

IDENTIFIKASI PENYEBAB KEGAGALAN POTENSIAL MENGUNAKAN *FUZZY ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS* DALAM *MULTI ATTRIBUTE FAILURE MODE ANALYSIS* PADA CV. TIRTA INDO MEGAH

Riska ¹, Nelly Budhiarti ², Reiny Ditta Myrtanti ³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Industri S-1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang
Email : riskaacantik18@gmail.com

Abstrak, CV. Tirta Indo Megah merupakan perusahaan yang bergerak di bidang produksi Air Minum Dalam Kemasan (AMDK). Berdasarkan data produksi kemasan cup 150 ml pada periode Mei–Oktober 2024, ditemukan persentase cacat yang melebihi standar perusahaan yaitu 0,2%, dengan angka tertinggi mencapai 1,11%. Jenis cacat produksi meliputi lid miring, bocor, kurang isi, dan cup pecah. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis penyebab kegagalan potensial dalam proses produksi AMDK cup 150 ml serta memberikan rekomendasi perbaikan. Metode yang digunakan adalah *Fuzzy Analytical Hierarchy Process* (*Fuzzy AHP*) untuk memberikan bobot kriteria penilaian (*Severity, Occurrence, Detection, dan Expected Cost*), yang selanjutnya diintegrasikan dalam *Multi Attribute Failure Mode Analysis* (MAFMA) untuk menentukan prioritas penyebab kegagalan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor paling berpengaruh adalah "material cup tidak sesuai standar" dengan bobot tertinggi. Rekomendasi yang diberikan meliputi pengawasan kualitas bahan baku cup. Penelitian ini diharapkan menjadi acuan dalam upaya perbaikan mutu dan efisiensi proses produksi perusahaan.

Kata kunci : Kegagalan Potensial, *Fuzzy AHP*, MAFMA, AMDK 150 ml

PENDAHULUAN

Dalam industri Air Minum Dalam Kemasan (AMDK), konsistensi kualitas dan efisiensi proses produksi sangat penting untuk menjaga daya saing perusahaan. CV. Tirta Indo Megah, sebagai produsen AMDK, menghadapi permasalahan tingginya cacat produksi, khususnya pada kemasan cup 150 ml dengan rata-rata persentase cacat sebesar 1,11%, melebihi batas toleransi perusahaan sebesar 0,2%. Jenis cacat yang ditemukan meliputi lid miring, bocor, kurang isi, dan cup pecah, yang dapat menyebabkan kegagalan potensial dalam produksi. Untuk mengatasi permasalahan yang telah dipaparkan, perusahaan perlu melakukan identifikasi penyebab kegagalan potensial yang terjadi dalam produksi dengan menggunakan metode *Fuzzy AHP* dalam MAFMA, dimana dari hasil identifikasi tersebut dapat diberikan rekomendasi perbaikan bagi perusahaan dari permasalahan yang terjadi.

Fuzzy AHP digunakan untuk menentukan prioritas dari beberapa alternatif berdasarkan kriteria tertentu, dengan mempertimbangkan bahwa penilaian manusia sering kali bersifat tidak pasti, samar, atau tidak tegas. Metode *Multi Attribute Failure Mode Analysis* (MAFMA) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengeliminasi

suatu kegagalan. metode ini dapat diidentifikasi penyebab-penyebab terjadinya kegagalan, dan akan ditentukan penyebab terjadinya kegagalan yang potensial dengan menggunakan logika *fuzzy* dengan cara memetakan suatu input kedalam suatu ruang output. Logika *fuzzy* merupakan salah satu metode untuk melakukan analisis sistem yang mengandung ketidakpastian.

Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi dan menganalisis penyebab kegagalan potensial pada proses produksi air minum dalam kemasan cup 150 ml serta memberikan rekomendasi perbaikan dalam mengatasi kegagalan potensial yang terjadi pada proses produksi air minum dalam kemasan cup 150 ml.

METODE

Analytical Hierarchy Process (AHP)

Metode AHP dikembangkan oleh Thomas L. Saaty sekitar tahun 1970. Menurut (Wulandari, 2019) *Analytical Hierarchy Process* (AHP) merupakan salah satu metode untuk membantu menyusun suatu prioritas dari berbagai pilihan dengan menggunakan beberapa kriteria (*multi criteria*). Metode ini adalah sebuah kerangka untuk mengambil keputusan dengan efektif atas persoalan yang

kompleks dengan menyederhanakan dan mempercepat proses pengambilan keputusan dengan memecahkan persoalan tersebut kedalam bagian-bagiannya, menata bagian atau variabel dalam suatu susunan hirarki, memberi nilai numerik pada pertimbangan subjektif tentang pentingnya tiap variabel dan mensintesis berbagai pertimbangan untuk menetapkan variabel yang mana yang memiliki prioritas yang paling tinggi dan bertindak untuk mempengaruhi hasil pada situasi tersebut. Menurut saaty, hirarki disusun menjadi beberapa tingkatan/level. Penyebab kegagalan disusun dalam struktur hirarki dan dilakukan uji konsistensi menggunakan persamaan 1.

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} \dots\dots\dots 1$$

Batas ketidakkonsistenan ditentukan dengan menggunakan ratio konsistensi (CR) yaitu perbandingan indeks konsistensi (CI) dengan ratio indeks menggunakan persamaan 2.

$$CR = \frac{CI}{RI}; CR < 0,1 \dots\dots\dots 2$$

Jika $CR < 0,10$ maka derajat konsistensi memuaskan, sedangkan jika $CR > 0,10$ berarti tidak konsisten.

Logika Fuzzy

Logika fuzzy merupakan sebuah komponen pembentuk *soft-computing*, yang pertama kali diperkenalkan oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Istilah sistem Fuzzy tidak mengacu kepada suatu sistem yang samar atau tidak jelas cara kerja, definisi atau deskripsinya. Sebaliknya, sistem Fuzzy merupakan sebuah sistem yang dibangun dengan cara kerja, definisi dan deskripsi yang jelas berdasarkan teori *Fuzzy Logic* atau Logika Fuzzy (Hapiz A, 2017).

Fuzzy AHP

Fuzzy AHP adalah metode yang menggabungkan pendekatan AHP (*Analytical Hierarchy Process*) dengan logika fuzzy untuk menangani ketidakpastian dan subjektivitas dalam penilaian. Fuzzy AHP digunakan secara khusus untuk menentukan bobot setiap kriteria, tetapi tidak diaplikasikan pada penilaian kriteria yang bersifat kualitatif. Skala dalam bentuk variabel linguistik tersebut dalam AHP konvensional yang dilakukan oleh Saaty (1991)

dalam (Nurbhawa R.P., 2017) bernilai 1-9, dikonversikan dalam bentuk fuzzy menggunakan *Triangular Fuzzy Number* (TFN). Dalam penentuan bobot elemen – elemen digunakan operasi aritmetik untuk TFN. Dalam TFN digunakan untuk operasi aritmetiknya sebuah triangular.

Menentukan nilai sintesi fuzzy Si menggunakan persamaan 3.

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_i^j \times [\sum_{i=0}^n \sum_{i=0}^n M_j^i]^{-1} \dots\dots\dots 3$$

Menentukan nilai vektor (V) menggunakan persamaan 4.

$$V(M_2 \geq M_1) = \begin{cases} 1, & \text{if } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{if } l_1 \geq \mu_2 \\ \frac{l_1 - \mu_2}{(m_2 - \mu_2) - (m_1 - l_1)} & \end{cases} \dots\dots\dots 4$$

Jika hasil nilai fuzzy lebih besar dari k, M_i ($i=1, 2, k$) maka nilai vektor dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V(M \geq M_1) \\ \text{dan } V(M \geq M_2) \text{ dan } V(M \geq M_k) = \min V(M \geq M_i).$$

Menentukan nilai ordinat defuzzifikasi (d') menggunakan persamaan 5.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n)) T \dots\dots 5$$

Dimana W merupakan bilangan *non-fuzzy*.

Multi Attribute Failure Mode Analysis (MAFMA)

Metode MAFMA merupakan metode yang mengintegrasikan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dengan menambahkan faktor ekonomi atau biaya ke dalam penilaian resiko (Braglia, 2000) dalam (Pradana M. R., 2024). FMEA merupakan suatu teknik analisis oleh suatu tim atau ahli untuk mengidentifikasi potential *failure mode* serta penyebabnya dalam proses manufaktur. Proses FMEA ini berperan dalam mengidentifikasi fungsi proses, identifikasi produk dan proses yang berpotensi mengalami *failure mode*, menganalisa efek yang timbul oleh kegagalan pada konsumen, identifikasi penyebab terjadinya kegagalan serta variabel – variabel dalam proses yang digunakan untuk mengurangi terjadinya kegagalan, identifikasi variabel-variabel dalam proses untuk mengontrol proses tersebut, memberikan ranking untuk setiap *failure mode*

dalam menentukan prioritas untuk melakukan *corrective action*, serta mendokumentasikan hasil. Metode MAFMA melakukan perhitungan dengan mengintegrasikan empat faktor pada FMEA yakni *chance of failure (Occurrence)*, *chance of non detection*, *Severity* dan *Expected Cost*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan kegagalan potensial dengan metode MAFMA didasarkan pada struktur AHP dengan kriteria *severity(S)*, *occurrence(O)*, *detectability(D)*, serta *expected cost*. Sebagai alternatif adalah faktor-faktor penyebab kegagalan (*causes*) yang teridentifikasi pada FMEA. Penentuan bobot kriteria dilakukan dengan *fuzzy pairwise comparisson*, demikian pula penentuan bobot

alternatif berdasarkan kriteria *expected cost*. Bobot alternatif berdasarkan kriteria lainnya ditentukan berdasarkan data hasil analisis dengan metode FMEA. Penentuan penyebab kegagalan potesial, yakni penentuan alternatif dengan bobot tertinggi dilakukan mengikuti prosedur perhitungan pada *fuzzy AHP*. Studi kasus dengan metode MAFMA dilakukan di CV. Tirta Indo Megah pada proses produksiair minum dalam kemasan cup 150 ml. Sebagai responden adalah kepala bagian produksi, dimana informasi dan kepakarannya akan digunakan sebagai data pada tabel pemobotan FMEA, matriks perbandingan berpasangan antar kriteria dan materiks perbandingan berpasangan antar alternatif berdasarkan kriteria *expected cost*.

Tabel 1. Pembobotan FMEA

Proses	Mode kegagalan	Efek potensial kegagalan	S	Potensi penyebab kegagalan	O	Pengendalian	D
Filling	Kurang isi	Merugikan konsumen karena air produk < 150 ml	9	Menurunnya performa mesin	5	Pengecekan pada mesin filling	4
Sealing	Lid Miring	Estetika pengemasan kurang baik	5	Posisi gulungan lid yang miring	7	Pengecekan dan perbaikan posisi lid	4
	Cup Bocor	Proses press lid kurang sempurna	6	Suhu Press	6	Pemeriksaan oleh operator	4
		Lid bisa meleleh	6	Material lid tidak sesuai standar	6		6
Packing	Cup Pecah	Hasil Produksi berkurang	5	Penumpukan pada ujung conveyor	5	Pengawasan secara langsung oleh kepala produksi	5
			5	Produk jatuh ke lantai	1		1
			8	Material cup tidak sesuai standar	1		8

(Sumber : Pengumpulan Data)

Potensial *failure of causes* dalam FMEA diambil sebagai alternatif dalam struktur hirarki yakni :

- Menurunnya perfoma mesin (*Causes 1*)
- Posisi gulungan lid miring (*Causes 2*)
- Suhu press (*Causes 3*)
- Material lid tidak sesuai standart (*Causes 4*)
- Penumpukan pada ujung conveyor (*Causes 5*)
- Produk jatuh ke lantai (*Causes 6*)
- Material cup tidak sesuai standar (*Causes 7*)

Sebagai kriteria adalah:

- *Severity*
- *Occurance*
- *Detection*
- *Expected Cost*

Hasil penilaian oleh responden untuk matriks perbandingan berpasangan antar kriteria dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3, sedangkan matriks perbandingan berpasangan antar alternatif berdasarkan kriteria *expected cost* dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5. Perhitungan bobot alternatif berdasarkan kriteria *severity*, *occurrence* dan *detection* dihitung berdasarkan nilai-nilai yang diperoleh pada Tabel FMEA.

Hasil penilaian responden untuk perbandingan berpasangan antar kriteria tersebut konsisten pada *Consistency Ratio (CR)* = 0.0125. Hasil penilaian tersebut diubah ke dalam bilangan fuzzy seperti terlihat pada Tabel 3. Setelah diolah lebih lanjut dan dilakukan

defuzzifikasi, diperoleh bobot kriteria sebagai berikut:

- *Severity*: 1
- *Occurrence*: 0.5197
- *Detection*: 0.6615

- *Expected Cost*: 0.2179

Tabel 4 menunjukkan hasil penilaian responden untuk perbandingan berpasangan antar alternative berdasarkan antar kriteria *expected cost*.

Tabel 2. Hasil Penilaian Responden Untuk Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria

<i>Kriteria</i>	<i>Severity</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Detection</i>	<i>Expected Cost</i>
<i>Severity</i>	1	4	3	1
<i>Occurrence</i>	1/4	1	1/2	1/3
<i>Detection</i>	1/3	2	1	1/2
<i>Expected Cost</i>	1	3	2	1

Tabel 3. Matriks Berpasangan Antar Kriteria Dalam Bilangan Fuzzy

<i>Kriteria</i>	<i>Severity</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Detection</i>	<i>Expected Cost</i>
<i>Severity</i>	(1,1,1)	(3/2, 2, 5/2)	(1, 3/2, 2)	(1,1,1)
<i>Occurrence</i>	(2/5, 1/2, 2/3)	(1,1,1)	(2/3, 1, 2)	(1/2, 2/3, 1)
<i>Detection</i>	(1/2, 2/3, 1)	(1/2, 1, 3/2)	(1,1,1)	(2/3, 1, 2)
<i>Expected Cost</i>	(1,1,1)	(1, 3/2, 2)	(1/2, 1, 3/2)	(1,1,1)

Tabel 4. Hasil Penilaian Responden Untuk Berpasangan Antar Alternatif Berdasarkan Kriteria *Expected Cost*

<i>Causes</i>	1	2	3	4	5	6	7
1	1	6	4	3	4	8	2
2	1/6	1	1/2	1/3	1	2	1/5
3	1/4	2	1	1/3	1	2	1/5
4	1/3	3	3	1	1/4	2	1/2
5	1/4	1	1	4	1	3	1/3
6	1/8	1/2	1/2	1/2	1/3	1	1/5
7	1/2	5	5	2	3	5	1

(Sumber: Pengolahan Data)

Hasil penilaian responden untuk perbandingan berpasangan antar kriteria tersebut konsisten pada *Consistency Ratio* (CR) = 0.086. Hasil penilaian tersebut diubah ke dalam bilangan fuzzy seperti terlihat pada Tabel 5.

Pengolahan data selanjutnya dilakukan dengan menghitung bobot alternatif untuk kriteria *expected cost* dengan logika *fuzzy* dan hasilnya adalah sebagai berikut:

- *Causes* 1: 1
- *Causes* 2: 0.4030

- *Causes* 3: 0.1575
- *Causes* 4: 0.3524
- *Causes* 5: 0.2873
- *Causes* 6: 0.1989
- *Causes* 7: 0.7606

Tabel 6 adalah hasil perhitungan *local priority* berdasarkan kriteria *severity*, *occurrence* dan *detection* yang scorenya diperoleh dari tabel FMEA. Berdasarkan hasil perhitungan bobot kriteria dan bobot alternatif untuk semua kriteria pada struktur AHP dilakukan perhitungan total *priority* untuk menentukan faktor penyebab potensial. Hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 7.

Dari perhitungan dengan metode MAFMA diperoleh hasil bahwa material cup tidak sesuai standar (*cause* 7) memiliki bobot tertinggi yakni 0.2086, dapat dilihat global priority pada Table 8. Material cup tidak sesuai dengan standar, yang dimaksud tidak sesuai standar disini yakni, cup tidak tahan panas dan tahan dingin, tidak *food grade*, tidak sesuai standar SNI, dan ketebalan cup tidak 0,3-0,5 mm.

Tabel 5. Matriks Berpasangan Alternatif Antar Kriteria *Expected Cost* Dalam Bilangan Fuzzy

<i>Causes</i>	1	2	3	4	5	6	7
1	(1, 1, 1)	(5/2, 3, 7/2)	(3/2, 2, 5/2)	(1, 3/2, 2)	(3/2, 2, 5/2)	(7/2, 4, 9/2)	(1/2, 1, 3/2)
2	(2/7, 1/3, 2/5)	(1,1,1)	(2/3, 1, 2)	(1/2, 2/3, 1)	(1,1,1)	(1/2, 1, 3/2)	(1/3, 2/5, 1/2)
3	(2/5, 1/2, 2/3)	(1/2, 1, 3/2)	(1,1,1)	(1/2, 2/3, 1)	(1,1,1)	(1/2, 1, 3/2)	(1/3, 2/5, 1/2)
4	(1/2, 2/3, 1)	(1, 3/2, 2)	(1, 3/2, 2)	(1,1,1)	(2/5, 1/2, 2/3)	(1/2, 1, 3/2)	(2/3, 1, 2)
5	(2/5, 1/2, 2/3)	(1,1,1)	(1,1,1)	(3/2, 2, 5/2)	(1,1,1)	(1, 3/2, 2)	(1/2, 2/3, 1)
6	(2/9, 1/4, 2/7)	(2/3, 1, 2)	(2/3, 1, 2)	(2/3, 1, 2)	(1/2, 2/3, 1)	(1,1,1)	(1/3, 2/5, 1/2)
7	(2/3, 1, 2)	(2, 5/2, 3)	(2, 5/2, 3)	(1/2, 1, 3/2)	(1, 3/2, 2)	(2, 5/3, 3)	(1,1,1)

(Sumber: Pengolahan Data)

Tabel 6. Perhitungan *Local Priority*

<i>Causes</i>	<i>Severity</i>	<i>Local Priority</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Local Priority</i>	<i>Detection</i>	<i>Local Priority</i>
1	9	0.195	5	0.161	4	0.129
2	5	0.108	7	0.225	4	0.129
3	6	0.130	6	0.193	1	0.032
4	6	0.130	6	0.193	6	0.193
5	5	0.108	5	0.161	5	0.161
6	5	0.108	1	0.032	1	0.032
7	10	0.217	1	0.032	10	0.322
Σ	46		31		31	

(Sumber: Pengolahan Data)

Tabel 7. Perhitungan *Total Priority*

Kriteria	<i>Causes</i>	Prioritas Kriteria	Prioritas Alternatif	Total prioritas
<i>Severity</i>	1	0.4076	0.195	0.0794
	2		0.108	0.0440
	3		0.130	0.0529
	4		0.130	0.0529
	5		0.108	0.0440
	6		0.108	0.0440
	7		0.217	0.0884
<i>Occurrence</i>	1	0.2118	0.161	0.0341
	2		0.225	0.0476
	3		0.193	0.0408
	4		0.193	0.0408
	5		0.161	0.0340
	6		0.032	0.0067
	7		0.032	0.0067
<i>Detection</i>	1	0.2696	0.129	0.0347
	2		0.129	0.0347
	3		0.032	0.0086
	4		0.193	0.0520
	5		0.161	0.0434
	6		0.032	0.0086
	7		0.322	0.0868
<i>Expected Cost</i>	1	0.1108	0.3165	0.0351
	2		0.1275	0.0141
	3		0.0498	0.0055
	4		0.1115	0.0124
	5		0.0909	0.0101
	6		0.0629	0.0070
	7		0.2407	0.0267

(Sumber: Pengolahan Data)

Tabel 8. *Global Priority*

<i>Causes</i>	<i>Total priority (Severity)</i>	<i>Total priority (Occurrence)</i>	<i>Total priority (Detection)</i>	<i>Total priority (Exc.cost)</i>	Global priority
Menurunnya performa mesin	0.0794	0.0341	0.0347	0.0351	0.1833
Posisi gulungan lid yang miring	0.0440	0.0476	0.0347	0.0141	0.1404
Suhu press	0.0529	0.0408	0.0086	0.0055	0.1078
Material lid tidak sesuai standar	0.0529	0.0408	0.0520	0.0124	0.1581
Penumpukan pada ujung conveyor	0.0440	0.0340	0.0434	0.0101	0.1315

<i>Causes</i>	<i>Total priority (Severity)</i>	<i>Total priority (Occurrence)</i>	<i>Total priority (Detection)</i>	<i>Total priority (Exc.cost)</i>	<i>Global priority</i>
Produk jatuh ke lantai	0.0440	0.0067	0.0086	0.0070	0.0663
Material cup tidak sesuai standar	0.0884	0.0067	0.0868	0.0267	0.2086

(Sumber: Pengolahan Data)

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari identifikasi yang telah dilakukan terdapat kegagalan potensial yang ditemukan pada proses produksi air mineral dalam kemasan cup 150 ml yakni:

- menurunnya performa mesin,
- posisi gulungan lid yang miring,
- suhu press, material lid tidak sesuai standar,
- penumpukan pada ujung conveyor,
- produk jatuh ke lantai,
- material cup tidak sesuai standar.

Berdasarkan analisis dan pengolahan data dengan menggunakan *Fuzzy AHP* dan *MAFMA* terhadap air mineral dalam kemasan cup 150 ml didapatkan hasil perhitungan dan perankingan dalam menentukan kegagalan potensial pada proses produksi air minum dalam kemasan cup 150 ml. Dari perhitungan tersebut ditemukan kegagalan material cup tidak sesuai dengan standar (*causes 7*) dan mempunyai nilai pembobotan pada metode *MAFMA* sebesar 0,2086. Pada kegagalan menurunnya performa mesin (*causes 1*) mempunyai nilai pembobotan pada metode *MAFMA* sebesar 0,1833. Pada kegagalan material lid tidak sesuai standar (*causes 4*) mempunyai nilai pembobotan pada metode *MAFMA* sebesar 0,1581. Pada kegagalan posisi gulungan lid yang miring (*causes 2*) mempunyai nilai pembobotan pada metode *MAFMA* sebesar 0,1404. Pada penumpukan pada ujung conveyor (*causes 5*) mempunyai nilai pembobotan pada metode *MAFMA* sebesar 0,1315. Pada kegagalan suhu press (*causes 3*) mempunyai nilai pembobotan pada metode *MAFMA* sebesar 0,1078. Pada kegagalan produk jatuh ke lantai (*causes 6*) mempunyai nilai pembobotan pada metode *MAFMA* sebesar 0,0663.

Rekomendasi perbaikan yang dapat diberikan untuk mengatasi kegagalan potensial pada Air Mineral Dalam Kemasan cup 150 ml dengan kegagalan paling tertinggi material cup tidak sesuai dengan standar yaitu:

- Wajibkan CoA (*Certificate of Analysis*) dari vendor COA, yakni dokumen resmi yang

menyatakan hasil pengujian terhadap suatu produk atau bahan

- Audit vendor berkala
- Lakukan Edukasi & *Training* vendor terkait spesifikasi cup
- Penyusunan SOP penerimaan material cup masuk
- Lakukan *Leakage Test & Drop Test* Secara Berkala.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, A. A. (2020). Penerapan Metode Fuzzy Analytical Hierarchy Process Terhadap Penilaian Kinerja Guru. *Jurnal Teknokratika*, 14(2). Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Sukabumi.
- Anam, R. K. (2024). Identifikasi Penyebab Kegagalan Potensial Pada Proses Produksi Menggunakan Analytical Hierarchy Process (AHP) Pada Metode Multi Attribute Failure Mode Analysis (MAFMA). *Skripsi*. Fakultas Teknologi Industri. Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- Assauri, S. (2019). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Bahari, D. R., Santoso, E., & Adinugroho, S. (2018). Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Guru Berprestasi Menggunakan Fuzzy-Analytic Hierarchy Process (F-AHP) (Studi Kasus: SMA Brawijaya Smart School). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(5), 2095–2101.
- Djauhari, T. (2022). Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Wali Kelas Berdasarkan Prestasi Guru Dengan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) Berbasis Web. *Jurnal Media Informatika Budidarma*.
- Hapiz A. (2017). Penerapan Logika Fuzzy Dengan Metode Tsukamoto Untuk Mengestimasi Curah Hujan. *Skripsi*. Matematika. Fakultas Sains Dan

- Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulan Malik Ibrahim Malang.
- Kristine P, S. I. (2015). Analisis Prioritas Penyebab Kegagalan Pada Proses Produksi Tube 811X Menggunakan Metode Multi Attribute Failure Mode Analysis (MAFMA) di PT.Bridgestone Tire Indonesia (BSIN). *Doctoral dissertation*. Politeknik STMI Jakarta.
- Nurbhawa, R. P., Putra, I K. G. D., Gunantara, N. (2017). Sistem Pendukung Keputusan Untuk Penentuan Lokasi BTS PT. Smartfren Menggunakan Metode Fuzzy-AHP. *Jurnal Teknologi Elektro*, 16(3). Universitas Udayana.
- Purnomo, M. R. A. (2018). Analisis Risiko Kegagalan Proses Menggunakan Fuzzy-AHP Failure Mode and Effect Analysis dan Kaizen Method (Studi Kasus: CV. Sogan Batik Rejodani).
- Salma, P. N. (2023). Perbaikan Kualitas Pada Proses Produksi *Screw cap steel* Menggunakan Metode Multi Attribute Failure Mode Analysis (MAFMA) Fault Tree Analysis (FTA) di PT. XYZ. *Tesis*. Magister Manajemen, Universitas Gajah Mada.
- Utama, D. N. (2017). *Sistem Penunjang Keputusan: Filosofi, Teori dan Implementasi*. Yogyakarta: Garudhawaca.
- Wahyuni, C. H. Rujianto. K. (2018). Pengendalian Kualitas Produk Dengan Menggunakan Metode SQC dan HRA guna Meningkatkan Hasil Produksi Tahu di IKM H. Musauwimin. *Jurnal prozima*, 2(1). Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.
- Windarti. T, Ibrahim. M (2017). Pengaruh Kualitas Produk dan Kualitas Pelayanan terhadap Kepuasan Konsumen Produk Donat Madu (Studi pada Konsumen CV. Donat Madu Cihanjuang-pekanbaru). *Jurnal Online Mahasiswa FISIP*, 4(2). Universitas Riau.
- Wulandari, R. E., Uyelindo, S. (2019). Penerapan Analytical Hierarchy Process (AHP) Dalam Perangkingan Bengkel Mobil Terbaik Di Kota Kupang Semlinda Juszandri Bulan. 5(5). Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer Uyelindo Kupang.
- Zain, B. R. A. (2024) yang berjudul Pengendalian Kualitas Air Minum dalam Kemasan menggunakan Metode PDCA, Fuzzy-ahp, dan FTA, Studi Kasus PT Narmada Awet Muda. *Doctoral dissertation*. Universitas Islam Indonesia.