

Model Pengambilan Keputusan Mitigasi Risiko Kecelakaan Kerja Berbasis ANP pada Divisi Air Conditioning di Industri Manufaktur

Muhamad Sayuti*, Tri Wakhyudi, Karnadi, dan Fathurohman
Teknik Industri, Universitas Buana Perjuangan Karawang,
Karawang, Indonesia

*muhamad.sayuti@ubpkarawang.ac.id

OPEN ACCESS

Citation: Muhamad Sayuti, Tri Wakhyudi, Karnadi, dan Fathurohman. 2025. Model Pengambilan Keputusan Mitigasi Risiko Kecelakaan Kerja Berbasis ANP pada Divisi Air Conditioning di Industri Manufaktur. *Journal of Research and Technology* Vol. 11 No. 1 Juni 2025: Page 153–166.

Abstract

Occupational Health and Safety (OHS) is a crucial aspect of the manufacturing industry, particularly in the electronics sector, which carries a high risk of workplace accidents. The Air Conditioning (AC) division is especially vulnerable due to technical activities such as the installation of heavy components, exposure to high-voltage electricity, and the use of refrigerant chemicals. Poorly managed risks can affect productivity, operational costs, and company reputation. This study aims to analyze risk mitigation strategies for work accidents in the AC division using the Analytic Network Process (ANP) approach. ANP was chosen because it can effectively handle interrelated risk factors and systematically determine mitigation priority scales. Data were collected through observation, expert interviews, and ANP structure modeling using Super Decisions software. The results show that the top-priority mitigation strategy is maximizing rest time before work, followed by the use of gloves and metal-based tools. The consistency ratio ($CR \leq 0.1$) indicates valid and reliable calculation results. This study contributes to the development of data-driven mitigation strategies to enhance the effectiveness of OHS risk management in the industrial sector.

Keywords: Risk Mitigation, Occupational Health and Safety (OHS), Analytic Network Process (ANP), Air Conditioning (AC) Division.

Abstrak

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan aspek krusial dalam industri manufaktur, khususnya pada sektor elektronik yang berisiko tinggi terhadap kecelakaan kerja. Divisi Air Conditioning (AC) memiliki tingkat kerentanan yang signifikan akibat aktivitas teknis seperti pemasangan komponen berat, paparan listrik tegangan tinggi, dan bahan kimia pendingin. Risiko yang tidak dikelola dengan baik dapat

berdampak pada produktivitas, biaya operasional, dan reputasi perusahaan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis mitigasi risiko kecelakaan kerja di divisi AC dengan menggunakan pendekatan Analytic Network Process (ANP). Metode ANP dipilih karena mampu menangani keterkaitan antar faktor risiko dan menentukan skala prioritas mitigasi secara sistematis. Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara ahli, dan pemodelan struktur ANP dengan bantuan perangkat lunak Super Decisions. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa strategi mitigasi yang paling prioritas adalah memaksimalkan waktu istirahat sebelum bekerja, diikuti dengan penggunaan sarung tangan dan alat bantu berbahan besi. Rasio konsistensi perhitungan menunjukkan nilai $CR \leq 0.1$ yang valid dan reliabel. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam penentuan strategi mitigasi berbasis data untuk meningkatkan efektivitas manajemen risiko K3 di sektor industri.

Keywords: Mitigasi Risiko, Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), Analytic Network Process (ANP), Divisi Air Conditioning (AC).

1. Pendahuluan

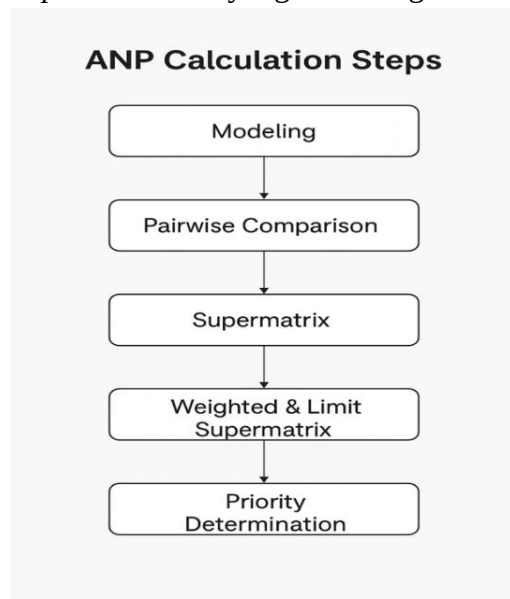
Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) sangat penting dalam industri manufaktur, terutama di sektor elektronik, yang sering menghadapi berbagai bahaya teknologi dan operasional. Segmen Pendingin Udara (AC) rentan terhadap kecelakaan kerja karena tugas-tugas teknis termasuk manipulasi komponen berat, instalasi listrik tegangan tinggi, dan paparan bahan kimia pendingin, yang memberikan risiko signifikan bagi karyawan. Ketidakmampuan untuk mendeteksi dan mengelola risiko-risiko ini dapat berdampak negatif pada produksi, biaya, dan reputasi organisasi (Karuppiyah *et al.*, 2022).

Setelah menganalisis kecelakaan kerja sebelumnya, banyak industri di negara-negara maju telah mereformasi kebijakan dan praktik organisasi mereka. Praktik organisasi yang direvisi meliputi penerapan penghindaran risiko, evaluasi risiko yang tidak dapat dihindari, pengelolaan risiko di sumbernya, pemanfaatan inovasi teknologi, memprioritaskan kegiatan progresif, mengganti zat berbahaya dengan alternatif yang kurang berbahaya, dan mengadopsi kebijakan global yang mencerminkan nilai-nilai organisasi (Ivascu & Cioca, 2019).

Mengingat kerumitan dari bahaya-bahaya yang mungkin terjadi ini, strategi mitigasi risiko yang akurat dan menyeluruh sangat penting. Masalah utama dalam menilai risiko kecelakaan di tempat kerja adalah saling keterkaitan faktor risiko yang dinamis dan saling mempengaruhi. Kekurangan dalam pelatihan teknis dapat memperburuk efek dari pengawasan yang tidak memadai, sementara tata letak kerja yang tidak memadai dapat meningkatkan kemungkinan kesalahan procedural (Bregenzer & Jimenez, 2021). Oleh karena itu, diperlukan strategi yang dapat secara komprehensif menggambarkan interaksi rumit di antara faktor-faktor risiko ini

Proses Hirarki Analitik/*Analytic Network Process* (ANP) adalah metodologi pengambilan keputusan multi-kriteria yang mampu menangani masalah yang rumit dengan mempertimbangkan saling ketergantungan antar bagian. Berbeda dengan metode konvensional seperti *Analytic Hierarchy Process* (AHP), yang bersifat linier dan hierarkis, ANP memungkinkan para pengambil keputusan untuk mengevaluasi jaringan interkoneksi dan interaksi timbal balik antar bahaya, menghasilkan evaluasi yang lebih realistis dan tepat (Attari *et al.*, 2023; Becker & Becker, 2024; Lin *et al.*, 2024). Dalam bidang keselamatan kerja, ANP dapat menentukan bobot prioritas dari berbagai risiko kecelakaan kerja dan menilai strategi mitigasi yang paling efisien berdasarkan dampak dan probabilitas terjadinya (Wang *et al.*, 2023). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis mitigasi risiko kecelakaan kerja di divisi AC dengan menggunakan pendekatan ANP.

Saaty (2004) mengembangkan ANP sebagai pengembangan dari metode AHP. ANP dirancang untuk menyelesaikan permasalahan pengambilan keputusan yang kompleks, terutama ketika hubungan antar kriteria tidak bisa digambarkan secara hierarkis. Berbeda dari AHP yang mengasumsikan setiap elemen bersifat independen, ANP justru memperhitungkan adanya keterkaitan dan ketergantungan antar elemen, baik antar kelompok (klaster) maupun dalam kelompok yang sama. Struktur ANP berbentuk jaringan (*network*) yang terdiri dari sejumlah klaster dan elemen di dalamnya. Elemen-elemen tersebut dapat saling memengaruhi satu sama lain, baik melalui ketergantungan internal (antar elemen dalam satu klaster) maupun ketergantungan eksternal (antar elemen di klaster yang berbeda). Pendekatan ini dianggap lebih realistis karena mencerminkan kondisi dunia nyata di mana faktor-faktor dalam proses pengambilan keputusan saling berkaitan dan tidak berdiri sendiri. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan pendekatan ANP dengan teknik penilaian langsung (*direct rating*) untuk menilai alternatif yang tersedia. Proses pengolahan data dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Super Decisions* yang dirancang khusus untuk metode ANP (Daimi & Rebai, 2023)

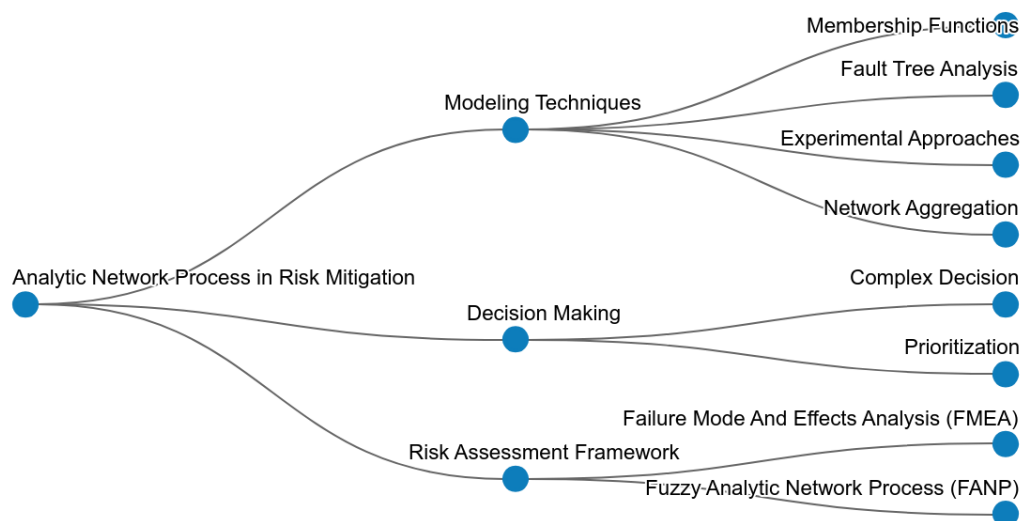


Sumber: (Menon & Ravi, 2021; Nalbant, 2024)

Gambar 1. Tahapan Perhitungan ANP

Gambar 1 merupakan alur tahapan perhitungan metode ANP, alur ini memudahkan penulis untuk menyelesaikan perhitungan ANP. Berikut penjelasan dari alur perhitungan ANP;

- 1) Identifikasi Masalah & Tujuan Keputusan
 - a. Menentukan fokus masalah dan apa yang ingin dicapai melalui keputusan.
- 2) Struktur Jaringan ANP
 - a. Menyusun elemen dan kelompok (kluster) dalam bentuk jaringan, bukan hierarki.
 - b. Menentukan hubungan antar elemen dan antar kluster (interdependensi dan *feedback*).
- 3) Perbandingan Berpasangan (*Pairwise Comparison*)
 - a. Melakukan penilaian perbandingan antara elemen berdasarkan kepentingannya terhadap elemen lain.
 - b. Menggunakan skala Saaty 1–9.
- 4) Pembentukan Supermatriks Awal (*Initial Supermatrix*)
 - a. Menyusun hasil perbandingan berpasangan ke dalam bentuk matriks besar (*supermatrix*) berdasarkan kluster.
- 5) Normalisasi Menjadi Supermatriks Bobot (*Weighted Supermatrix*)
 - a. Menormalkan supermatriks agar setiap kolom berjumlah 1 (*stochastic matrix*).
- 6) Perhitungan Supermatriks Limit (*Limit Supermatrix*)
 - a. Mengalikan supermatriks bobot secara berulang hingga konvergen dan stabil.
 - b. Hasilnya menunjukkan bobot prioritas global tiap elemen.
- 7) Pengambilan Keputusan Akhir
 - a. Alternatif atau elemen dengan bobot tertinggi dipilih sebagai keputusan atau prioritas utama.



Sumber : Jamali et al., 2023; Kamranfar et al., 2022; Kim & Kim, 2022

Gambar 2. Diagram Map ANP dalam Mitigasi Risiko

Gambar 2 menunjukkan diagram *map* ANP yang memudahkan dalam melakukan mitigasi risiko dalam suatu permasalahan. Berikut penjelasan diagram *map* diatas;

1) Modelling Techniques (Teknik Pemodelan)

ANP dapat digunakan dalam berbagai pendekatan teknik pemodelan risiko yang kompleks:

- *Membership Functions*: Dapat digunakan dalam pendekatan logika fuzzy untuk merepresentasikan ketidakpastian dan ambiguitas dalam penilaian risiko.

- *Fault Tree Analysis* (FTA): Dapat mengidentifikasi dan menganalisis penyebab kegagalan sistem.
- *Experimental Approaches*: Teknik berbasis eksperimen untuk mengevaluasi dan memverifikasi scenario mitigasi risiko.
- *Network Aggregation*: Proses penggabungan hubungan antar elemen dalam tahapan mitigasi yang risiko kompleks.

2) Decision Making (Pengambilan Keputusan)

ANP dapat digunakan dalam mendukung pengambilan keputusan, terutama ketika permasalahan memiliki banyak variabel dan keterkaitan antar faktor:

- *Complex Decision*: Dapat Memfasilitasi proses pengambilan keputusan pada situasi yang kompleks dan multi-level.
- *Prioritization*: Menyusun prioritas risiko atau tindakan mitigasi berdasarkan bobot dan kepentingan relatif antar elemen.

3) Risk Assessment Framework (Kerangka Penilaian Risiko)

ANP dapat mengintegrasikan kerangka kerja penilaian risiko seperti:

- *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA): Digunakan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan memitigasi potensi kegagalan dalam sistem dan proses.
- *Fuzzy-Analytic Network Process* (FANP): Kombinasi ANP dan *Fuzzy Logic* untuk menangani ketidakpastian data dan meningkatkan validitas hasil penilaian risiko.

Pengambilan Keputusan dalam Kelompok Pengambilan keputusan secara berkelompok. Rumus dari rata-rata ukur adalah sebagai berikut:

$$EV_1 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left(\frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \right) \quad (1)$$

dengan:

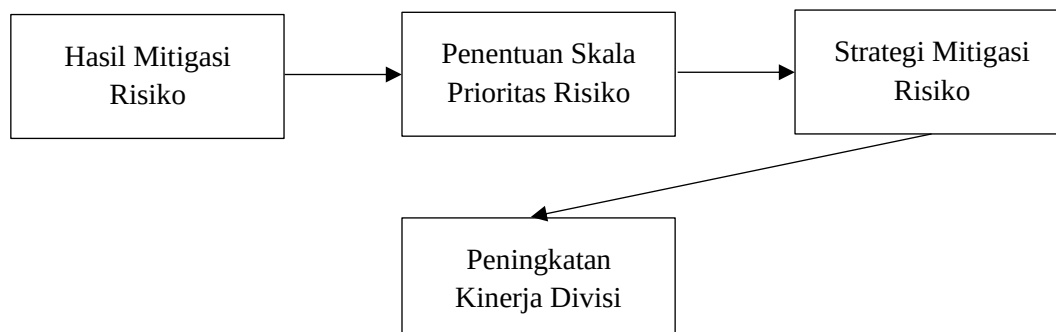
EV_1 = Nilai Eigen Vektor untuk Baris ke-1

a_{ij} = Elemen pada baris I kolom j

n = banyaknya responden

(Chen et al., 2024)

2. Metode Penelitian



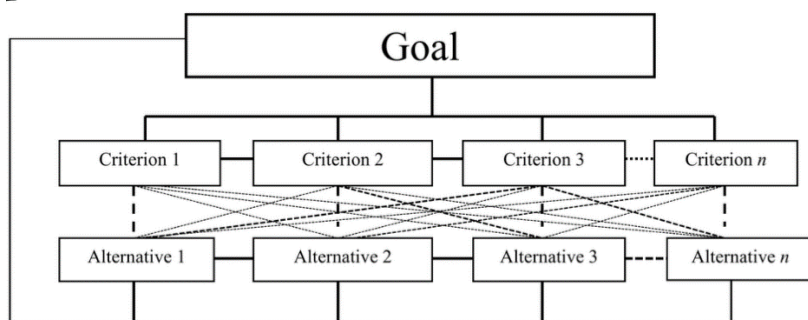
Gambar 3. Alur Penelitian

Gambar 3 merupakan alur penelitian yang menjabarkan jalannya penelitian ini yang bertujuan untuk memitigasi risiko dengan pendekatan ANP untuk meningkatkan kinerja divisi.

Tahap 1

Hasil dari mitigasi risiko pada artikel sebelumnya yang dilakukan oleh Wakhyudi *et al.*, 2024 yang akan dijadikan prioritas mitigasi risiko pada Perusahaan.

Tahap 2



Sumber : Chorol & Gupta, 2023

Gambar 4. Hubungan Struktural Metode ANP

Gambar 4 merupakan hubungan struktural metode dari ANP untuk menentukan kriteria dan alternatif yang akan di ambil dalam proses pengambilan keputusan pemangku kepentingan.

Tabel 1. Skala Penilaian Perbandingan Berpasangan

Intensitas Kepentingan	Keterangan
1	Kedua elemen sama pentingnya
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen yang lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting daripada elemen lainnya
7	Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen lainnya
9	Satu elemen mutlak daripada elemen lainnya
2,4,6,8	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan yang berdekatan
Kebalikan	Jika aktivitas i mendapat satu angka dibandingkan dengan aktivitas j, maka j memiliki nilai kebalikannya dibandingkan dengan i

Sumber : Priyambada, 2020

Tabel 1 merupakan skala penilaian preferensi, dengan skala 1 menunjukkan nilai yang paling rendah (nilai yang sama), dan skala 9 menunjukkan nilai yang paling tinggi.

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45

N	10	11	12	13	14	15
RI	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Sumber : Rodrigues et al., 2021

Gambar 5. Daftar Indeks Random Konsistensi

Gambar 5 merupakan tabel indeks random konsistensi, ini akan melihat jika nilainya lebih dari 10%, penilaian data *judgment* harus diperbaiki. Namun, jika rasio konsistensi (CI/IR) kurang atau sama dengan 0,1, hasil perhitungan dapat dianggap benar. Daftar indeks konsistensi kebetulan (IR).

Tahap 3

C	A ₁	A ₂	...	A _n
A ₁	a ₁₁	a ₁₂	...	a _{1n}
A ₂	a ₂₁	a ₂₂	...	a _{2n}
⋮	⋮	⋮	...	⋮
A _m	a _{m1}	a _{m2}	...	a _{mn}

Sumber : Rodrigues et al., 2021

Gambar 6. Contoh Matriks ANP

Gambar 6 merupakan matrik untuk melihat hubungan antar alternative, dimana nilai a₁₁ adalah nilai perbandingan A1 elemen (baris) terhadap A1 (kolom) yang menyatakan hubungan:

1. Seberapa jauh tingkat kepentingan A1 (baris) terhadap kriteria C dibandingkan dengan A1 (kolom) atau
2. Seberapa jauh dominasi A1 (baris) terhadap (kolom) A1 atau
3. Seberapa banyak sifat kriteria C terdapat pada A1 (baris) dibandingkan dengan A1 (kolom).

Algoritma ANP adalah algoritma yang digunakan dalam sebuah sistem yang akan menghasilkan keputusan dengan sendirinya, keputusan yang diambil berdasarkan data yang telah di proses terlebih dahulu, jadi dalam mengambil keputusan tidak bisa sembarangan harus berdasarkan algoritma yang tepat. Penggunaan Metode ANP adalah sebagai pelengkap dalam sistem yang sudah ada, dengan metode ANP ini sistem yang sudah ada menjadi lebih canggih dan modern (I. Ramadhan *et al.*, 2021).

Tahap 4

Setelah Perusahaan melakukan mitigasi risiko dengan menggunakan strategi prioritas, diharapkan dapat meningkatkan kinerja Perusahaan.

3. Hasil dan Diskusi

Hasil dari identifikasi risiko penelitian sebelumnya dengan menggunakan pendekatan *Interpretive Structural Modeling* (ISM) dan *House of Risk* (HOR) didapatkan strategi mitigasi risiko yang akan dihitung dengan pendekatan ANP.

Tabel 2. Strategi Mitigasi Risiko Fin Press

Strategi Mitigasi Risiko
Berhati-hati ketika memasukan pin

Strategi Mitigasi Risiko

Berhati-hati ketika mencabut pin

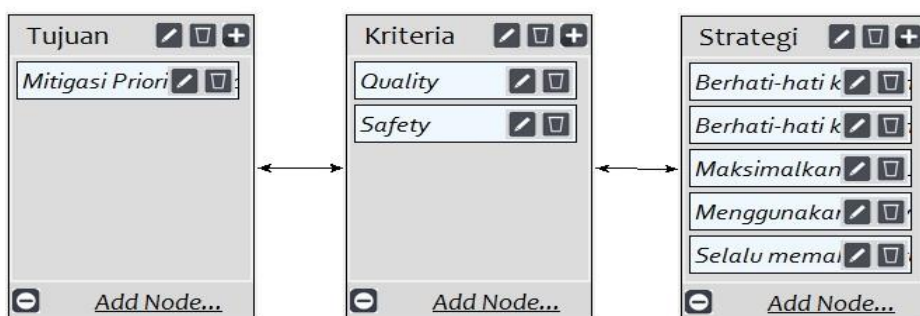
Maksimalkan waktu istirahat sebelum bekerja

Menggunakan stik yang berbahan besi

Selalu memakai sarung tangan

Sumber: Wakhyudi *et al.*, 2024

Tabel 2 merupakan hasil strategi mitigasi risiko dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Wakhyudi *et al.*, 2024 dengan menggunakan pendekatan ISM dan HOR, yang selanjutnya akan dilakukan perhitungan dengan ANP untuk menentukan skala prioritas mitigasi risiko yang akan di laksanakan. Tahapan selanjutnya adalah pembuatan struktur ANP dengan bantuan *software super decision* seperti pada Gambar 7.



Sumber: Wisjhnuadji *et al.*, 2022

Gambar 7. Struktur ANP Proses *Fin Press*

Gambar 7 adalah *cluster* dan *node* pada struktur ANP proses *fin press*, dengan menggunakan bantuan *software super decision*. Setelah melakukan penyusunan struktur ANP, selanjutnya melakukan uji konsistensi dimulai dengan mencari perbandingan antar strategi mitigasi dengan menggunakan skala penilaian dibawah ini:

Tabel 3. Skala Perbandingan Berpasangan ANP

Nilai	Definisi	Keterangan
Nilai 1	Sama Penting	Kedua faktor sama pentingnya
Nilai 3	Sedikit Lebih Penting	Faktor yang satu sedikit lebih penting dari pada faktor yang lainnya
Nilai 5	Lebih Penting	Faktor satu esensial atau lebih penting dari pada faktor lainnya
Nilai 7	Sangat Penting	Satu faktor jelas lebih penting dari pada faktor lainnya
Nilai 9	Mutlak Penting	Satu faktor mutlak lebih penting dari pada faktor lainnya
Nilai 2,4,6,8	Nilai Tengah	Ketika diperlukan sebuah kompromi
$a_{ij} = 1/a_{ji}$	Kebalikan	1 dibagi nilai tingkat kepentingan

Tabel 3 merupakan nilai yang digunakan untuk perbandingan berpasangan pada metode ANP. Sedangkan Tabel 4 merupakan tabel *output* an dari metode ISM yang digunakan sebagai *input* metode ANP.

Tabel 4. *Input ANP Proses Fin Press*

Kode	Strategi
PA1	Berhati-hati ketika memasukan pin
PA2	Berhati-hati ketika mencabut pin
PA3	Maksimalkan waktu istirahat sebelum bekerja
PA4	Menggunakan stik yang berbahan besi
PA5	Selalu memakai sarung tangan

Tabel 4 merupakan *input* mitigasi proses *fin press* pada metode ANP dengan menambahkan kode untuk memudahkan dalam penentuan pengambilan keputusan.

Tabel 5. Perbandingan Berpasangan Proses *Fin Press*

	PA1	PA2	PA3	PA4	PA5
PA1	1	1	1/3.	1	1/3
PA2	1	1	1/3.	1	1/3
PA3	3	3	1	3	1
PA4	1	1	1/3	1	1
PA5	3	3	1	1	1

Tabel 5 merupakan perbandingan berpasangan mitigasi *fin press* pada metode ANP yang menentukan penilaian perbandingan supervisor yang berpengalaman di bagian *fin press*.

Jumlah kolom pertama	: 1 + 1 + 3 + 1 + 3	= 9
Jumlah kolom kedua	: 1 + 1 + 3 + 1 + 3	= 9
Jumlah kolom ketiga	: 1/3 + 1/3 + 1 + 1/3 + 1	= 2,99
Jumlah kolom keempat	: 1 + 1 + 3 + 1 + 1	= 7
Jumlah kolom kelima	: 1/3 + 1/3 + 1 + 1 + 1	= 3,66

$$\text{Eigen vector baris pertama : } \left(\frac{\frac{1}{9} + \frac{1}{9} + \frac{1/3}{2,99} + \frac{1}{7} + \frac{1/3}{3,66}}{5} \right) = 0,113525$$

$$\text{Eigen vector baris kedua : } \left(\frac{\frac{1}{9} + \frac{1}{9} + \frac{1/3}{2,99} + \frac{1}{7} + \frac{1/3}{3,66}}{5} \right) = 0,113525$$

$$\text{Eigen vector baris ketiga : } \left(\frac{\frac{3}{9} + \frac{3}{9} + \frac{1}{2,99} + \frac{3}{7} + \frac{1}{3,66}}{5} \right) = 0,340577$$

$$\text{Eigen vector baris keempat : } \left(\frac{\frac{1}{9} + \frac{1}{9} + \frac{1/3}{2,99} + \frac{1}{7} + \frac{1}{3,66}}{5} \right) = 0,150065$$

$$\text{Eigen vector baris kelima : } \left(\frac{\frac{3}{9} + \frac{3}{9} + \frac{1}{2,99} + \frac{1}{7} + \frac{1}{3,66}}{5} \right) = 0,282308$$

Nilai $\lambda \max = (9 \times 0,113525) + (9 \times 0,113525) + (2,99 \times 0,340577) + (7 \times 0,150065) + (3,66 \times 0,282308) = 5,145$ (Nilai $\lambda \max$ digunakan untuk menghitung nilai CI)

$$CI = \frac{5,145-5}{5-1} = 0,0362$$

Nilai CI atau *consistency index* digunakan untuk menghitung CR atau *consistency ratio*

Tabel 6. Nilai *Random Index*

Orde <i>Matriks</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Tabel 6 merupakan nilai *random index*, nilai ini digunakan untuk mencari nilai CR atau *consistency ratio*.

$$CR = \frac{0,0362}{1,12} = 0,032$$

Berdasarkan nilai CR maka data tersebut dikatakan konsisten karena memiliki nilai 0.032, dimana $0,032 \leq 0,1$

Here are the priorities.

Icon	Name	Normalized by Cluster	Limiting
No Icon	Safety	0.75000	0.375000
No Icon	Quality	0.25000	0.125000
No Icon	Berhati-hati ketika memasukan pin	0.05676	0.028381
No Icon	Berhati-hati ketika mencabut pin	0.05676	0.028381
No Icon	Maksimalkan waktu istirahat sebelum bekerja	0.17029	0.085144
No Icon	Menggunakan stik yang berbahan besi	0.07503	0.037516
No Icon	Selalu memakai sarung tangan	0.14115	0.070577
No Icon	Mitigasi Prioritas Proses Fin Press	0.50000	0.250000

Gambar 8. Urutan Mitigasi Proses *Fin Press*

Gambar 8 merupakan *output* dari *software super decision* yang menampilkan urutan prioritas mitigasi proses *fin press*.

Tabel 7. *Unweighted Super Matrix* Proses *Fin Press* Pada *Software Super Decision*

Cluster Node Labels		Kriteria		Strategi					Tujuan
		Quality	Safety	Berhati-hati ketika memasukan pin	Berhati-hati ketika mencabut pin	Maksimalkan waktu istirahat sebelum bekerja	Menggunakan stik yang berbahan besi	Selalu memakai sarung tangan	Mitigasi Proses Fin Press
Kriteria	Quality	0.000000	0.000000	0.500000	0.500000	0.500000	0.500000	0.500000	0.000000
	Safety	0.000000	0.000000	0.500000	0.500000	0.500000	0.500000	0.500000	1.000000
Strategi	Berhati-hati ketika memasukan pin	0.113526	0.113526	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	Berhati-hati ketika mencabut pin	0.113526	0.113526	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	Maksimalkan waktu istirahat sebelum bekerja	0.340577	0.340577	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	Menggunakan stik yang berbahan besi	0.150065	0.150065	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	Selalu memakai sarung tangan	0.282308	0.282308	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Tujuan	Mitigasi Proses Fin Press	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

Tabel 7 merupakan *output* dari *unweighted matrix* pada *software super decision*. *Unweighted* merupakan nilai *eigenvector* pada setiap mitigasi dan jika dijumlah semua hasilnya adalah 1 (satu).

Tabel 8. *Weighted Super Matrix* Proses *Fin Press* pada *Software Super Decision*

Cluster Node Labels		Kriteria		Strategi					Tujuan
		Quality	Safety	Berhati-hati ketika memasukan pin	Berhati-hati ketika mencabut pin	Maksimalkan waktu istirahat sebelum bekerja	Menggunakan stik yang berbahan besi	Selalu memakai sarung tangan	Mitigasi Proses Fin Press
Kriteria	Quality	0.000000	0.000000	0.500000	0.500000	0.500000	0.500000	0.500000	0.000000
	Safety	0.000000	0.000000	0.500000	0.500000	0.500000	0.500000	0.500000	1.000000
Strategi	Berhati-hati ketika memasukan pin	0.113526	0.056763	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	Berhati-hati ketika mencabut pin	0.113526	0.056763	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	Maksimalkan waktu istirahat sebelum bekerja	0.340577	0.170288	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	Menggunakan stik yang berbahan besi	0.150065	0.075032	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
	Selalu memakai sarung tangan	0.282308	0.141154	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Tujuan	Mitigasi Proses Fin Press	0.000000	0.500000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000

Tabel 8 merupakan *output* dari *weighted matrix* pada *software super decision*. *Weighted* merupakan nilai *unweighted* dikali total *weighted* nya.

Tabel 9. *Limit Super Matrix* Proses *Fin Press* pada *Software Super Decision*

Cluster Node Labels		Kriteria		Strategi					Tujuan
		Quality	Safety	Berhati-hati ketika memasukan pin	Berhati-hati ketika mencabut pin	Maksimalkan waktu istirahat sebelum bekerja	Menggunakan stik yang berbahan besi	Selalu memakai sarung tangan	Mitigasi Proses Fin Press
Kriteria	Quality	0.16667	0.16667	0.16667	0.16667	0.16667	0.16667	0.16667	0.16667
	Safety	0.33333	0.33333	0.33333	0.33333	0.33333	0.33333	0.33333	0.33333
Strategi	Berhati-hati ketika memasukan pin	0.03784	0.03784	0.03784	0.03784	0.03784	0.03784	0.03784	0.03784
	Berhati-hati ketika mencabut pin	0.03784	0.03784	0.03784	0.03784	0.03784	0.03784	0.03784	0.03784
	Maksimalkan waktu istirahat sebelum bekerja	0.11353	0.11353	0.11353	0.11353	0.11353	0.11353	0.11353	0.11353
	Menggunakan stik yang berbahan besi	0.05002	0.05002	0.05002	0.05002	0.05002	0.05002	0.05002	0.05002
	Selalu memakai sarung tangan	0.09410	0.09410	0.09410	0.09410	0.09410	0.09410	0.09410	0.09410
Tujuan	Mitigasi Proses Fin Press	0.16667	0.16667	0.16667	0.16667	0.16667	0.16667	0.16667	0.16667

Tabel 9 merupakan *output* dari *limit matrix* pada *software super decision*. *Limit matrix* diperoleh dari nilai *weighted* setiap mitigasi dikali total *weighted* nya. Tabel 10 merupakan prioritas mitigasi risiko proses *fin press* yang diurutkan berdasarkan dari *super matrix* yang tertinggi hingga terendah.

Tabel 10. Rank Prioritas Mitigasi Proses *Fin Press* Berdasarkan *Super Matrix*

Rank	Mitigasi	Unweighted		Weighted		Limit	
		Quality	Safety	Quality	Safety	Quality	Safety
1	Maksimalkan waktu istirahat sebelum bekerja	0.340577	0.340577	0.340577	0.170288	0.11353	0.11353
2	Selalu memakai sarung tangan	0.282308	0.282308	0.282308	0.141154	0.09410	0.09410
3	Menggunakan stik yang berbahan besi	0.150065	0.150065	0.150065	0.075032	0.05002	0.05002
4	Berhati-hati ketika memasukan pin	0.113526	0.113526	0.113526	0.056763	0.03784	0.03784
5	Berhati-hati ketika mencabut pin	0.113526	0.113526	0.113526	0.056763	0.03784	0.03784

Tabel 10 merupakan urutan prioritas mitigasi proses *fin press* berdsarkan pembobotan *super matrix*, berdasarkan tertinggi hingga terendah.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang model pengambilan keputusan dalam mitigasi risiko kecelakaan kerja di Divisi AC pada industri manufaktur elektronik menggunakan metode ANP. ANP dipilih karena kemampuannya dalam menangani kompleksitas hubungan timbal balik antar faktor risiko serta dalam memprioritaskan strategi mitigasi secara sistematis dan menyeluruh. Melalui perangkat lunak *Super Decisions*, lima alternatif mitigasi dievaluasi dengan pendekatan berpasangan:

PA3: Mengoptimalkan waktu istirahat sebelum bekerja

PA4: Menggunakan batang besi

PA5: Konsisten menggunakan sarung tangan

PA1 & PA2: Pendekatan hati-hati saat memasukkan dan mengeluarkan pin

Hasil analisis *eigenvektor* menunjukkan bahwa PA3 (optimalisasi waktu istirahat) merupakan strategi paling efektif (nilai supermatrix = 0.11353), diikuti oleh penggunaan sarung tangan (PA5) dan penggunaan batang besi (PA4). Strategi yang berkaitan dengan kehati-hatian saat menangani pin memiliki prioritas yang lebih rendah. Validitas hasil didukung oleh nilai *Consistency Ratio* (CR) = 0,032, berada jauh di bawah batas 0,1, yang menandakan tingkat konsistensi yang dapat diterima.

Temuan ini menekankan pentingnya manajemen kelelahan kerja dan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) sebagai faktor utama dalam pencegahan kecelakaan kerja. Model ANP terbukti efektif dalam menyusun prioritas mitigasi risiko yang berbasis data, serta dapat menjadi dasar dalam penyusunan prosedur operasi standar (SOP) dan program pelatihan keselamatan kerja (K3) yang lebih terfokus. Pendekatan ini juga mengungguli metode linier seperti AHP karena kemampuannya dalam memetakan dan menganalisis keterkaitan kompleks antar elemen risiko.

4. Kesimpulan

Studi ini menunjukkan bahwa metode ANP secara efektif mengidentifikasi dan merangking cara terbaik untuk mengurangi risiko kecelakaan kerja di Divisi *Air Conditioning* (AC) sebuah perusahaan elektronik. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa istirahat sebelum

bekerja (PA3) adalah cara terpenting untuk mengurangi kecelakaan, diikuti dengan menggunakan sarung tangan (PA5) dan alat bantu berbasis besi (PA4). Nilai rasio konsistensi (CR) sebesar $0,032 < 0,1$ menunjukkan bahwa hasil penilaian adalah valid dan secara statistik dapat diterima. Menggunakan teknik ANP memungkinkan analisis risiko yang lebih baik dengan mempertimbangkan bagaimana berbagai faktor saling terkait, dan hasil penelitian ini dapat membantu menciptakan prosedur keselamatan kerja yang lebih baik dan lebih strategis.

Keterbatasan penelitian ini adalah representasi sampel terbatas hanya dilakukan pada divisi AC dari satu perusahaan. Oleh karena itu, temuan-temuan pada penelitian ini, tidak dapat diekstrapolasi ke sektor industri yang lebih luas atau pada divisi-divisi lainnya. Penelitian ini juga belum memperhitungkan faktor eksternal seperti pembatasan pemerintah, perubahan iklim, atau teknologi baru yang berpotensi mempengaruhi bahaya terkait pekerjaan.

Penelitian yang akan datang yang dapat dilakukan ada melakukan perbandingan antar divisi. Analisis komparatif berbagai divisi teknis dalam organisasi diperlukan untuk mencapai pemahaman yang lebih luas dan mendalam tentang pendekatan dalam mengurangi risiko pekerjaan. Penelitian lain yang dapat dikembangkan adalah mengembangkan sistem berbasis IoT dan sensor cerdas untuk memantau kelelahan kerja secara *real-time* dan memfasilitasi pengambilan keputusan berbasis data.

DAFTAR PUSTAKA

- Attari, M. Y. N., Moslemi Beirami, A. A., Ala, A., & Jami, E. N. (2023). Resolving the Practical Factors in the healthcare system management by considering a combine approach of AHP and ANP methods. *Evaluation and Program Planning*, 100, 102339. <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2023.102339>
- Becker, J., & Becker, A. (2024). Graphical analysis of consistency in the AHP/ANP pairwise comparison matrix of criteria or decision alternatives. *Procedia Computer Science*, 246, 4805–4814. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.09.346>
- Bregenzer, A., & Jimenez, P. (2021). Risk Factors and Leadership in a Digitalized Working World and Their Effects on Employees' Stress and Resources: Web-Based Questionnaire Study. *Journal of Medical Internet Research*, 23(3), e24906. <https://doi.org/10.2196/24906>
- Chen, Y., Li, W., & Wang, X. (2024). An Investigation into the Risk Assessment of Building-Integrated Photovoltaic Residential Project Development Utilizing the DEMATEL-ANP Methodology: A Chinese Case Study. *Buildings*, 14(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/buildings14030623>
- Chorol, L., & Gupta, S. K. (2023). Hybrid analytic network process (ANP)-Entropy model, time series analysis for predicting nitrate and fluoride in groundwater and cumulative health risk assessment. *Journal of Cleaner Production*, 428, 139316. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139316>
- Daimi, S., & Rebai, S. (2023). Sustainability performance assessment of Tunisian public transport companies: AHP and ANP approaches. *Socio-Economic Planning Sciences*, 89, 101680. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2023.101680>
- Ivascu, L., & Cioca, L.-I. (2019). Occupational Accidents Assessment by Field of Activity and Investigation Model for Prevention and Control. *Safety*, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/safety5010012>

- Jamali, A., Robati, M., Nikoomaram, H., Farsad, F., & Aghamohammadi, H. (2023). Urban Resilience Assessment Using Hybrid MCDM Model Based on DEMATEL-ANP Method (DANP). *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 51(4), 893–915. <https://doi.org/10.1007/s12524-023-01670-8>
- Kamranfar, S., Azimi, Y., Gheibi, M., Fathollahi-Fard, A. M., & Hajiaghaei-Keshteli, M. (2022). Analyzing Green Construction Development Barriers by a Hybrid Decision-Making Method Based on DEMATEL and the ANP. *Buildings*, 12(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/buildings12101641>
- Karuppiah, K., Sankaranarayanan, Bathrinath, & Ali, S. M. (2022). A fuzzy ANP–DEMA^{TEL} model on faulty behavior risks: Implications for improving safety in the workplace. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 28(2), 923–940. <https://doi.org/10.1080/10803548.2020.1847486>
- Kim, D., & Kim, M. (2022). Hybrid Analysis of the Decision-Making Factors for Software Upgrade Based on the Integration of AHP and DEMATEL. *Symmetry*, 14(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/sym14010172>
- Lin, G., Zhang, Q., Zhang, Y., Shen, C., Xu, H., & Wang, S. (2024). Performance assessment of public transport networks: An AHP-ANP approach. *Heliyon*, 10(22), e40309. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40309>
- Menon, R. R., & Ravi, V. (2021). Using ANP and QFD methodologies to analyze eco-efficiency requirements in an electronic supply chain. *Cleaner Engineering and Technology*, 5, 100350. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100350>
- Nalbant, K. G. (2024). A methodology For Personnel Selection in Business Development: An Interval Type 2-Based Fuzzy DEMATEL-ANP Approach. *Heliyon*, 10(1), e23698. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23698>
- Priyambada, A. (2020). Manajemen Risiko dan Analisis Keputusan Solusi Material Obsolete Mechanical Menggunakan Metode Hor dan Anp (Studi Kasus: PT Xyz). *Journal of Industrial Engineering Management*, 5(1), 1–9. <https://doi.org/10.33536/jiem.v5i1.428>
- Rodrigues, D., Godina, R., & da Cruz, P. E. (2021). Key Performance Indicators Selection through an Analytic Network Process Model for Tooling and Die Industry. *Sustainability*, 13(24), Article 24. <https://doi.org/10.3390/su132413777>
- Saaty, T. L. (2004). Fundamentals of the analytic network process—Dependence and feedback in decision-making with a single network. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 13(2), 129–157. <https://doi.org/10.1007/s11518-006-0158-y>
- Wakhyudi, T., Sayuti, M., & Karnadi, K. (2024). Analisis Mitigasi Risiko Kecelakaan Kerja Divisi AC pada Perusahaan Elektronik di Karawang dengan Menerapkan Metode HOR dan ISM. *Journal of Integrated System*, 7(1), Article 1. <https://doi.org/10.28932/jis.v7i1.9154>
- Wang, F., Wang, X., Liu, D., & Liu, H. (2023). Comprehensive safety risk evaluation of fireworks production enterprises using the frequency-based ANP and BPNN. *Heliyon*, 9(11), e21724. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21724>
- Wisjnuadji, T. W., Narendro, A., Prabowo, Y., & Broto, S. (2022). Penggunaan Metoda AHP pada Aplikasi Superdecisions dalam Menentukan Pilihan Terbaik Produk Mikroprosesor. *IDEALIS: InDonEsiA journal Information System*, 5(2), Article 2. <https://doi.org/10.36080/idealis.v5i2.2958>