

DAFTAR PUSTAKA

Javiri, F., Aminullah, A., & Triwiyono, A. (2019, Januari 1). Sistem penilaian kondisi infrastruktur bangunan gedung dengan metode fuzzy analytical hierarchy process (FAHP). *Matec Web of Conferences*, 258, 03006. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201925803006>

Moradi, M. J., Kiadaliri, H., Kafaky, S. B., & Bakhoda, H.. (2021, Januari 1). Deteksi area berpotensi tinggi penurunan hutan ek persia di Zagros, Iran, menggunakan metode topsis. <https://scite.ai/reports/10.1590/01047760202127012640>

Madzík, P., & Falat, L.. (2022, May 27). Keadaan mutakhir tentang proses hierarki analitik dalam 40 tahun terakhir: Tinjauan literatur berdasarkan pemodelan topik Alokasi Dirichlet Laten. *Plos One*, 17(5), e0268777. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268777>

Abdelmasseh, R. M., Bassioni, H. A., & Gaid, E. F.. (2022, Agustus 1). Keterampilan Manajer Proyek yang Mempengaruhi Proyek Konstruksi di Mesir. <https://scite.ai/reports/10.1088/1755-1315/1056/1/012038>

Leśniak, A., Kubek, D., Plebankiewicz, E., Zima, K., & Belniak, S.. (2018, November 16). Aplikasi Fuzzy AHP untuk Mendukung Keputusan Penawaran Kontraktor. *Simetri*, 10(11), 642. <https://doi.org/10.3390/sym10110642>

Phung, X. K., Truong, H. S., & Bui, N. T.. (2019, Oktober 14). Sistem Pakar Berbasis Fuzzy AHP Terintegrasi untuk Pemilihan Alat Potong Otomatis. <https://scite.ai/reports/10.3390/app9204308>

Saaty, T.L. (1988). Apa yang dimaksud dengan proses hirarki analitik? Model matematika untuk pendukung keputusan. *Model Matematika untuk Pendukung Keputusan*, 109-121.

Saaty, T.L. (2008). Decision Making With The Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Services Sciences*, Vol. 1(1), 83-98.

Abdulkareem, H.G., dan Erzaij, K.R. (2022). Model AHP fuzzy bulat untuk penilaian kontraktor selama siklus hidup proyek. *Jurnal Perilaku Mekanik Material*, 31(1), 369-380.

- Aminbakhsh, S., Gunduz, M., dan Sonmez, R. (2013). Penilaian risiko keselamatan menggunakan proses hirarki analitik (AHP) selama perencanaan dan penganggaran proyek konstruksi. *Jurnal penelitian keselamatan*, 46, 99-105.
- Mustafa, M.A., dan Al-Bahar, J.F. (1991). Penilaian risiko proyek dengan menggunakan proses hirarki analitik. *IEEE transactions on engineering management*, 38(1), 46-52.
- Zadeh, L.A. (1965). Himpunan fuzzy. *Information and control*, 8(3), 338-353.
- Cheng, C.H. (1997). Mengevaluasi sistem rudal taktis angkatan laut dengan Fuzzy AHP berdasarkan nilai derajat fungsi keanggotaan. *European Journal of Operational Research*, 96(2), 343-350.
- Ruoning, X., dan Xiaoyan, Z. (1992). Perluasan Proses Hirarki Analitik dalam lingkungan Fuzzy. *Himpunan dan Sistem Fuzzy*, 52(3). 251-257.
- Petkovic, J., Sevarac, Z., Jaksic, M.L., dan Marinkovic, S. (2012). Penerapan metode fuzzy AHP untuk memilih teknologi dalam perusahaan jasa. *Technics Teknologi Manajemen Pendidikan*, 7(1), 332-341.
- Kilincci, O., dan Onal, S.A. (2011). Pendekatan Fuzzy AHP untuk pemilihan pemasok pada perusahaan mesin cuci. *Sistem Pakar dengan Aplikasi*, 38(8), 9656-9664.
- Nassar N, AbouRizk S. Aplikasi praktis untuk pengukuran kinerja terpadu proyek konstruksi. *Jurnal Manajemen Teknik*. 2014 Nov 1;30(6):04014027.

Lampiran 1 Penyebab kinerja (Biaya)

No	Kriteria Indikator	Sub Kriteria	Penjelasan Sub Kriteria	Pertanyaan	Penyebab Kinerja Proyek Infrastruktur									
					Proyek A		Proyek B		Proyek C		Proyek D		Proyek E	
					Skor	Dampak	Skor	Dampak	Skor	Dampak	Skor	Dampak	Skor	Dampak
1	Biaya (Anggaran Proyek)	Perubahan lingkup proyek, perubahan desain, tambahan pekerjaan, atau permintaan perubahan dari pemilik proyek.	Jika terjadi perubahan signifikan dalam lingkup proyek yang tidak terdokumentasikan dengan baik atau tidak dikelola dengan efektif, maka dapat menyebabkan biaya tambahan yang tidak direncanakan dampaknya biaya proyek dapat meningkat.	Apakah perubahan lingkup proyek, perubahan desain, tambahan pekerjaan atau permintaan perubahan dari pemilik proyek berdampak pada anggaran proyek yang telah disepakati di kontrak	7	Terjadi	7	Tidak terjadi	7	Terjadi	7	Terjadi	7	Terjadi
2		Estimasi biaya yang tidak akurat	Jika estimasi biaya awal tidak dilakukan secara tepat atau tidak memperhitungkan semua faktor yang relevan, seperti biaya bahan, tenaga kerja, peralatan, dan subkontraktor, maka biaya proyek dapat melebihi anggaran yang disepakati.	Apakah estimasi biaya yang tidak akurat berdampak pada anggaran proyek yang telah disepakati di kontrak	7	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi
3		Ketidakefisienan dalam penggunaan sumber daya	Jika sumber daya proyek, seperti tenaga kerja, peralatan, atau bahan bangunan, tidak dimanfaatkan secara efisien, biaya proyek dapat meningkat. Misalnya, kurangnya perencanaan yang baik atau kurangnya pengawasan dalam penggunaan bahan dapat menyebabkan pemborosan dan peningkatan biaya.	Apakah ketidakefisienan dalam penggunaan sumber daya berdampak pada anggaran proyek yang telah disepakati di kontrak	7	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi
4		Keterlambatan dalam penyelesaian proyek	Jika proyek mengalami keterlambatan, biaya operasional dan overhead dapat meningkat. Selain itu, terjadinya penundaan juga dapat mengakibatkan biaya tambahan seperti biaya penyimpanan bahan atau biaya kontrak yang diperpanjang.	Apakah keterlambatan dalam penyelesaian proyek berdampak pada anggaran proyek yang telah disepakati di kontrak	8	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi
5		Kesalahan dalam manajemen proyek	Kurangnya pengawasan, koordinasi yang buruk, atau ketidak efektifan dalam manajemen proyek dapat menyebabkan biaya tambahan. Misalnya, ketidak tepatan dalam pengadaan bahan atau peralatan, tidak efisienya penggunaan tenaga kerja, atau kesalahan dalam pembayaran subkontraktor dapat berdampak negatif terhadap biaya proyek.	Apakah kesalahan dalam manajemen proyek berdampak pada anggaran proyek yang telah disepakati di kontrak	8	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	8	Terjadi
6		Ketidak mampuan Mengelola Risiko	Kurangnya pemahaman terhadap risiko proyek dapat berkontribusi terhadap peningkatan biaya. Kegagalan dalam mengidentifikasi, mengevaluasi dan mengelola risiko proyek konstruksi dapat berdampak buruk pada biaya. Risiko seperti perubahan harga material, keterlambatan pengiriman peralatan, atau masalah lingkungan dapat menyebabkan peningkatan biaya jika tidak ditangani secara efektif.	Apakah ketidak mampuan mengelola Risiko berdampak pada anggaran proyek yang telah disepakati di kontrak	9	Tidak terjadi	9	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi
7		Kurangnya pengalaman atau keterampilan tim proyek	Kurangnya pengalaman atau keterampilan dalam manajemen proyek, perencanaan, atau pelaksanaan konstruksi dapat menyebabkan kesalahan yang berdampak pada biaya tambahan.	Apakah kurangnya pengalaman atau keterampilan tim proyek berdampak pada anggaran proyek yang telah disepakati di kontrak	7	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi	6	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi
8		Ketidakstabilan harga material dan peralatan	Jika terjadi fluktuasi harga bahan bangunan atau peralatan selama pelaksanaan proyek, biaya proyek dapat meningkat	Apakah ketidakstabilan harga material dan peralatan berdampak pada anggaran proyek yang telah disepakati di kontrak	8	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	9	Terjadi	7	Tidak terjadi
9		Permasalahan Kontrak dan Klaim	Ketidaksepakatan atau konflik terkait kontrak, perubahan perjanjian, atau klaim dapat menyebabkan peningkatan biaya proyek. Sengketa hukum, tuntutan, atau keterlambatan pembayaran dapat mempengaruhi aliran dana dan mengakibatkan biaya tambahan yang tidak diinginkan.	Apakah permasalahan Kontrak dan Klaim berdampak pada anggaran proyek yang telah disepakati di kontrak	8	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	6	Terjadi
10		Kurangnya Koordinasi dan Komunikasi	Kurangnya koordinasi dan komunikasi antara berbagai pihak yang terlibat dalam proyek, seperti pemilik proyek, kontraktor, subkontraktor, dan penyedia barang, dapat menyebabkan masalah biaya. Misalnya, jika tidak ada koordinasi yang baik dalam pengadaan material, dapat terjadi penundaan atau kekurangan pasokan, yang dapat meningkatkan biaya proyek.	Apakah kurangnya Koordinasi dan Komunikasi berdampak pada anggaran proyek yang telah disepakati di kontrak	8	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi

Lampiran 2 Penyebab kinerja (Jadwal)

11	Waktu (Jadwal Proyek)	akur	Jika perencanaan awal tidak dilakukan secara tepat, termasuk estimasi waktu yang tidak realistis atau tidak memperhitungkan kompleksitas pekerjaan, maka jadwal penyelesaian proyek dapat menjadi tidak sesuai.	Apakah perencanaan yang tidak akurat berdampak pada jadwal proyek yang telah disepakati di kontrak	8	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi
12		si dan pengawasan	Ketidakmampuan dalam mengoordinasikan berbagai tim, subkontraktor, dan pemasok dapat menyebabkan penundaan dalam penyelesaian proyek. Kurangnya pengawasan juga dapat mengakibatkan lambatnya identifikasi masalah atau ketidakefisienan dalam pelaksanaan pekerjaan.	Apakah kurangnya koordinasi dan pengawasan berdampak pada jadwal proyek yang telah disepakati di kontrak	8	Tidak terjadi	8	Terjadi	7	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi
13		aya yang memadai	Jika proyek tidak memiliki sumber daya yang cukup, termasuk tenaga kerja, peralatan, atau bahan bangunan, maka pekerjaan akan terhambat dan penyelesaian proyek akan tertunda.	Apakah kurangnya sumber daya yang memadai berdampak pada jadwal proyek yang telah disepakati di kontrak	7	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi	6	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi
14		ajemen konflik	Ketika terjadi konflik antara pihak-pihak yang terlibat dalam proyek, seperti pemilik proyek, kontraktor, subkontraktor, atau pemasok, penyelesaian proyek dapat terhambat dan mengakibatkan penundaan.	Apakah masalah dalam manajemen konflik berdampak pada jadwal proyek yang telah disepakati di kontrak	8	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi
15		ngkup proyek	Jika terjadi perubahan yang tidak terdokumentasikan dengan baik atau tidak dikelola dengan efektif, seperti perubahan desain atau tambahan pekerjaan, maka penyelesaian proyek dapat terlambat.	Apakah perubahan dalam lingkup proyek berdampak pada jadwal proyek yang telah disepakati di kontrak	8	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	5	Terjadi	7	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi
16		Kesulitan dalam pemenuhan persyaratan perizinan	Jika proses perizinan terhambat atau terlambat, proyek dapat menghadapi penundaan dalam pelaksanaan pekerjaan.	Apakah kesulitan dalam pemenuhan persyaratan perizinan berdampak pada jadwal proyek yang telah disepakati di kontrak	8	Tidak terjadi	9	Terjadi	6	Tidak terjadi	6	Terjadi	7	Tidak terjadi
17		uruk	Cuaca ekstrem, seperti hujan deras, angin kencang, atau musim hujan yang berkepanjangan, dapat menyebabkan penundaan dalam pekerjaan konstruksi dan mempengaruhi jadwal penyelesaian proyek.	Apakah kondisi cuaca yang buruk berdampak pada jadwal proyek yang telah disepakati di kontrak	8	Tidak terjadi	8	Terjadi	7	Terjadi	7	Terjadi	6	Terjadi
18		Kurangnya pengalaman atau keterampilan tim proyek	Kurangnya pengalaman atau keterampilan dalam manajemen proyek, perencanaan, atau pelaksanaan konstruksi dapat menyebabkan keterlambatan dan kesalahan dalam penyelesaian proyek.	Apakah kurangnya pengalaman atau keterampilan tim proyek berdampak pada jadwal proyek yang telah disepakati di kontrak	8	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	6	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi
19		nggaran	Jika proyek mengalami kendala finansial, seperti masalah pembayaran atau anggaran yang tidak mencukupi, pelaksanaan pekerjaan dapat terhambat dan penyelesaian proyek dapat tertunda.	Apakah kendala finansial berdampak pada jadwal proyek yang telah disepakati di kontrak	8	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi

Lampiran 3 Penyebab kinerja (Mutu/Kualitas)

20	Mutu (Kualitas/Spesifikasi)	Kurangnya perencanaan dan pengawasan yang tepat	Jika tidak dilakukan perencanaan dan pengawasan yang memadai terhadap pekerjaan konstruksi, kemungkinan terjadinya kesalahan atau ketidaksesuaian dengan standar mutu akan meningkat. Hal ini dapat mencakup kurangnya pengawasan terhadap pekerjaan yang dilakukan oleh subkontraktor atau penyedia jasa lainnya.	Apakah kurangnya perencanaan dan pengawasan yang tepat berdampak pada kualitas/spesifikasi proyek yang telah dipersyaratkan di kontrak	8	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi
21		Penggunaan bahan atau material yang buruk	Penggunaan bahan atau material yang tidak memenuhi standar kualitas dapat berdampak negatif pada mutu proyek konstruksi. Bahan yang tidak tahan terhadap cuaca, tidak memenuhi spesifikasi yang ditentukan, atau kurangnya pemilihan bahan yang tepat dapat menyebabkan masalah mutu.	Apakah penggunaan bahan atau material yang buruk berdampak pada kualitas/spesifikasi proyek yang telah dipersyaratkan di kontrak	9	Tidak terjadi	9	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi
22		Metode pekerjaan yang tidak tepat	Jika pekerjaan dilakukan secara buru-buru atau tidak sesuai dengan metode yang tepat, mutu proyek dapat terpengaruh. Ketidaktepatan dalam proses konstruksi, seperti ketidaktepatan dalam pengukuran, pemasangan, atau perakitan, dapat mengakibatkan cacat atau kecacatan yang mempengaruhi mutu.	Apakah metode pekerjaan yang tidak tepat berdampak pada kualitas/spesifikasi proyek yang telah dipersyaratkan di kontrak	9	Tidak terjadi	9	Tidak terjadi	6	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi
23		Kurangnya kualifikasi atau keterampilan tenaga kerja	Kurangnya kualifikasi atau keterampilan tenaga kerja yang terlibat dalam proyek konstruksi dapat berdampak negatif pada mutu pekerjaan. Kesalahan dalam metode pelaksanaan, kurangnya pemahaman terhadap spesifikasi teknis, atau kurangnya pengalaman dalam pekerjaan tertentu dapat mengakibatkan kualitas yang rendah.	Apakah kurangnya kualifikasi atau keterampilan tenaga kerja berdampak pada kualitas/spesifikasi proyek yang telah dipersyaratkan di kontrak	8	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi
24		Tidak mematuhi standar dan peraturan	Jika proyek konstruksi tidak mematuhi standar dan peraturan yang berlaku, seperti standar keamanan, standar bangunan, atau peraturan lingkungan, maka mutu proyek dapat terganggu. Penegakan yang lemah terhadap standar mutu atau tidak mematuhi prosedur yang ditetapkan dapat mengakibatkan penurunan kualitas.	Apakah tidak mematuhi standar dan peraturan berdampak pada kualitas/spesifikasi proyek yang telah dipersyaratkan di kontrak	9	Tidak terjadi	9	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi	6	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi
25		Kurangnya pengujian dan inspeksi	Jika tidak dilakukan pengujian dan inspeksi yang cukup terhadap pekerjaan konstruksi, maka masalah mutu mungkin tidak terdeteksi atau terlewatkan. Pengujian material, pengukuran dimensi, atau inspeksi visual yang tidak memadai dapat menyebabkan mutu yang rendah.	Apakah kurangnya pengujian dan inspeksi berdampak pada kualitas/spesifikasi proyek yang telah dipersyaratkan di kontrak	8	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi	6	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi

Lampiran 4 Penyebab kinerja (Fungsi Bangunan)

26	Fungsi Bangunan Proyek	Kurangnya pemahaman terhadap kebutuhan pengguna	Jika kebutuhan dan tujuan pengguna tidak dipahami dengan baik atau tidak diperhatikan dalam perencanaan dan desain, maka fungsi bangunan konstruksi dapat terpengaruh. Misalnya, jika desain ruangan atau tata letak tidak sesuai dengan kebutuhan pengguna, maka bangunan tersebut mungkin tidak berfungsi secara efektif.	Apakah kurangnya pemahaman terhadap kebutuhan pengguna berdampak pada fungsi struktur bangunan proyek yang telah disepakati di kontrak	8	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi	6	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi
27		Kurangnya pemilihan bahan atau peralatan yang tepat	Jika bahan atau peralatan yang digunakan dalam konstruksi tidak sesuai dengan persyaratan atau standar yang diperlukan, fungsi bangunan dapat terganggu. Misalnya, penggunaan bahan yang tidak tahan terhadap kondisi lingkungan atau peralatan yang tidak memadai untuk kebutuhan spesifik dapat mengakibatkan masalah dalam penggunaan bangunan.	Apakah kurangnya pemilihan bahan atau peralatan yang tepat berdampak pada fungsi struktur bangunan proyek yang telah disepakati di kontrak	8	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi
28		Kurangnya pengawasan terhadap pelaksanaan konstruksi	Ketidaktepatan dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi, termasuk ketidaksesuaian dengan gambar atau spesifikasi teknis, dapat mengakibatkan buruknya fungsi bangunan. Kurangnya pengawasan atau pengendalian yang memadai terhadap pekerjaan konstruksi dapat mengakibatkan kesalahan atau cacat yang mempengaruhi fungsi bangunan.	Apakah kurangnya pengawasan terhadap pelaksanaan konstruksi berdampak pada fungsi struktur bangunan proyek yang telah disepakati di kontrak	8	Tidak terjadi	8	Tidak terjadi	6	Tidak terjadi	6	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi
29		Perubahan dalam desain atau lingkup proyek.	Jika terjadi perubahan desain atau lingkup proyek yang tidak dikelola dengan baik, fungsi bangunan dapat terpengaruh. Perubahan yang tidak terdokumentasikan dengan baik atau tidak dievaluasi secara menyeluruh dapat mengakibatkan kesalahan atau ketidaksesuaian dengan kebutuhan fungsi bangunan.	Apakah perubahan dalam desain atau lingkup proyek berdampak pada fungsi struktur bangunan proyek yang telah disepakati di kontrak	7	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi	6	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi
30		Kurangnya pengawasan terhadap pelaksanaan konstruksi	Ketidaktepatan dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi, termasuk ketidaksesuaian dengan gambar atau spesifikasi teknis, dapat mengakibatkan buruknya fungsi bangunan. Kurangnya pengawasan atau pengendalian yang memadai terhadap pekerjaan konstruksi dapat mengakibatkan kesalahan atau cacat yang mempengaruhi fungsi bangunan.	Apakah kurangnya pengawasan terhadap pelaksanaan konstruksi berdampak pada fungsi struktur bangunan proyek yang telah disepakati di kontrak	7	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi	7	Tidak terjadi

Lampiran 5 Metode AHP

AHP

1. Code/Script

```

import seaborn as sns
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from tabulate import tabulate

A = np.array([[1,3,3,5], [0.333,1,3,3], [0.333,0.333,1,2], [0.2,0.333,0.5,1]])
x_ticks = ['CPI','SPI','QPI','CSI']
#x_ticks = ['C{}'.format(i) for i in range(1, n+1)]
plt.figure(figsize = (8,8))
#plt.title('Performance Pairwise Comparable Table', fontsize=25)
g1 = sns.heatmap(A, annot=True, cmap="viridis", cbar=False)
g1.set_xticklabels(x_ticks, fontsize=20)
g1.set_yticklabels(x_ticks, fontsize=20)
plt.show()
plt.savefig('pairwise_no_value.png',dpi=200)
##### AHP #####

from pyDecision.algorithm import ahp_method

# Parameters
weight_derivation = 'geometric' # 'mean' or 'geometric'

dataset = np.array([
    #C1  C2  C3  C4
    [1 , 3, 3, 5], #C1
    [0.333, 1, 3, 3], #C2
    [0.333, 0.333, 1, 2], #C3
    [0.2, 0.333, 0.5, 1] #C4
])

# Call AHP Function
weights, rc = ahp_method(dataset, wd = weight_derivation)
# Weights
for i in range(0, weights.shape[0]):
    print('w(C'+str(i+1)+')': ', round(weights[i], 3))
# Consistency Ratio
print('RC: ' + str(round(rc, 2)))
if (rc > 0.10):
    print('The solution is inconsistent, the pairwise comparisons must be
reviewed')
else:
    print('The solution is consistent!')

```

```

# Calculate CPPI
# list of indicator value each project

# Input value of each indicator
#size = int(input("Enter the size of the array: "))

# Input values into the array
#CPI = [float(input(f"Enter CPI per index {i}: ")) for i in range(size)]
#SPI = [float(input(f"Enter SPI per index {i}: ")) for i in range(size)]
#QPI = [float(input(f"Enter QPI per index {i}: ")) for i in range(size)]
#CSI = [float(input(f"Enter CSI per index {i}: ")) for i in range(size)]

CPI = np.array([1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0])
SPI = np.array([1.093, 1.00, 1.036, 1.074, 1.023])
QPI = np.array([1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0])
CSI = np.array([9.83, 8.18, 7.58, 8.54, 8.78])

# Calculate normalized values
nCPI = []
nSPI = []
nQPI = []
nCSI = []

for qpi, csi, cpi, spi in zip(QPI, CSI, CPI, SPI):
    if 0.505 <= qpi <= 1.005:
        m = (1.14 - 1.05) / (1.00 - 0.51)
        c = 1.05 - (m * 0.51)
    elif 1.005 <= qpi <= 2.005:
        m = (1.04 - 0.95) / (2.00 - 1.01)
        c = 0.95 - (m * 1.01)
    elif 2.005 <= qpi <= 4.005:
        m = (0.94 - 0.85) / (2.01 - 4.00)
        c = 0.85 - (m * 2.01)
    else:
        m = 0.09
        c = 0.33

    nqpi = qpi * m + c

    if 9.005 <= csi <= 9.505:
        m = (1.14 - 1.05) / (9.50 - 9.01)
        c = 1.05 - (m * 9.01)
    elif 8.015 <= csi < 9.005:
        m = (1.04 - 0.95) / (9.00 - 8.01)
        c = 0.95 - (m * 8.01)
    elif 6.005 <= csi < 8.005:
        m = (0.94 - 0.85) / (8.00 - 6.00)
        c = 0.85 - (m * 6.00)

```



```

else:
    m = 0.09
    c = 0.33

ncsi = csi * m + c

nCPI.append(cpi)
nSPI.append(spi)
nQPI.append(nqpi)
nCSI.append(ncsi)

# Print the normalized arrays
print("Normalized CPI:", nCPI)
print("Normalized SPI:", nSPI)
print("Normalized QPI:", [round(q, 2) for q in nQPI])
print("Normalized CSI:", [round(c, 2) for c in nCSI])

# CPI = np.array([1.1,0.98,0.89])
# SPI = np.array([0.95,1.02,0.88])
# QPI = np.array([0.77,1.87,3.05])
# CSI = np.array([7.5,9.3,8.5])

#normalized value of indicator value

# nCPI = CPI
# nSPI = SPI
# nQPI = np.array([1.1,1.03,0.90])
# nCSI = np.array([0.92,1.1,0.99])

projects = [f"Project {i+1}" for i in range(len(CPI))]
cppl_values = [nCPI[i]*weights[0] + nSPI[i]*weights[1] + nQPI[i]*weights[2]
+ nCSI[i]*weights[3]
               for i in range(len(CPI))]
descriptions = ["The overall performance is within target" if 1.015 <= value <=
1.025
                else "The overall performance is below target" if value < 1.015
                else "The overall performance is exceeded target"
                for value in cppl_values]

# Print the CPPI values and descriptions for each project
for i in range(len(projects)):
    print(f"PPI {projects[i]}: {round(cppl_values[i], 2)}")
    print(descriptions[i])

# Create table data
table_data = [[str(i+1), projects[i], round(cppl_values[i], 2), descriptions[i]] for
i in range(len(projects))]
table_header = ["No.", "Project", "PPI", "Description"]

# Display the table using tabulate
print(tabulate(table_data, headers=table_header, tablefmt="grid"))

```

2. Hasil Code

CPI	1.00	3.00	3.00	5.00
SPI	0.33	1.00	3.00	3.00
QPI	0.33	0.33	1.00	2.00
CSI	0.20	0.33	0.50	1.00
	CPI	SPI	QPI	CSI

w(C1): 0.516

w(C2): 0.262

w(C3): 0.137

w(C4): 0.085

RC: 0.05

The solution is consistent

Normalized CPI: [1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0]

Normalized SPI: [1.093, 1.0, 1.036, 1.074, 1.023]

Normalized QPI: [1.14, 1.14, 1.14, 1.14, 1.14]

Normalized CSI: [1.21, 0.97, 0.92, 1.0, 1.02]

PPI Project 1: 1.06

The overall performance is exceeded target

PPI Project 2: 1.02

The overall performance is within target

PPI Project 3: 1.02

The overall performance is within target

PPI Project 4: 1.04

The overall performance is within target

PPI Project 5: 1.03

The overall performance is within target

No.	Project	PPI	Description
1	Project 1	1.06	The overall performance is exceeded target
2	Project 2	1.02	The overall performance is within target
3	Project 3	1.02	The overall performance is within target
4	Project 4	1.04	The overall performance is within target
5	Project 5	1.03	The overall performance is within target

Lampiran 6 Metode Fuzzy-AHP

Fuzzy-AHP

1. Code/Script

```

import numpy as np
from pyDecision.algorithm import fuzzy_ahp_method
from tabulate import tabulate

# Fuzzy AHP

# Dataset
dataset = list([
    [( 1, 1, 1),( 2, 3, 4),( 2, 3, 4),( 4, 5, 6) ], #C1
    [(1/2, 1/3, 1/4),( 1, 1, 1),( 2, 3, 4),( 2, 3, 4) ], #C2
    [(1/2, 1/3, 1/4),(1/2, 1/3, 1/4),( 1, 1, 1),( 1, 2, 3) ], #C3
    [(1/4, 1/5, 1/6),(1/2, 1/3, 1/4),(1/1, 1/2, 1/3),( 1, 1, 1) ] #C4
])

# Call Fuzzy AHP Function
fuzzy_weights, defuzzified_weights, normalized_weights, rc =
fuzzy_ahp_method(dataset)

# Fuzzy Weights
for i in range(0, len(fuzzy_weights)):
    print('w(C'+str(i+1)+)': ', np.around(fuzzy_weights[i], 3))

print ('Crisp Weights')

# Crisp Weights
for i in range(0, len(defuzzified_weights)):
    print('w(C'+str(i+1)+)': ', round(defuzzified_weights[i], 3))

print ('Normalized Weights')

# Normalized Weights
for i in range(0, len(normalized_weights)):
    print('w(C'+str(i+1)+)': ', round(normalized_weights[i], 3))

print('RC: ' + str(round(rc, 2)))
if (rc > 0.10):
    print("The solution is inconsistent, the pairwise comparisons must be
reviewed")

```

```

else:
    print("The solution is consistent")

# Calculate CPPI
# list of indicator value each project

# Input value of each indicator

#size = int(input("Enter the size of the array: "))

# Input values into the array
#CPI = [float(input(f"Enter CPI per index {i}: ")) for i in range(size)]
#SPI = [float(input(f"Enter SPI per index {i}: ")) for i in range(size)]
#QPI = [float(input(f"Enter QPI per index {i}: ")) for i in range(size)]
#CSI = [float(input(f"Enter CSI per index {i}: ")) for i in range(size)]

CPI = np.array([1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0])
SPI = np.array([1.093, 1.00, 1.036, 1.074, 1.023])
QPI = np.array([1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0])
CSI = np.array([9.83, 8.18, 7.58, 8.54, 8.78])

# Calculate normalized values
nCPI = []
nSPI = []
nQPI = []
nCSI = []

for qpi, csi, cpi, spi in zip(QPI, CSI, CPI, SPI):
    if 0.505 <= qpi <= 1.005:
        m = (1.14 - 1.05) / (1.00 - 0.51)
        c = 1.05 - (m * 0.51)
    elif 1.005 <= qpi <= 2.005:
        m = (1.04 - 0.95) / (2.00 - 1.01)
        c = 0.95 - (m * 1.01)
    elif 2.005 <= qpi <= 4.005:
        m = (0.94 - 0.85) / (2.01 - 4.00)
        c = 0.85 - (m * 2.01)
    else:
        m = 0.09
        c = 0.33

    nqpi = qpi * m + c

    if 9.005 <= csi <= 9.505:
        m = (1.14 - 1.05) / (9.50 - 9.01)
        c = 1.05 - (m * 9.01)

```

```

elif 8.015 <= csi < 9.005:
    m = (1.04 - 0.95) / (9.00 - 8.01)
    c = 0.95 - (m * 8.01)

elif 6.005 <= csi < 8.005:
    m = (0.94 - 0.85) / (8.00 - 6.00)
    c = 0.85 - (m * 6.00)

else:
    m = 0.09
    c = 0.33

ncsi = csi * m + c

nCPI.append(cpi)
nSPI.append(spi)
nQPI.append(nqpi)
nCSI.append(ncsi)

# Print the normalized arrays
print("Normalized CPI:", [round(k, 3) for k in nCPI])
print("Normalized SPI:", [round(j, 3) for j in nSPI])
print("Normalized QPI:", [round(q, 3) for q in nQPI])
print("Normalized CSI:", [round(c, 3) for c in nCSI])

# CPI = np.array([1.1,0.98,0.89])
# SPI = np.array([0.95,1.02,0.88])
# QPI = np.array([0.77,1.87,3.05])
# CSI = np.array([9.3,8.8,7.9])

#normalized value of indicator value
# nCPI = CPI
# nSPI = SPI
# nQPI = np.array([1.1,1.03,0.90])
# nCSI = np.array([0.92,1.1,0.99])
weights = defuzzified_weights
projects = [f"Project {i+1}" for i in range(len(CPI))]
cpqi_values = [nCPI[i]*weights[0] + nSPI[i]*weights[1] +
nQPI[i]*weights[2] + nCSI[i]*weights[3]
                for i in range(len(CPI))]

```

```

descriptions = ["The overall performance is within target" if 1.015 <= value
<= 1.025
                else "The overall performance is below target" if value < 1.015
                else "The overall performance is exceeded target"
                for value in cpqi_values]

# Print the CPPI values and descriptions for each project
for i in range(len(projects)):
    print(f"PPI {projects[i]}: {round(cpqi_values[i], 2)}")
    print(descriptions[i])

# Create table data
table_data = [[str(i+1), projects[i], round(cpqi_values[i], 2), descriptions[i]]
for i in range(len(projects))]
table_header = ["No.", "Project", "PPI Fuzzy AHP", "Description"]

# Display the table using tabulate
print(tabulate(table_data, headers=table_header, tablefmt="grid"))

```

2. Hasil Code

CPI	(1, 1, 1)	(2, 3, 4)	(2, 3, 4)	(4, 5, 6)
SPI	(1/2, 1/3, 1/4)	(1, 1, 1)	(2, 3, 4)	(2, 3, 4)
QPI	(1/2, 1/3, 1/4)	(1/2, 1/3, 1/4)	(1, 1, 1)	(1, 2, 3)
CSI	(1/4, 1/5, 1/6)	(1/2, 1/3, 1/4)	(1/1, 1/2, 1/3)	(1, 1, 1)
	CPI	SPI	QPI	CSI

w(C1): [0.361 0.516 0.697]
 w(C2): [0.214 0.262 0.315]
 w(C3): [0.128 0.137 0.147]
 w(C4): [0.107 0.085 0.076]

Crisp Weights

w(C1): 0.525
 w(C2): 0.264
 w(C3): 0.137
 w(C4): 0.09

Normalized Weights

w(C1): 0.517
 w(C2): 0.26
 w(C3): 0.135
 w(C4): 0.088
 RC: 0.07

The solution is consistent

Normalized CPI: [1.0, 1.0, 1.0, 1.0, 1.0]
 Normalized SPI: [1.09, 1.0, 1.04, 1.07, 1.02]
 Normalized QPI: [1.14, 1.14, 1.14, 1.14, 1.14]
 Normalized CSI: [1.21, 0.97, 0.92, 1.0, 1.02]

PPI Project 1: 1.08
 The overall performance is exceeded target
 PPI Project 2: 1.03
 The overall performance is within target
 PPI Project 3: 1.04
 The overall performance is within target
 PPI Project 4: 1.05
 The overall performance is exceeded target
 PPI Project 5: 1.04
 The overall performance is within target

No.	Project	PPI Fuzzy AHP	Description
1	Project 1	1.08	The overall performance is exceeded target
2	Project 2	1.03	The overall performance is within target
3	Project 3	1.04	The overall performance is within target
4	Project 4	1.05	The overall performance is exceeded target
5	Project 5	1.04	The overall performance is within target