih Penting	Antara 7–9	Mutlak Lebih Penting
Kekuatan Material									
Biaya									

Tabel 3. Perbandingan antara Kekuatan Material dan Umur Pakai

Kriteria	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Sama Penting	Antara 1–3	Sedikit Lebih Penting	Antara 3–5	Lebih Penting	Antara 5–7	Sangat Lebih Penting	Antara 7–9	Mutlak Lebih Penting
Kekuatan Material									
Umur Pakai									

Tabel 4. Perbandingan antara Ketahanan Korosi dan Biaya

Kriteria	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Sama Penting	Antara 1–3	Sedikit Lebih Penting	Antara 3–5	Lebih Penting	Antara 5–7	Sangat Lebih Penting	Antara 7–9	Mutlak Lebih Penting
Ketahanan Korosi									
Biaya									

Tabel 5. Perbandingan antara Ketahanan Korosi dan Umur Pakai

Kriteria	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Sama Penting	Antara 1–3	Sedikit Lebih Penting	Antara 3–5	Lebih Penting	Antara 5–7	Sangat Lebih Penting	Antara 7–9	Mutlak Lebih Penting
Ketahanan Korosi									
Umur Pakai									

Tabel 6. Perbandingan antara Biaya dan Umur Pakai

Kriteria	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Sama Penting	Antara 1–3	Sedikit Lebih Penting	Antara 3–5	Lebih Penting	Antara 5–7	Sangat Lebih Penting	Antara 7–9	Mutlak Lebih Penting

Biaya									
Umur Pakai									

BAGIAN 2. PERBANDINGAN ANTAR ALTERNATIF TERHADAP KRITERIA KEKUATAN MATERIAL

Alternatif	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Sama Penting	Antara 1–3	Sedikit Lebih Penting	Antara 3–5	Lebih Penting	Antara 5–7	Sangat Lebih Penting	Antara 7–9	Mutlak Lebih Penting
LOW CARBON STEEL ASTM A53 GRADE B									
GALVANIZED STEEL SNI 0039:2013									

Alternatif	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Sama Penting	Antara 1–3	Sedikit Lebih Penting	Antara 3–5	Lebih Penting	Antara 5–7	Sangat Lebih Penting	Antara 7–9	Mutlak Lebih Penting
LOW CARBON STEEL ASTM A53 GRADE B									
STAINLESS STEEL ASTM A312 TP304									

Alternatif	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Sama Penting	Antara 1–3	Sedikit Lebih Penting	Antara 3–5	Lebih Penting	Antara 5–7	Sangat Lebih Penting	Antara 7–9	Mutlak Lebih Penting
GALVANIZED STEEL SNI 0039:2013									
STAINLESS STEEL ASTM A312 TP304									

BAGIAN 3. PERBANDINGAN ANTAR ALTERNATIF TERHADAP KRITERIA KETAHANAN KOROSI

Alternatif	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Sama Penting	Antara 1–3	Sedikit Lebih Penting	Antara 3–5	Lebih Penting	Antara 5–7	Sangat Lebih Penting	Antara 7–9	Mutlak Lebih Penting
LOW CARBON STEEL ASTM A53 GRADE B									
GALVANIZED STEEL SNI 0039:2013									

Alternatif	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Sama Penting	Antara 1–3	Sedikit Lebih Penting	Antara 3–5	Lebih Penting	Antara 5–7	Sangat Lebih Penting	Antara 7–9	Mutlak Lebih Penting
LOW CARBON STEEL ASTM A53 GRADE B									
STAINLESS STEEL ASTM A312 TP304									

Alternatif	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Sama	Antara	Sedikit	Antara	Lebih	Antara	Sangat	Antara	Mutlak

	Penting	1–3	Lebih Penting	3–5	Penting	5–7	Lebih Penting	7–9	Lebih Penting
GALVANIZED STEEL SNI 0039:2013									
STAINLESS STEEL ASTM A312 TP304									

BAGIAN 4. PERBANDINGAN ANTAR ALTERNATIF TERHADAP KRITERIA BIAYA

Alternatif	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Sama Penting	Antara 1–3	Sedikit Lebih Penting	Antara 3–5	Lebih Penting	Antara 5–7	Sangat Lebih Penting	Antara 7–9	Mutlak Lebih Penting
LOW CARBON STEEL ASTM A53 GRADE B									
GALVANIZED STEEL SNI 0039:2013									

Alternatif	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Sama Penting	Antara 1–3	Sedikit Lebih Penting	Antara 3–5	Lebih Penting	Antara 5–7	Sangat Lebih Penting	Antara 7–9	Mutlak Lebih Penting
LOW CARBON STEEL ASTM A53 GRADE B									
STAINLESS STEEL ASTM A312 TP304									

Alternatif	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Sama Penting	Antara 1–3	Sedikit Lebih Penting	Antara 3–5	Lebih Penting	Antara 5–7	Sangat Lebih Penting	Antara 7–9	Mutlak Lebih Penting
GALVANIZED STEEL SNI 0039:2013									
STAINLESS STEEL ASTM A312 TP304									

BAGIAN 5. PERBANDINGAN ANTAR ALTERNATIF TERHADAP KRITERIA UMUR PAKAI

Alternatif	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Sama Penting	Antara 1–3	Sedikit Lebih Penting	Antara 3–5	Lebih Penting	Antara 5–7	Sangat Lebih Penting	Antara 7–9	Mutlak Lebih Penting
LOW CARBON STEEL ASTM A53 GRADE B									
GALVANIZED STEEL SNI 0039:2013									

Alternatif	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Sama Penting	Antara 1–3	Sedikit Lebih Penting	Antara 3–5	Lebih Penting	Antara 5–7	Sangat Lebih Penting	Antara 7–9	Mutlak Lebih Penting
LOW CARBON STEEL ASTM A53 GRADE B									
STAINLESS STEEL ASTM A312 TP304									

Alternatif	1	2	3	4	5	6	7	8	9

	Sama Penting	Antara 1–3	Sedikit Lebih Penting	Antara 3–5	Lebih Penting	Antara 5–7	Sangat Lebih Penting	Antara 7–9	Mutlak Lebih Penting
GALVANIZED STEEL SNI 0039:2013									
STAINLESS STEEL ASTM A312 TP304									

Lampiran 3 data diri responden

No.	**Nama/Inisial**	**Jabatan**	**Perusahaan**	**Bidang Keahlian**
1	B.I.	Superintendent	PT DME	Mekanikal Electrical
2	K.K.	Mechanical Engineer	PT DME	Mekanikal/Piping
3	A.P.	Mechanical Engineer	PT DME	Mekanikal/Piping
4	M.Y.H.	Lead Engineer	PT AKJV	Engineering/Piping
5	A.	SPV Engineering	PT DME	Engineering/Piping

Lampiran 4 Hasil Perhitungan konsistensi rasio AHP per responden

1 Matriks Perbandingan Berpasangan Kriteria

Responden 1 — Bapak BI – Superintendent Mechanical

Kriteria	KM	KK	B	UP	Bobot Prioritas (Eigen Vector)	Perhitungan konsistensi	
KM	1.00	0.20	3.00	0.33	0.12	**λ maks**	4.16
KK	5.00	1.00	7.00	3.00	0.56	**CI**	0.036
B	0.33	0.14	1.00	0.25	0.06	**RI**	0.90
UP	3.00	0.33	4.00	1.00	0.25	**CR**	**0.053**

Keterangan = konsisten

Responden 2 — Bapak KK– Mechanical Engineer

Kriteria	KM	KK	B	UP	Bobot Prioritas (Eigen Vector)	Perhitungan konsistensi	
KM	1.00	0.33	4.00	0.50	0.19	**λ maks**	4.14
KK	3.00	1.00	5.00	2.00	0.47	**CI**	0.05
B	0.25	0.20	1.00	0.33	0.08	**RI**	0,90
UP	2.00	0.50	3.00	1.00	0.26	**CR**	0.05

Keterangan = konsisten

Responden 3 — Bapak AP– Mechanical Engineer

Kriteria	KM	KK	B	UP	Bobot Prioritas (Eigen Vector)	Perhitungan konsistensi	
KM	1.00	0.50	5.00	1.00	0.26	**λ maks**	4.04
KK	2.00	1.00	6.00	2.00	0.45	**CI**	0.01
B	0.20	0.17	1.00	0.33	0.07	**RI**	0,90
UP	1.00	0.50	3.00	1.00	0.22	**CR**	0.02

Keterangan = konsisten

Responden 4 — Bapak MYH – Lead Engineer

Kriteria	KM	KK	B	UP	Bobot Prioritas (Eigen Vector)	Perhitungan konsistensi	
KM	1.00	0.33	2.00	0.50	0.16	**λ maks**	4.05
KK	3.00	1.00	4.00	2.00	0.47	**CI**	0.02
B	0.50	0.25	1.00	0.50	0.11	**RI**	0,90
UP	2.00	0.50	2.00	1.00	0.26	**CR**	0.02

Keterangan = konsisten

Responden 5 — Bapak A –SPV Engineer

Kriteria	KM	KK	B	UP	Bobot Prioritas (Eigen Vector)	Perhitungan konsistensi	
KM	1.00	0.14	3.00	0.25	0.10	**λ maks**	4.25
KK	7.00	1.00	8.00	4.00	0.61	**CI**	0.09
B	0.33	0.13	1.00	0.20	0.05	**RI**	0.90
UP	4.00	0.25	5.00	1.00	0.24	**CR**	0.09

Keterangan = konsisten

2 Matriks Perbandingan Berpasangan alternatif terhadap kriteria kekuatan material

Responden 1 — Bapak BI – Superintendent Mechanical

Alternatif	CS ASTM A53 GR.B	GALV SNI 0039-2013	SS304 ASTM A312	Bobot Prioritas (Eigen Vector)	Perhitungan konsistensi	
CS ASTM A53 GR.B	1	2	2	0.49	**λ maks**	3.06
GALV SNI 0039-2013	0.5	1	0.5	0.20	**CI**	0.03
SS304 ASTM A312	0.5	2	1	0.31	**CR**	0.05

Keterangan = konsisten

Responden 2 — Bapak KK– Mechanical Engineer

Alternatif	CS ASTM A53 GR.B	GALV SNI 0039-2013	SS304 ASTM A312	Bobot Prioritas (Eigen Vector)	Perhitungan konsistensi	
CS ASTM A53 GR.B	1	2	2	0.49	**λ maks**	3.06
GALV SNI 0039-2013	0.5	1	0.5	0.20	**CI**	0.03
SS304 ASTM A312	0.5	2	1	0.31	**CR**	0.05

Keterangan = konsisten

Responden 3 — Bapak AP– Mechanical Engineer

Alternatif	CS ASTM A53 GR.B	GALV SNI 0039-2013	SS304 ASTM A312	Bobot Prioritas (Eigen Vector)	Perhitungan konsistensi	
CS ASTM A53 GR.B	1	1	2	0.41	**λ maks**	3.06
GALV SNI 0039-2013	1	1	0.5	0.26	**CI**	0.03
SS304 ASTM A312	0.5	2	1	0.33	**CR**	0.05

Keterangan = konsisten

Responden 4 — Bapak MYH – Lead Engineer

Alternatif	CS ASTM A53 GR.B	GALV SNI 0039-2013	SS304 ASTM A312	Bobot Prioritas (Eigen Vector)	Perhitungan konsistensi	
CS ASTM A53 GR.B	1	1	1	0.33	**λ maks**	3.06
GALV SNI 0039-2013	1	1	0.5	0.26	**CI**	0.03
SS304 ASTM A312	1	2	1	0.41	**CR**	0.05

Keterangan = konsisten

Responden 5 — Bapak A –SPV Engineer

Alternatif	CS ASTM A53 GR.B	GALV SNI 0039-2013	SS304 ASTM A312	Bobot Prioritas (Eigen Vector)	Perhitungan konsistensi	
CS ASTM A53 GR.B	1	1	1	0.33	**λ maks**	3.06
GALV SNI 0039-2013	1	1	0.5	0.26	**CI**	0.03
SS304 ASTM A312	1	2	1	0.41	**CR**	0.05

3 Matriks Perbandingan Berpasangan alternatif terhadap kriteria Ketahanan Korosi

Responden 1 — Bapak BI – Superintendent Mechanical

Alternatif	CS ASTM A53 GR.B	GALV SNI 0039-2013	SS304 ASTM A312	Bobot Prioritas (Eigen Vector)	Perhitungan konsistensi	
CS ASTM A53 GR.B	1.00	0.33	0.20	0.11	**λ maks**	3.06
GALV SNI 0039-2013	3.00	1.00	0.33	0.26	**CI**	0.03
SS304 ASTM A312	5.00	3.00	1.00	0.63	**CR**	0.05

Keterangan = konsisten

Responden 2 — Bapak KK– Mechanical Engineer

Alternatif	CS ASTM A53 GR.B	GALV SNI 0039-2013	SS304 ASTM A312	Bobot Prioritas (Eigen Vector)	Perhitungan konsistensi	
CS ASTM A53 GR.B	1.00	0.50	0.25	0.14	**λ maks**	3.03
GALV SNI 0039-2013	2.00	1.00	0.33	0.24	**CI**	0.01
SS304 ASTM A312	4.00	3.00	1.00	0.62	**CR**	0.02

Keterangan = konsisten

Responden 3 — Bapak AP– Mechanical Engineer

Alternatif	CS ASTM A53 GR.B	GALV SNI 0039-2013	SS304 ASTM A312	Bobot Prioritas (Eigen Vector)	Perhitungan konsistensi

CS ASTM A53 GR.B	1.00	0.33	0.20	0.10	**λ maks**	3.11
GALV SNI 0039-2013	3.00	1.00	0.25	0.23	**CI**	0.05
SS304 ASTM A312	5.00	4.00	1.00	0.67	**CR**	0.09

Keterangan = konsisten

Responden 4 — Bapak MYH – Lead Engineer

Alternatif	CS ASTM A53 GR.B	GALV SNI 0039-2013	SS304 ASTM A312	**Bobot Prioritas (Eigen Vector)**	**Perhitungan konsistensi**	
CS ASTM A53 GR.B	1.00	0.50	0.25	0.14	**λ maks**	3.03
GALV SNI 0039-2013	2.00	1.00	0.33	0.24	**CI**	0.01
SS304 ASTM A312	4.00	3.00	1.00	0.62	**CR**	0.02

Keterangan = konsisten

Responden 5 — Bapak A –SPV Engineer

Alternatif	CS ASTM A53 GR.B	GALV SNI 0039-2013	SS304 ASTM A312	**Bobot Prioritas (Eigen Vector)**	**Perhitungan konsistensi**	
CS ASTM A53 GR.B	1.00	0.25	0.14	0.08	**λ maks**	3.11
GALV SNI 0039-2013	4.00	1.00	0.20	0.21	**CI**	0.55
SS304 ASTM A312	7.00	5.00	1.00	0.71	**CR**	0.09

Keterangan = konsisten

4 Matriks Perbandingan Berpasangan alternatif terhadap kriteria Biaya

Responden 1 — Bapak BI – Superintendent Mechanical

Alternatif	CS ASTM A53 GR.B	GALV SNI 0039-2013	SS304 ASTM A312	**Bobot Prioritas (Eigen Vector)**	**Perhitungan konsistensi**	
CS ASTM A53 GR.B	1.00	2.00	6.00	0.59	**λ maks**	3.01
GALV SNI 0039-2013	0.50	1.00	4.00	0.32	**CI**	0.01
SS304 ASTM A312	0.17	0.25	1.00	0.09	**CR**	0.01

Keterangan = konsisten

Responden 2 — Bapak KK– Mechanical Engineer

Alternatif	CS ASTM A53 GR.B	GALV SNI 0039-2013	SS304 ASTM A312	**Bobot Prioritas (Eigen Vector)**	**Perhitungan konsistensi**	
CS ASTM A53 GR.B	1.00	3.00	5.00	0.63	**λ maks**	3.06
GALV SNI 0039-2013	0.33	1.00	3.00	0.26	**CI**	0.03
SS304 ASTM A312	0.20	0.33	1.00	0.11	**CR**	0.05

Keterangan = konsisten

Responden 3 — Bapak AP– Mechanical Engineer

Alternatif	CS ASTM A53 GR.B	GALV SNI 0039-2013	SS304 ASTM A312	Bobot Prioritas (Eigen Vector)	Perhitungan konsistensi	
CS ASTM A53 GR.B	1.00	2.00	5.00	0.58	**λ maks**	3.00
GALV SNI 0039-2013	0.50	1.00	3.00	0.31	**CI**	0.00
SS304 ASTM A312	0.20	0.33	1.00	0.11	**CR**	0.004

Keterangan = konsisten

Responden 4 — Bapak MYH – Lead Engineer

Alternatif	CS ASTM A53 GR.B	GALV SNI 0039-2013	SS304 ASTM A312	Bobot Prioritas (Eigen Vector)	Perhitungan konsistensi	
CS ASTM A53 GR.B	1.00	3.00	7.00	0.66	**λ maks**	3.05
GALV SNI 0039-2013	0.33	1.00	4.00	0.26	**CI**	0.02
SS304 ASTM A312	0.14	0.25	1.00	0.08	**CR**	0.04

Keterangan = konsisten

Responden 5 — Bapak A –SPV Engineer

Alternatif	CS ASTM A53 GR.B	GALV SNI 0039-2013	SS304 ASTM A312	Bobot Prioritas (Eigen Vector)	Perhitungan konsistensi	
CS ASTM A53 GR.B	1.00	2.00	6.00	0.59	**λ maks**	3.01
GALV SNI 0039-2013	0.50	1.00	4.00	0.32	**CI**	0.01
SS304 ASTM A312	0.17	0.25	1.00	0.09	**CR**	0.01

Keterangan = konsisten

5 Matriks Perbandingan Berpasangan alternatif terhadap kriteria Umur Pakai

Responden 1 — Bapak BI – Superintendent Mechanical

Alternatif	CS ASTM A53 GR.B	GALV SNI 0039-2013	SS304 ASTM A312	Bobot Prioritas (Eigen Vector)	Perhitungan konsistensi	
CS ASTM A53 GR.B	1.00	0.50	0.25	0.14	**λ maks**	3.03
GALV SNI 0039-2013	2.00	1.00	0.33	0.24	**CI**	0.01
SS304 ASTM A312	4.00	3.00	1.00	0.62	**CR**	0.02

Keterangan = konsisten

Responden 2 — Bapak KK– Mechanical Engineer

Alternatif	CS ASTM A53 GR.B	GALV SNI 0039-2013	SS304 ASTM A312	Bobot Prioritas (Eigen Vector)	Perhitungan konsistensi	
CS ASTM A53 GR.B	1.00	2.00	0.33	0.24	**λ maks**	3.02

GALV SNI 0039-2013	0.50	1.00	0.25	0.14	**CI**	0.01
SS304 ASTM A312	3.00	4.00	1.00	0.62	**CR**	0.02

Keterangan = konsisten

Responden 3 — Bapak AP– Mechanical Engineer

Alternatif	CS ASTM A53 GR.B	GALV SNI 0039-2013	SS304 ASTM A312	**Bobot Prioritas (Eigen Vector)**	**Perhitungan konsistensi**	
CS ASTM A53 GR.B	1.00	3.00	0.25	0.23	**λ maks**	3.1
GALV SNI 0039-2013	0.33	1.00	0.20	0.10	**CI**	0.05
SS304 ASTM A312	4.00	5.00	1.00	0.67	**CR**	0.09

Keterangan = konsisten

Responden 4 — Bapak MYH – Lead Engineer

Alternatif	CS ASTM A53 GR.B	GALV SNI 0039-2013	SS304 ASTM A312	**Bobot Prioritas (Eigen Vector)**	**Perhitungan konsistensi**	
CS ASTM A53 GR.B	1.00	2.00	0.33	0.24	**λ maks**	3.02
GALV SNI 0039-2013	0.50	1.00	0.25	0.14	**CI**	0.01
SS304 ASTM A312	3.00	4.00	1.00	0.62	**CR**	0.02

Keterangan = konsisten

Responden 5 — Bapak A –SPV Engineer

Alternatif	CS ASTM A53 GR.B	GALV SNI 0039-2013	SS304 ASTM A312	**Bobot Prioritas (Eigen Vector)**	**Perhitungan konsistensi**	
CS ASTM A53 GR.B	1.00	3.00	0.20	0.20	**λ maks**	3.10
GALV SNI 0039-2013	0.33	1.00	0.17	0.09	**CI**	0.05
SS304 ASTM A312	5.00	6.00	1.00	0.71	**CR**	0.09

Keterangan = konsisten