

**INTEGRASI *TRIANGULAR NEUTROSOPHIC*
DELPHI-AHP UNTUK PENILAIAN RISIKO
PADA RANTAI PASOK DI INDUSTRI
MAKANAN HALAL INDONESIA**

Tesis



INTAN PUTRI PURNAMA NINGRUM

NIM. 20916010

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2022**

**INTEGRASI TRIANGULAR NEUTROSOPHIC DELPHI-AHP UNTUK
PENILAIAN RISIKO PADA RANTAI PASOK DI INDUSTRI
MAKANAN HALAL INDONESIA**

Tesis diajukan untuk memperoleh Gelar Magister Teknik pada
Program Pascasarjana Fakultas Teknologi Industri, Program Studi
Magister Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia

Diajukan Oleh:

INTAN PUTRI PURNAMA NINGRUM

20916010

**PROGRAM PASCASARJANA FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2022

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Dengan ini saya menyatakan penulisan tesis ini merupakan hasil karya saya sendiri. Dalam tesis ini tidak terdapat karya tulis yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu lembaga pendidikan manapun. Dalam tesis ini juga tidak terdapat karya tulis yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis telah dengan sengaja dimasukkan dalam naskah penelitian dan disebutkan dengan jelas dalam referensi. Apabila dikemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar maka saya sanggup menerima hukuman/sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Yogyakarta, 28 Oktober 2022



INTAN P.P.N.

Intan Putri Purnama Ningrum

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

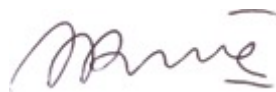
**INTEGRASI TRIANGULAR NEUTROSOPHIC DELPHI-AHP UNTUK
PENILAIAN RISIKO PADA RANTAI PASOK DI INDUSTRI
MAKANAN HALAL INDONESIA**

Tesis disusun oleh:
Intan Putri Purnama Ningrum
20916010

telah disetujui oleh :

Yogyakarta, 28 Oktober 2022

Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Elisa Kusrini, M.T.

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

INTEGRASI TRIANGULAR NEUTROSOPHIC DELPHI-AHP UNTUK PENILAIAN RISIKO PADA RANTAI PASOK DI INDUSTRI MAKANAN HALAL INDONESIA

Intan Putri Purnama Ningrum
20916010

Yogyakarta, 28 Oktober 2022

Tim Penguji

Dr. Ir. Elisa Kusriani, M.T.

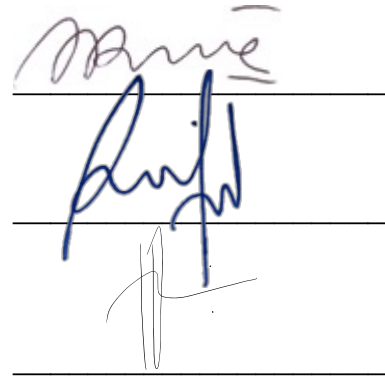
Ketua

Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc.,
Ph.D.

Anggota 1

Dr. Qurtubi, S.T., M.T.

Anggota 2



Mengetahui

Ketua Program Studi Magister Teknik Industri

Universitas Islam Indonesia



Winda Nur Cahyo, ST., M.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

Makanan halal telah menjadi salah satu industri makanan yang paling menjanjikan karena tingginya permintaan dari populasi Muslim yang tumbuh cepat. Penilaian risiko dalam rantai pasokan makanan halal sangat penting untuk melindungi hak pelanggan. Himpunan *neutrosophic* dapat menangani ketidakpastian, ketidaktepatan, inkonsistensi, dan ketidakjelasan. Integrasi himpunan neutrosophic dan metode Delphi-AHP diusulkan untuk menemukan risiko paling signifikan dalam rantai pasokan makanan halal dan menghilangkan kerugian yang disebabkan oleh metode konvensional. Sebuah studi cross-sectional dilakukan di industri makanan halal di Indonesia. Sebuah survei online melibatkan delapan ahli rantai pasokan makanan halal menggunakan kuesioner dua tahap untuk mendapatkan penilaian ahli. Tahap neutrosophic Delphi menggunakan seleksi kriteria ($d \geq 4,6875$ atau $C \geq 50\%$) dan 21 elemen risiko dipilih. AHP *neutrosophic* menilai peringkat di antara empat kelompok kriteria risiko, yaitu, Risiko terkait Perencanaan (PL), Risiko terkait pasokan (S), Risiko terkait produksi (P), Risiko terkait logistik (L).

Kata kunci: makanan halal, penilaian risiko, , himpunan Neutrosophic, Delphi-AHP.

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
DAFTAR ISI.....	V
DAFTAR GAMBAR.....	VI
DAFTAR TABEL	VII
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Lingkup dan Masalah Penelitian	3
1.4 Susunan Tesis	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penjelasan Singkat tentang Konsep Makanan Halal	5
2.2 Penilaian Risiko Rantai Pasokan Makanan Halal	6
2.3 Himpunan <i>Neutrosophic</i>	7
2.4 Penerapan Himpunan <i>Neutrosophic</i>	10
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	12
3.1 <i>Framework</i> Penelitian	12
3.2 Desain Penelitian dan Partisipan	13
3.3 Pengumpulan Data	13
3.4 Analisa Data	13
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	18
4.1. Karakteristik demografi para ahli	18
4.2. Elemen Risiko pada Rantai Pasok Makanan Halal	18
4.3. <i>Neutrosophic</i> Delphi untuk Elemen Risiko pada Rantai Pasok Makanan Halal	20
4.4. <i>Neutrosophic</i> AHP untuk Elemen Risiko pada Rantai Pasok Makanan Halal	23
4.5. Pembahasan	29
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	33
5.1. Kesimpulan.....	33
5.2. Saran	35
5.3. Kontribusi Penelitian	36
DAFTAR PUSTAKA	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Flowchart.....	12
Gambar 2. Konsep Pohon Hirarki AHP.....	16
Gambar 3. Pohon Hirarki Keputusan.....	24
Gambar 4. Diagram web perbandingan kriteria risiko.....	28

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Lingkup penelitian mendatang.....	6
Tabel 2. Perbedaan antara fuzzy klasik, fuzzy intuitionistik, dan neutrosophic.....	7
Tabel 3. Penerapan MCDM berbasis <i>neutrosophic</i> pada penelitian terdahulu.....	10
Tabel 4. Skala triangular neutrosophic Delphi untuk pembobotan signifikansi... ..	14
Table 5. Skala triangular neutrosophic Delphi untuk evaluasi.	15
Tabel 6. Skala neutrosophic.	16
Tabel 7. Profil para Ahli.....	18
Tabel 8. Elemen Risiko pada Rantai Pasok Makanan Halal.....	18
Tabel 9. Hasil penilaian ahli untuk elemen risiko dalam rantai pasokan makanan halal dalam bentuk linguistik.	21
Tabel 10. Hasil penilaian ahli untuk elemen risiko dalam rantai pasokan makanan halal dalam <i>crisp value</i>	22
Tabel 11. Hasil normalisasi.....	22
Table 12. The expert consensus result.	23
Tabel 13. Kriteria dan Subkriteria Risiko dalam proses Neutrosophic AHP dalam rantai pasok makanan Halal.	25
Tabel 14. Perbandingan berpasangan untuk kriteria risiko.....	26
Table 15. Crisp value untuk nilai kriteria risiko.	26
Table 16. Matriks keputusan.....	27
Tabel 17. Peringkat elemen risiko dalam rantai pasokan makanan halal.	28

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Makanan halal telah menjadi salah satu industri makanan yang paling menjanjikan karena tingginya permintaan dari populasi Muslim yang tumbuh cepat. Pasar makanan halal global mencapai nilai US\$ 1,9 triliun pada tahun 2020 dan diperkirakan akan tumbuh pada CAGR 11,3% selama tahun 2021 hingga 2026 (IMARC, 2020). Besarnya pasar makanan halal disebabkan oleh berbagai aspek seperti pertumbuhan populasi Muslim yang pesat, kesadaran akan makanan halal sebagai sumber makanan yang bersih dan higienis, serta akulturasi budaya Islam dengan budaya lain (Halawa, 2018; Kohilavani *et al.*, 2021; Lipka & Hackett, 2017). Konsumen makanan halal dari berbagai latar belakang memungkinkan produksi makanan halal mendapatkan perhatian lebih. Makanan halal adalah masalah holistik yang mencakup keamanan, keamanan, dan integritas pangan. Makanan halal juga harus mematuhi hukum Islam di sepanjang rantai pasokan karena pertimbangan religius (Ali *et al.*, 2017).

Serupa dengan sistem rantai pasokan reguler, rantai pasokan halal juga menghadapi risiko yang perlu dikelola (Khan *et al.*, 2020). Lebih lanjut, rantai pasok makanan halal memerlukan manajemen risiko yang lebih luas dibandingkan produk dari industri lain karena rentan terkontaminasi zat non-halal dan pelanggaran prosedur hukum halal (Tieman, 2017). Risiko dalam rantai pasokan makanan halal umumnya terkait dengan kontaminasi silang dari substansi haram karena kurangnya kontrol di sepanjang proses rantai pasokan (Busyra & Ardi, 2020; Soon *et al.*, 2017). Risiko yang muncul juga berasal dari kecurangan produsen seperti penanganan bahan yang salah, penggantian bahan, produk yang salah label, bahan haram yang diklaim halal untuk meningkatkan keuntungan yang merugikan konsumen (Ali & Suleiman, 2018; Fuseini *et al.*, 2017; Martuscelli *et al.*, 2020; Ramli *et al.*, 2017; Soon *et al.*, 2017). Oleh karena itu, jelas bahwa pengelolaan risiko di sepanjang rantai pasokan makanan halal menjadi semakin penting. Penilaian risiko dalam rantai pasokan makanan halal sangat penting untuk melindungi hak pelanggan atas integritas makanan halal.

Penilaian risiko adalah keseluruhan proses analisis risiko dan evaluasi risiko. Analisis risiko adalah proses yang melibatkan informasi yang tersedia untuk menentukan potensi risiko, sedangkan evaluasi risiko adalah proses memberikan penilaian atas risiko berdasarkan beberapa kriteria (Ilbahar *et al.*, 2018). Penilaian risiko membantu industri menyusun strategi untuk mengurangi potensi risiko dengan mengukur efek dari peristiwa tertentu. Ini telah banyak diterapkan di bidang ekonomi, asuransi, dan manufaktur (de Oliveira *et al.*, 2017). Dalam konteks rantai pasok, perusahaan yang gagal menilai risiko dengan segera akan menghadapi gangguan rantai pasok dan mempengaruhi kinerja perusahaan secara keseluruhan (Junaid *et al.*, 2020; Scheibe & Blackhurst, 2017). Dengan demikian, penilaian risiko dalam rantai pasokan makanan halal penting karena sifat kerentanannya, di mana satu gangguan akan mempengaruhi status halal keseluruhan produk jadi.

Multi-criteria decision making (MCDM) adalah metodologi formal dan terstruktur dengan baik untuk memutuskan masalah kehidupan nyata yang kompleks. Analytic Hierarchy Process (AHP) adalah metode yang terkenal untuk menangani pengambilan keputusan multi-kriteria pada domain kualitatif dan kuantitatif. Kekuatan AHP untuk menentukan prioritas di antara kriteria yang berbeda dapat ditingkatkan dengan menambahkan metode Delphi ke *framework*. Metode Delphi dapat mengurangi gangguan yang dihasilkan oleh konsensus kelompok (Abdel-Basset *et al.*, 2018). Fuzzy Delphi-AHP merupakan *framework* terintegrasi berdasarkan AHP klasik yang ampuh untuk menghilangkan ketidakjelasan dan ketidaktepatan penilaian subjektif dari pakar (Ilbahar *et al.*, 2018). Di bidang penilaian risiko, penelitian sebelumnya telah menggunakan fuzzy Delphi-AHP untuk memecahkan masalah (Ayyildiz & Gumus, 2021; Ding *et al.*, 2020; Khan *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2020). Namun, himpunan fuzzy hanya didasarkan pada derajat keanggotaan intuisionistik yang sifatnya tidak selalu konsisten (Abdel-Basset *et al.*, 2017). Di sisi lain, himpunan *neutrosophic* adalah konsep perluasan himpunan fuzzy intuitif dan dapat menangani ketidakpastian, ketidaktepatan, inkonsistensi, dan ketidakjelasan

menggunakan tiga komponen selain derajat keanggotaan, yaitu, *truth*, *indeterminacy*, dan *falsity* (Bolturk & Kahraman, 2018)

Dalam kehidupan nyata misalnya, ada sepuluh manajer yang memiliki suara tentang pembukaan cabang baru. Pada fuzzy intuitionistic, masalah hanya dapat dijelaskan sebagai berikut, 40% manajer setuju untuk membuka cabang baru dan 60% lainnya tidak setuju. Namun, dalam situasi nyata ada juga *abstain*. Himpunan *neutrosophic* dapat menangani situasi abu-abu. Oleh karena itu, situasi pemungutan suara dapat dijelaskan sebagai berikut, manajer 40% setuju dengan ide pembukaan, 20% tidak setuju, dan 40% *abstain*. Studi ini mengusulkan integrasi neutrosophic Delphi-AHP untuk menilai risiko dalam rantai pasokan makanan halal. Sejauh pengetahuan penulis, *framework* yang diusulkan ini adalah integrasi pertama dari Delphi-AHP dan *triangular neutrosophic* dalam manajemen risiko rantai pasokan Halal. Penelitian ini bertujuan untuk membantu manajer tingkat atas dan pemangku kepentingan industri makanan halal untuk membuat keputusan dan strategi untuk memitigasi risiko dalam rantai pasokan makanan halal.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah:

- (1) Melakukan tinjauan pustaka yang sistematis untuk mengidentifikasi elemen risiko dalam rantai pasokan makanan halal;
- (2) Konsolidasi elemen risiko yang teridentifikasi dengan profesional ahli dan akademisi menggunakan triangular neutrosophic Delphi; dan
- (3) Menganalisis elemen risiko yang terkonsolidasi menggunakan proses hierarki analitik berbasis *triangular neutrosophic* (neutrosophic AHP).

1.3 Lingkup dan Masalah Penelitian

Lingkup penelitian ini dibatasi pada elemen risiko rantai pasok makanan halal. Penelitian ini memiliki kendala-kendala tertentu yang dapat diatasi oleh penelitian-penelitian selanjutnya. Masalah pertama dari penelitian ini adalah penggunaan hanya penerbit bereputasi dari tahun 2016 hingga 2022. Mungkin ada lebih banyak penelitian dari tahun-tahun sebelumnya yang mungkin relevan tetapi tidak termasuk dalam tinjauan pustaka. Oleh karena itu, ada peluang untuk mengabaikan risiko lain yang terkait dengan rantai pasokan makanan

halal dari sumber lain. Masalah kedua adalah bahwa penelitian ini hanya berfokus pada area makanan halal dan memberikan strategi mitigasi terbatas pada manajemen rantai pasokan makanan halal, yang mungkin tidak sesuai dengan area yang berbeda dalam industri halal.

1.4 Susunan Tesis

Tesis ini disusun sebagai berikut. Bab 1 memberikan pengenalan singkat dari studi saat ini yang terdiri dari latar belakang, tujuan, dan kendala. Bab 2 membahas tinjauan literatur tentang konsep Halal, manajemen rantai pasokan Halal, dan Delphi-AHP *neutrosophic* terintegrasi, sementara Bab 3 menjelaskan metodologi yang diusulkan secara rinci. Bab 4 menilai risiko dalam rantai pasokan makanan halal di bawah metode yang diusulkan membahas hasil penilaian dan menawarkan mitigasi untuk risiko yang diprioritaskan. Bab 5 berisi kesimpulan penelitian.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penjelasan Singkat tentang Konsep Makanan Halal

Halal mengacu pada objek atau tindakan yang diperbolehkan untuk digunakan atau diambil sesuai dengan hukum Islam (Rejeb, 2018). Lawan dari halal adalah haram yang berarti dilarang atau terlarang, atau melanggar hukum. Gagasan halal dan haram didefinisikan dengan jelas dalam ajaran Islam, dan penting untuk memahami ruang lingkup konsep halal sebagai pedoman bagi umat Islam untuk membangun perilaku yang baik dan perbuatan yang benar (Soon *et al.*, 2017a). Al-Quran secara khusus menyebutkan pedoman makanan halal sebagai berikut:

“Diharamkan bagimu (memakan) bangkai, darah, daging babi, dan (daging) hewan yang disembelih bukan atas (nama) Allah, yang tercekik, yang dipukul, yang jatuh, yang ditanduk, dan yang diterkam binatang buas, kecuali yang sempat kamu sembelih.” (Al-Quran: Al-Maidah 5:3)

Dalam hal makanan, hukum Islam menunjukkan bahwa adalah wajib dan penting bagi umat Islam untuk mengonsumsi makanan halal dan menghindari kegiatan yang akan mengarah ke yang haram. Makanan halal harus sesuai dengan syariah dan berkualitas baik, sehat dan aman.

Menurut Quran surah Al-Baqarah ayat 168, umat Islam harus mengonsumsi makanan Halal (diperbolehkan) dan Tayyib (sehat). Tayyib mengacu bahwa produk halal harus sehat bersama, aman, bergizi, tidak beracun, tidak memabukkan, dan tidak berbahaya bagi kesehatan. Dalam praktik industri makanan halal, semua pemangku kepentingan dalam rantai pasokan Halal harus melibatkan aspek Toyyib yang mewujudkan perdagangan yang adil, taktik bisnis yang etis, peternakan yang manusiawi, keberlanjutan, dan tanggung jawab sosial perusahaan (Busyra & Ardi, 2020).

Beberapa penelitian telah memperluas konsep halal ke dalam manajemen rantai pasokan halal. Manajemen rantai pasok halal adalah manajemen rantai

pasok yang berorientasi pada pengelolaan aliran material, informasi, dan modal di bawah konsep Halal dan Tayyib dan memperluas proses hingga ke titik konsumsi (Khan *et al.*, 2018). Rantai pasokan makanan halal menekankan bahwa produk tersebut bersumber, diproses, diangkut, ditangani, dan dikirim di bawah peraturan Hukum Islam tanpa mentolerir kontak dan kontaminasi zat non-Halal (Khan *et al.*, 2019; Maman *et al.*, 2018).

2.2 Penilaian Risiko Rantai Pasokan Makanan Halal

Banyak penelitian mengenai manajemen risiko rantai pasokan daging halal telah dilakukan dalam enam tahun sebelumnya. Penelitian-penelitian sebelumnya telah memberikan ruang lingkup untuk penelitian masa depan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Ruang lingkup penelitian masa depan bertujuan untuk mengisi kesenjangan antara masalah dengan publikasi yang tersedia untuk mengatasi masalah tersebut.

Tabel 1. Lingkup penelitian mendatang.

Scope of future study	Reference
Ruang lingkup manajemen rantai pasokan halal yang berbeda (kosmetik, farmasi, pariwisata)	(Busyra & Ardi, 2020; Khan <i>et al.</i> , 2019; Khan <i>et al.</i> , 2020; Khan <i>et al.</i> , 2021; Olya & Al-ansi, 2018; Rishelin & Ardi, 2020; Vanany <i>et al.</i> , 2019, 2020)
Menerapkan metode MCDM tingkat lanjut (AHP, TOPSIS, DEA, Fuzzy)	(Khan <i>et al.</i> , 2019; Khan <i>et al.</i> , 2020; S. Khan <i>et al.</i> , 2021; Sarwar <i>et al.</i> , 2021; Vanany <i>et al.</i> , 2019; Wahyuni <i>et al.</i> , 2019)
Studi kasus untuk memvalidasi model	(Khan <i>et al.</i> , 2021b; Demirci <i>et al.</i> , 2016; Olya & Al-ansi, 2018; Tieman, 2017; Vanany <i>et al.</i> , 2019; Wahyuni <i>et al.</i> , 2019)
Pembuatan standar pengukuran/pengambilan keputusan mitigasi risiko	(Azmi <i>et al.</i> , 2021; Busyra & Ardi, 2020; Haleem <i>et al.</i> , 2020; Rishelin & Ardi, 2020; Shahdan <i>et al.</i> , 2016; Tieman, 2017)
Sebuah studi kasus di negara non-Muslim	(Khan <i>et al.</i> , 2021; Shahdan <i>et al.</i> , 2017)

Saran yang paling banyak diajukan adalah urgensi menyelidiki bidang manajemen rantai pasok halal lainnya seperti kosmetik, farmasi, dan pariwisata. Saran ini datang dari gagasan bahwa halal tidak terbatas pada makanan tetapi juga diilustrasikan sebagai konsep yang mempengaruhi kehidupan (Khan *et al.*, 2018). Saran selanjutnya adalah menggunakan metode MCDM lanjutan untuk menghilangkan bias (Khan *et al.*, 2021). Sebuah studi kasus dapat memperkaya literatur rantai pasokan risiko halal untuk memvalidasi model atau mengumpulkan wawasan lain tentang negara-negara non-Muslim. Apalagi produk halal saat ini dikonsumsi untuk motif yang lebih luas daripada sekedar alasan agama (Yousaf & Xiucheng, 2018). Terakhir, standarisasi dan pengukuran titik kritis halal sangat penting untuk diperiksa dalam studi masa depan untuk memberikan panduan yang jelas kepada para pelaku di sepanjang rantai pasokan untuk mengidentifikasi, menganalisis, mengevaluasi, dan mengurangi risiko tanpa kesulitan.

2.3 Himpunan *Neutrosophic*

Teori neutrosophic diusulkan untuk menghadapi ketidakpastian dan inkonsistensi dalam kondisi lingkungan ((Smarandache, 1998). Himpunan *neutrosophic* membantu peneliti mengatasi kesalahan penilaian pembuat keputusan (Abdel-Basset *et al.*, 2020). *Neutrosophic* dapat menyajikan pengetahuan, preferensi, dan penilaian pembuat keputusan lebih baik daripada himpunan fuzzy tradisional. Perbedaan antara himpunan fuzzy dan himpunan *neutrosophic* dijelaskan sebagai berikut (Tabel 2) (Abdel-Basset *et al.*, 2017):

Tabel 2. Perbedaan antara fuzzy klasik, fuzzy intuitionistik, dan *neutrosophic*.

Set	Lingkup
Fuzzy klasik	<ul style="list-style-type: none"> - Elemen himpunan fuzzy hanya memiliki derajat keanggotaan - Mewakili informasi yang tidak pasti dan tidak lengkap tentang masalah nyata melalui tingkat keanggotaan
Fuzzy intuitionistik	<ul style="list-style-type: none"> - Elemen himpunan fuzzy intuitif memiliki derajat keanggotaan dan non-keanggotaan - Kasus khusus dari fuzzy klasik

<i>Neutrosophic</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Generalisasi himpunan fuzzy klasik dan intuitif - Elemen himpunan <i>neutrosophic</i> memiliki derajat keanggotaan dan non-keanggotaan - Mewakili ketidakpastian, inkonsistensi, dan informasi yang tidak lengkap melalui tingkat keanggotaan, tingkat non-keanggotaan, kebenaran, ketidakpastian, dan kepalsuan
---------------------	--

2.3.1 Himpunan *triangular neutrosophic*

Let X be an object space with generic elements denoted by x . A truth-membership function characterizes a triangular neutrosophic $T_a(x)$, an indeterminacy-membership function $I_a(x)$, and a falsity-membership function $F_a(x)$. For each point x in ζ $T_a(x), I_a(x), F_a(x) \in [0,1]$. A triangular neutrosophic set can be written as (Wang *et al.*, 2011):

Misal X menjadi ruang objek dengan elemen generik di ζ dilambangkan dengan x . Fungsi *truth-membership* $T_a(x)$, fungsi *indeterminacy-membership* $I_a(x)$, dan fungsi *falsity-membership* $F_a(x)$. Untuk setiap titik x pada ζ $T_a(x), I_a(x), F_a(x) \in [0,1]$. *Triangular neutrosophic* dapat ditulis sebagai berikut (Wang *et al.*, 2011):

$$a = \{ \langle x: T_a(x), I_a(x), F_a(x) \rangle, x \in \zeta, \} \quad (1)$$

Bilangan *triangular neutrosophic* $\tilde{a} = \langle (a_1, b_1, c_1); T_a, I_a, F_a \rangle$ adalah himpunan spesial *neutrosophic* pada R yang memiliki *truth membership*, *indeterminacy-membership*, dan *falsity-membership* sebagai berikut (Broumi *et al.*, 2018):

$$T_a(x) = \begin{cases} \frac{(x - a_1)T_a}{(b_1 - a_1)}, & (a_1 \leq x \leq b_1) \\ T_a, & (x = b_1) \\ \frac{(c_1 - x)T_a}{(c_1 - b_1)}, & (b_1 \leq x \leq c_1) \\ 0, & \text{sebaliknya} \end{cases} \quad (2)$$

$$I_a(x) = \begin{cases} \frac{(b_1 - x + I_a(x - a_1))}{(b_1 - a_1)}, & (a_1 \leq x \leq b_1) \\ I_a, & (x = b_1) \\ \frac{(x - b_1 + I_a(c_1 - x))}{(c_1 - b_1)}, & (b_1 \leq x \leq c_1) \\ 1, & \text{sebaliknya} \end{cases} \quad (3)$$

$$F_a(x) = \begin{cases} \frac{(b_1 - x + F_a(x - a_1))}{(b_1 - a_1)}, & (a_1 \leq x \leq b_1) \\ F_a & (x = b_1) \\ \frac{(x - c_1 + F_a(c_1 - x))}{(c_1 - b_1)}, & (b_1 \leq x \leq c_1) \\ 1 & \text{sebaliknya} \end{cases} \quad (4)$$

dimana $0 \leq T_a \leq 1; 0 \leq I_a \leq 1; 0 \leq F_a \leq 1$ dan $0 \leq T_a + I_a + F_a \leq 3; a_1, b_1, c_1 \in \mathbb{R}$

Serupa dengan himpunan fuzzy lainnya, himpunan *triangular neutrosophic* memiliki operasi matematika sebagai berikut:

Jika $\widetilde{A}_1 = \langle (a_1, a_2, a_3); T_1, I_1, F_1 \rangle$ dan $\widetilde{A}_2 = \langle (b_1, b_2, b_3); T_2, I_2, F_2 \rangle$ adalah dua bilangan *triangular neutrosophic* maka operasi matematika dari dua bilangan tersebut adalah;

$$\widetilde{A}_1 \oplus \widetilde{A}_2 = \langle (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3); \min(T_1, T_2), \max(I_1, I_2), \max(F_1, F_2) \rangle \quad (5)$$

$$\widetilde{A}_1 \otimes \widetilde{A}_2 = \langle (a_1 \cdot b_1, a_2 \cdot b_2, a_3 \cdot b_3); \min(T_1, T_2), \max(I_1, I_2), \max(F_1, F_2) \rangle \quad (6)$$

$$\lambda \widetilde{A}_1 = \langle (\lambda a_1, \lambda a_2, \lambda a_3); \min(T_1, T_2), \max(I_1, I_2), \max(F_1, F_2) \rangle \quad (7)$$

Ada dua acara untuk mengubah matriks *neutrosophic* menjadi matriks crisp.

Jika $\widetilde{A}_1 = \langle (a_1, a_2, a_3); T_1, I_1, F_1 \rangle$ adalah sebuah bilangan *triangular neutrosophic* nilai tunggal maka nilai fungsi $s(\widetilde{A}_1)$ dan nilai akurasi fungsi $a(\widetilde{A}_1)$ pada cara pertama adalah sebagai berikut (Junaid *et al.*, 2020):

$$s(\widetilde{A}_1) = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} + (T_1 - I_1 - F_1) \quad (8)$$

$$a(\widetilde{A}_1) = \frac{1}{s(\widetilde{A}_1)} = \frac{1}{\frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} + (T_1 - I_1 - F_1)} \quad (9)$$

Nilai fungsi $s(\widetilde{A}_1)$ dan nilai akurasi fungsi $a(\widetilde{A}_1)$ pada cara kedua adalah sebagai berikut (Falcón *et al.*, 2020):

$$s(\widetilde{A}_1) = \frac{1}{8}(a_1 + a_2 + a_3)(2 + T_1 - I_1 - F_1) \quad (10)$$

$$a(\widetilde{A}_1) = \frac{1}{8}(a_1 + a_2 + a_3)(2 + T_1 - I_1 + F_1) \quad (11)$$

Ranking dari \widetilde{A}_1 dan \widetilde{A}_2 pada nilai fungsi dan nilai akurasi adalah sebagai berikut (Broumi *et al.*, 2018):

Jika $s(\widetilde{A}_1) < s(\widetilde{A}_2)$, maka $\widetilde{A}_1 < \widetilde{A}_2$

Jika $s(\widetilde{A}_1) = s(\widetilde{A}_2)$, dan jika;

$a(\widetilde{A}_1) < a(\widetilde{A}_2)$, maka $\widetilde{A}_1 < \widetilde{A}_2$

$a(\widetilde{A}_1) > a(\widetilde{A}_2)$, maka $\widetilde{A}_1 > \widetilde{A}_2$

$a(\widetilde{A}_1) = a(\widetilde{A}_2)$, maka $\widetilde{A}_1 = \widetilde{A}_2$

2.4 Penerapan Himpunan *Neutrosophic*

Neutrosofi adalah bidang filsafat baru yang mengeksplorasi asal-usul, sifat, dan tingkat netralitas, serta interaksinya dengan berbagai spektrum ideasional (Smarandache, 1998). Logika klasik, logika fuzzy, dan probabilitas tidak tepat semuanya ditentukan oleh neutrosophy, logika nilai ganda. Neutrosophy lebih mirip manusia karena menggambarkan ketidaktepatan pengetahuan atau kesalahan bahasa seperti yang ditentukan oleh banyak pengamat. Setiap peristiwa dalam teori *neutrosophic* memiliki tingkat kebenaran, kepalsuan, dan ketidakpastian, yang semuanya harus dianalisis secara terpisah satu sama lain. Realisme paradigma neutrosophic didukung oleh fenomena sosial yang terkenal seperti olahraga (win-tie-defeat) dan keadaan voting (ya-abstain-tidak) (Peng & Dai, 2020).

Beberapa algoritma MCDM mengusulkan perluasan set neutrosophic untuk menangani ketidakpastian, ketidaktepatan, ketidakjelasan, dan informasi tak tentu yang ada dalam sistem kepercayaan. Rangkuman algoritma MCDM berbasis *neutrosophic* ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Penerapan MCDM berbasis *neutrosophic* pada penelitian terdahulu.

Penulis	<i>Neutrosophic</i>	Metode MCDM	Lingkup	Tujuan
(Abdel-Basset <i>et al.</i> , 2018)	trapezoidal set	DEMATEL	<i>supply chain management</i>	seleksi <i>supplier</i>
(Abdel-Basset <i>et al.</i> , 2018)	triangular set	AHP-QFD	<i>supply chain management</i>	seleksi <i>supplier</i>
(Thong <i>et al.</i> , 2019) (Vafadarnikjoo <i>et al.</i> , 2018)	interval-valued set single-valued set	TOPSIS Delphi	Universitas Industri pembuatan sepeda	Evaluasi performa Identifikasi motivasi pelanggan

(Abdel-Basset, Mohamed, <i>et al.</i> , 2018)	trapezoidal set	Delphi-AHP	Penyedia sumber daya	seleksi <i>supplier</i>
(Bolturk & Kahraman, 2018)	interval-valued set	AHP	Energi terbarukan universitas	Seleksi alternatif energi
(Abdel-Basset <i>et al.</i> , 2017)	triangular set	AHP		Seleksi kandidat

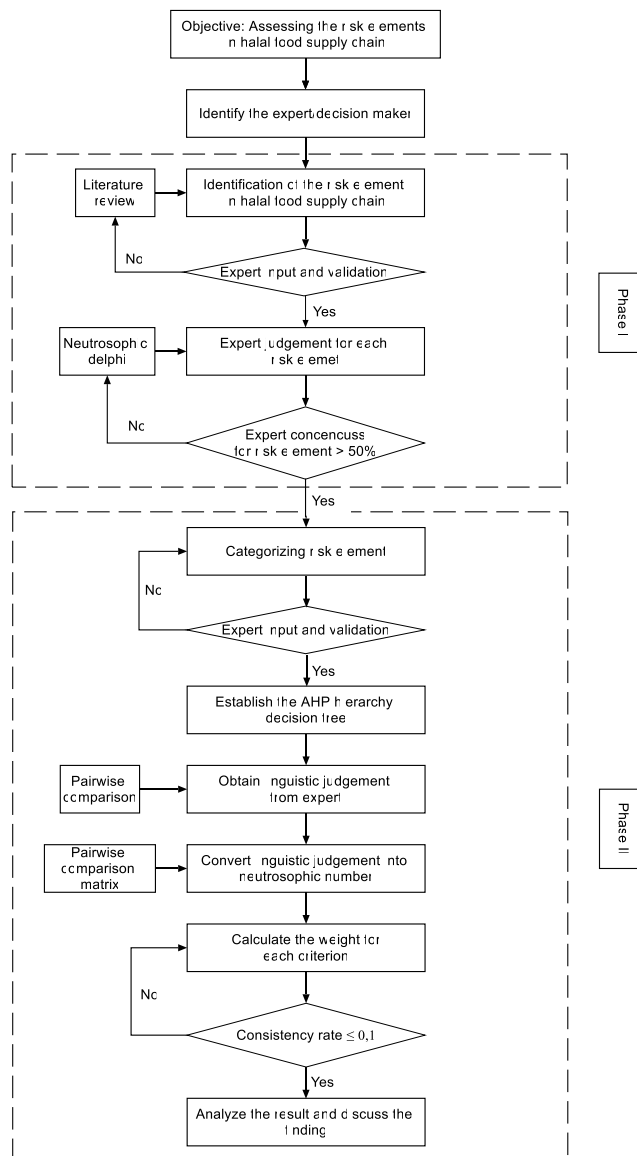
2.5 Kebaharuan Penelitian

Studi ini mengusulkan integrasi Delphi-AHP dan *triangular neutrosophic* sebagai kerangka kerja untuk menilai risiko dalam rantai pasokan makanan halal. Sepengetahuan penulis, kerangka kerja yang sama belum pernah diusulkan sebelumnya dan bidang penelitian juga baru dalam studi himpunan *neutrosophic*. Area penelitian yang diusulkan akan berkontribusi untuk menjawab kompatibilitas set neutrosophic di area yang lebih luas.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Framework Penelitian

Penelitian ini terdiri dari dua fase. Tahap 1 bertujuan untuk mengidentifikasi elemen risiko dalam rantai pasok makanan Halal dengan menggunakan metode triangular neutrosophic Delphi, sedangkan tahap 2 bertujuan untuk mendapatkan peringkat risiko dengan menggunakan metode triangular neutrosophic AHP dan mengusulkan rekomendasi mitigasi dari temuan tersebut. Kerangka penelitian diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart.*

3.2 Desain Penelitian dan Partisipan

Sebuah studi cross-sectional dilakukan dari Desember 2021 hingga Mei 2022 untuk menilai elemen risiko dalam rantai pasokan makanan halal. Objek penelitian ini adalah industri makanan halal di Indonesia yang merupakan negara berpenduduk muslim terbesar. Survei online dilakukan di antara para ahli rantai pasokan Halal dengan kriteria keahlian, yaitu, (i) harus memahami konsep Halal, (ii) memperoleh setidaknya gelar master dalam rantai pasokan atau domain terkait, dan (iii) memiliki pengalaman kerja untuk setidaknya lima tahun sebagai profesional (pemilik bisnis, sertifikasi, konsultan, atau pelatih) atau akademisi (dosen atau peneliti) di bidang rantai pasokan Halal.

3.3 Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan kuesioner dua tahap untuk mendapatkan penilaian ahli. Kuesioner dibagikan melalui e-mail kepada masing-masing ahli yang telah setuju untuk berpartisipasi. Kuesioner pertama dirancang berdasarkan kuesioner Delphi neutrosophic segitiga dan diberikan dalam bentuk google-form. Kuesioner terdiri dari beberapa kriteria yang perlu dinilai berdasarkan signifikansi mengganggu kinerja manajemen rantai pasokan makanan halal. Semua kriteria akan diukur menggunakan kuesioner tujuh skala, dengan nilai yang lebih tinggi menunjukkan signifikansi risiko yang lebih tinggi. Kuesioner juga menyediakan ruang bagi para ahli untuk mengekspresikan pendapat profesional mereka dan menetapkan nilai total untuk setiap konsep.

Kuesioner kedua dirancang berdasarkan prosedur AHP *neutrosophic* dan diberikan dalam bentuk file word. Kuesioner berisi perbandingan berpasangan antara setiap elemen risiko. Bentuk linguistik sembilan skala digunakan dari sama-sama penting sampai mutlak penting.

3.4 Analisa Data

Penelitian ini menggunakan analisis data dua langkah. Tahap pertama adalah metode *triangular neutrosophic* Delphi, sedangkan tahap kedua adalah metode *triangular neutrosophic* AHP.

3.4.1 *Triangular neutrosophic Delphi*

Metode Delphi neutrosifik adalah perpanjangan dari metode Delphi tradisional dengan kemampuan untuk mengurangi jumlah putaran survei dan mengubah penilaian ahli menjadi angka yang lebih tepat dan membantu mencontohkan informasi yang ambigu, bertentangan, dan tidak lengkap tentang dunia nyata dalam mendefinisikan berbagai alternatif (Abdel-Basset *et al.*, 2018). Prosedur *triangular neutrosophic Delphi* adalah sebagai berikut:

(1) Identifikasi kriteria/element penelitian

Identifikasi kriteria biasanya dimulai dengan melakukan tinjauan pustaka. Setelah daftar elemen disusun, ahli akan memberikan masukan dan memvalidasi hasilnya.

(2) Mengumpulkan pendapat kelompok ahli

Pendapat para ahli diperoleh sehubungan dengan masalah melalui survei kuesioner. Para ahli memberikan skor pada setiap elemen berdasarkan skala yang telah ditetapkan.

(3) Mengubah skor menjadi skala *triangular neutrosophic*

Tanggapan para ahli tersebut dikonversikan ke dalam skala *triangular neutrosophic* yang ditunjukkan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Skala *triangular neutrosophic Delphi* untuk pembobotan signifikansi.

Skala	Bentuk Linguistic	Skala Triangular Neutrosophic	<i>Crisp Value</i>
1	<i>Extremely unimportant (EU)</i>	$\langle (0,0,1);0.00,1.00,1.00 \rangle$	0.25
2	<i>Not very important (NVI)</i>	$\langle (0,1,3);0.17,0.85,0.83 \rangle$	1.075
3	<i>Not important (NI)</i>	$\langle (1,3,5);0.33,0.75,0.67 \rangle$	2.53125
4	<i>Medium (M)</i>	$\langle (3,5,7);0.50,0.50,0.50 \rangle$	4.6875
5	<i>Important (I)</i>	$\langle (5,7,9);0.67,0.25,0.33 \rangle$	7.21875
6	<i>Very important (VI)</i>	$\langle (7,9,10);0.83,0.15,0.17 \rangle$	9.2625
7	<i>Extremely important (EI)</i>	$\langle (9,10,10);1.00,0.00,0.00 \rangle$	10.875

Table 5. Skala *triangular neutrosophic* Delphi untuk evaluasi.

Skala	Bentuk Linguistic	Skala <i>Triangular neutrosophic</i>	<i>Crisp Value</i>
1	<i>Very low</i> (VL)	$\langle (0,0,1);0.00,1.00,1.00 \rangle$	0.25
2	<i>Medium low</i> (ML)	$\langle (0,1,3);0.17,0.85,0.83 \rangle$	1.075
3	<i>Low</i> (L)	$\langle (1,3,5);0.33,0.75,0.67 \rangle$	2.53125
4	<i>Medium</i> (M)	$\langle (3,5,7);0.50,0.50,0.50 \rangle$	4.6875
5	<i>High</i> (H)	$\langle (5,7,9);0.67,0.25,0.33 \rangle$	7.21875
6	<i>Medium high</i> (MH)	$\langle (7,9,10);0.83,0.15,0.17 \rangle$	9.2625
7	<i>Very high</i> (VH)	$\langle (9,10,10);1.00,0.00,0.00 \rangle$	10.875

(4) Ubah skala *triangular neutrosophic* Delphi menjadi *crisp value*

Crisp value diperoleh dengan menggunakan persamaan 10 untuk menghindari hasil negatif. *Crisp value* untuk setiap skala ditunjukkan pada Tabel 4-5.

(5) Normalisasi *crisp value*

Normalisasi dilakukan untuk menghindari bias perhitungan karena rentang data yang luas. Data dinormalisasi dengan membaginya dengan 10.875 yang merupakan *crisp value* yang dikaitkan dengan “*Very High*” dalam penelitian ini (Falcón *et al.*, 2020).

(6) Hitung indeks konsensus

Indeks konsensus d adalah nilai total setiap kriteria dari semua ahli setelah normalisasi.

(7) Hitung tingkat consensus

Tingkat konsensus C adalah persentase setiap kriteria yang berada di bawah ambang batas untuk ahli ke- i .

(8) Tetapkan nilai ambang batas dan pilih kriteria/element

Langkah terakhir dari *triangular neutrosophic* Delphi adalah pemilihan kriteria signifikan. Dengan demikian, untuk menentukan signifikansi faktor/kriteria berdasarkan keputusan kelompok ahli, penilaian ahli untuk setiap kriteria dibandingkan dengan nilai ambang batas. Logika di balik proses pemilihan kriteria adalah sebagai berikut:

jika $d \geq 4,6875$ yang merupakan *crisp value* terkait dengan “*Medium*”, maka kriteria i dipilih. Batas ambang medium digunakan ketika jumlah ahli di bawah 10.

dan,

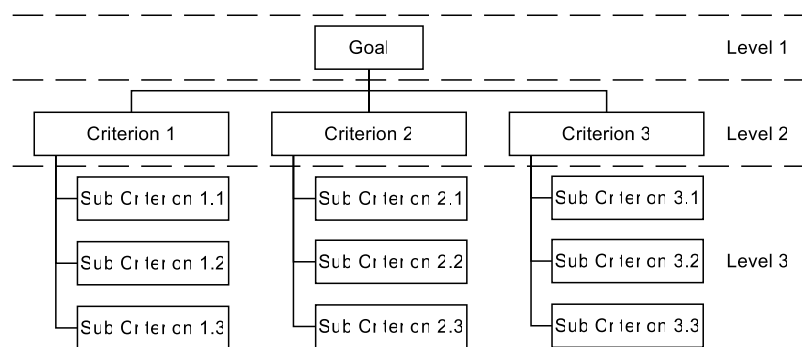
jika $C \geq 50\%$, maka kriteria i yang dipilih. $C \geq 50\%$ menunjukkan bahwa lebih dari separuh ahli memiliki pendapat yang sama terhadap kriteria tertentu (Abdel-Basset *et al.*, 2018).

3.4.2 Triangular neutrosophic AHP

Prosedur *triangular neutrosophic AHP* dirinci sebagai berikut (Abdel-Basset *et al.*, 2017; Junaid *et al.*, 2020):

(1) Menentukan tujuan

Langkah pertama AHP adalah menetapkan tujuan studi dan menentukan kriteria dan alternatif untuk proses keputusan hierarkis seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Konsep Pohon Hirarki AHP.

(2) Kembangkan matriks perbandingan berpasangan

Skala *neutrosophic* digunakan untuk mengembangkan matriks perbandingan berpasangan untuk setiap kriteria dan subkriteria. Skala *neutrosophic* ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Skala *neutrosophic*.

Saaty AHP	Bentuk Linguistik	Skala <i>Triangular neutrosophic</i>	<i>Crisp Value</i>
1	<i>Equally important</i>	$\langle (1,1,1);0.50,0.50,0.50 \rangle$	1
2	<i>Equally to slightly important</i>	$\langle (1,2,3);0.40,0.60,0.65 \rangle$	1.15
3	<i>Slightly important</i>	$\langle (2,3,4);0.30,0.75,0.70 \rangle$	1.85
4	<i>Slightly to strongly important</i>	$\langle (3,4,5);0.35,0.60,0.40 \rangle$	3.35
5	<i>Strongly important</i>	$\langle (4,5,6);0.80,0.15,0.20 \rangle$	5.45
6	<i>Strongly to very strongly important</i>	$\langle (5,6,7);0.70,0.25,0.30 \rangle$	6.15

7	<i>Very strongly important</i>	$\langle (6,7,8);0.90,0.10,0.10 \rangle$	7.70
8	<i>Very strongly to absolutely important</i>	$\langle (7,8,9);0.85,0.10,0.15 \rangle$	8.60
9	<i>Absolutely important</i>	$\langle (9,9,9);1.00,0.00,0.00 \rangle$	10

Data dalam bentuk linguistik diubah menjadi skala *triangular neutrosophic*.

- (3) Ubah matriks *neutrosophic* matrix menjadi matriks *crisp value*

Matriks perbandingan berpasangan harus diubah menjadi matriks *crisp value* menggunakan persamaan (8) dan (9). *Crisp value* untuk setiap skala ditunjukkan pada Tabel 6.

- (4) Hitung bobot untuk setiap kriteria

Hitung bobot untuk setiap kriteria dari matriks perbandingan berpasangan dengan membagi rata-rata baris untuk setiap kriteria dengan total rata-rata baris dari semua kriteria.

- (5) Validasi konsistensi

Konsistensi matriks berdasarkan penilaian ahli harus diperiksa dengan membagi indeks konsistensi (CI) dengan indeks acak (RI). Setelah itu, nilai yang diperoleh harus $\leq 0,1$.

- (6) Melakukan perankingan

Peringkat prioritas diperoleh dengan mengalikan bobot masing-masing kriteria dengan bobot agregat.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik demografi para ahli

Delapan ahli berpartisipasi dalam penelitian ini. Jumlah ahli yang berpartisipasi dapat diterima sesuai dengan persyaratan AHP (Saaty & Özdemir, 2014). Karakteristik para ahli yang berpartisipasi dalam penelitian ini dirinci pada Tabel 7.

Tabel 7. Profil para Ahli.

Ahli	Gelar Akademik	Keahlian	Pengalaman Kerja
1	Ph.D.	konsultant rantai pasok	12 tahun
2	Ph.D.	peneliti rantai pasok	20 tahun
3	M.Eng.Sc.	Akademisi	20 tahun
4	Ph.D.	Sertifikator halal	5 tahun
5	M.Sc.	Konsultan bisnis halal	10 tahun
6	MBA	Konsultan bisnis halal	7 tahun
7	MBA	Konsultan bisnis halal	7 tahun
8	M.Sc.	Konsultan bisnis halal	7 tahun

4.2. Elemen Risiko pada Rantai Pasok Makanan Halal

Studi ini menggunakan tinjauan pustaka untuk menyusun elemen risiko yang relevan sebagai panduan untuk pembentukan kuesioner berbasis Delphi. Risiko dari literatur sebelumnya terkait penilaian risiko rantai pasokan halal dari tahun 2016 hingga 2022 dikumpulkan dan kemudian divalidasi oleh para ahli. Tabel 8 memberikan elemen risiko awal untuk analisis lebih lanjut dari penelitian ini.

Tabel 8. Elemen Risiko pada Rantai Pasok Makanan Halal.

No	Elemen Risiko	Deskripsi singkat	Referensi
1.	Kurangnya komitmen manajerial untuk mengadopsi manajemen rantai pasokan halal	Komitmen manajerial yang tidak jelas untuk mengadopsi manajemen rantai pasokan halal	(Talib & Chin, 2018; Ahmad <i>et al.</i> , 2017; Khan <i>et al.</i> , 2021; Sarwar <i>et al.</i> , 2021)
2.	Kegagalan kebijakan dan prosedur	Kegagalan dalam merancang kebijakan dan prosedur yang melanggar konsep halal	(Ahmad <i>et al.</i> , 2017; Khan <i>et al.</i> , 2020)
3.	Program pelatihan halal yang tidak memadai	Kurikulum pelatihan yang tidak standar atau tidak relevan menyebabkan output peserta pelatihan yang tidak memenuhi syarat	(Hashim & Shariff, 2016; Kohilavani <i>et al.</i> , 2021)
4.	Peramalan permintaan yang buruk	Ketidaksesuaian yang signifikan antara perkiraan permintaan dan permintaan aktual	(Khan, <i>et al.</i> , 2020)

5.	Tidak tersedianya pemasok bersertifikat halal	Tidak tersedianya pemasok bersertifikat halal di pasaran	(Busyra & Ardi, 2020; Maman <i>et al.</i> , 2018)
6.	Penipuan oleh <i>supplier</i>	Pemasok yang memalsukan, mengklaim palsu, dan melakukan aktivitas penipuan lainnya untuk mendapatkan keuntungan dari pembeli	(Brooks <i>et al.</i> , 2021)
7.	Integritas halal rendah dari bahan baku	Status halal bahan baku yang tidak jelas dan tidak dapat dipercaya	(Haleem <i>et al.</i> , 2020; Khan <i>et al.</i> , 2019, 2021)
8.	Rendahnya pasokan bahan baku halal	Pasokan bahan baku halal tidak dapat memenuhi permintaan yang sebenarnya	(Khan <i>et al.</i> , 2021)
9.	Kenaikan biaya bahan baku	Kenaikan harga bahan baku halal yang akan mengganggu proses produksi	(Khan <i>et al.</i> , 2019; Soon <i>et al.</i> , 2017)
10.	Persyaratan halal tidak tercakup dalam kontrak	Kontrak persyaratan pemasok halal yang tidak jelas yang menyebabkan rendahnya kualitas bahan baku	(Tieman, 2017)
11.	Kegagalan mesin dan peralatan untuk memenuhi standar halal	Kegagalan terkait dengan mesin dan peralatan yang tidak layak yang menyebabkan pelanggaran prosedur halal	(Vanany <i>et al.</i> , 2019, 2020)
12.	Kurangnya tenaga kerja yang kompeten	Ketersediaan tenaga kerja yang kompeten lebih rendah dari kebutuhan	(Busyra & Ardi, 2020; Khan <i>et al.</i> , 2021)
13.	Fasilitas produksi halal yang tidak memadai	Fasilitas bersama produk halal dan non-halal	(Maman <i>et al.</i> , 2018; Wahyuni <i>et al.</i> , 2020)
14.	Kontaminasi silang selama proses produksi	Kontaminasi silang produk halal dengan kotoran atau bahan non-halal	(Mohamed <i>et al.</i> , 2020; Azmi <i>et al.</i> , 2020)
15.	Produk gagal karena produksi yang tidak sesuai	Kegagalan produksi yang disebabkan oleh prosedur proses produksi yang salah	(Vanany <i>et al.</i> , 2020)
16.	Salah penanganan dan salah pelabelan	Kesalahan penanganan dan kesalahan pelabelan produk non-halal yang menyebabkan kesalahan pemberian label pada produk halal	(Ali & Suleiman, 2016; Brooks <i>et al.</i> , 2021)
17.	Kontaminasi silang selama pergudangan	Kontaminasi silang dengan kotoran dan zat non-halal saat produk disimpan di gudang	(Khan <i>et al.</i> , 2020; Wahyuni <i>et al.</i> , 2019)
18.	Kontaminasi silang selama pengangkutan	Kontaminasi silang dengan kotoran dan zat non-halal saat produk diangkut	(Khan <i>et al.</i> , 2020)
19.	Fasilitas sharing produk halal dan non halal	Tidak ada pemisahan fasilitas antara produk halal dan non halal	(Haleem <i>et al.</i> , 2020; Khan <i>et al.</i> , 2019; Maman <i>et al.</i> , 2018)
20.	Kurangnya kontrol dan ketertelusuran status halal	Sistem kontrol yang buruk untuk melacak status kehalalan produk selama proses logistik	(Rishelin & Ardi, 2020)
21.	<i>Bullwhip effect</i>	Risiko fluktuasi permintaan produk Halal akibat bullwhip effect menyulitkan perusahaan produsen Halal untuk memperkirakan permintaan	(Khan <i>et al.</i> , 2019)
22.	<i>Stockout</i>	Tidak tersedianya produk halal untuk memenuhi permintaan pelanggan	(Wahyuni <i>et al.</i> , 2020)
23.	Tidak tersedianya produk halal untuk memenuhi permintaan pelanggan	Kesenjangan antara kualitas produk yang ditawarkan dengan kebutuhan pelanggan	(Brooks <i>et al.</i> , 2021)

4.3. *Neutrosophic* Delphi untuk Elemen Risiko pada Rantai Pasok Makanan Halal

Kuesioner putaran pertama untuk penelitian ini adalah kuesioner berbasis *neutrosophic* Delphi yang dibagikan kepada delapan ahli. Semua kuesioner yang dibagikan dikembalikan. Ini mewakili tingkat respons efektif 100%. Penilaian ahli diperoleh dalam bentuk linguistik dengan mengacu pada Tabel 4. Hasil penilaian ahli ditunjukkan pada Tabel 9-12. Tabel 9 menunjukkan penilaian ahli dalam bentuk linguistik. Tabel 10 menunjukkan nilai crisp setelah perhitungan menggunakan persamaan 10, yang diterapkan untuk menghindari nilai negatif. Tabel 11 merupakan hasil normalisasi dan penjumlahan nilai setiap elemen dari semua pakar. Kemudian dilakukan pemilihan kriteria ($d \geq 4.6875$ dan $C \geq 50\%$) dan menghasilkan indeks konsensus seperti yang ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 9. Hasil penilaian ahli untuk elemen risiko dalam rantai pasokan makanan halal dalam bentuk linguistik.

AHLI	ITEM																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	I	VI	EI	NI	I	I	EI	VI	VI	EI	VI	VI	VI	VI	VI	I	VI	VI	VI	I	VI	EU	VI
2	I	VI	M	EU	I	EI	EI	EI	EI	VI	NI	NI	I	M	I	VI	VI	VI	I	I	VI	EU	VI
3	EI	VI	I	M	I	EI	EI	EI	EI	EI	VI	EI	EI	EI	VI	I	I	I	EI	I	I	M	EI
4	EI	I	M	EU	EI	I	M	I	VI	EI	I	VI	VI	EI	VI	EI	VI	VI	EI	EI	M	VI	I
5	EI	VI	I	M	EI	I	I	I	I	EI	I	VI	VI	EI	VI	I	I	I	VI	I	VI	I	M
6	EI	VI	I	I	I	NI	VI	I	I	M	M	EI	I	EI	VI	I	I	I	EI	I	I	M	I
7	VI	VI	VI	M	I	M	I	M	I	VI	I	VI	VI	VI	I	VI	VI	VI	VI	I	VI	VI	VI
8	VI	VI	EI	I	EI	EI	I	I	VI	EI	NI	VI	I	EI	VI	I	VI	I	VI	I	VI	I	I

Tabel 10. Hasil penilaian ahli untuk elemen risiko dalam rantai pasokan makanan halal dalam *crisp value*

AHLI	ITEM																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	7.22	9.26	10.88	2.53	7.22	7.22	10.88	9.26	9.26	10.88	9.26	9.26	9.26	9.26	9.26	7.22	9.26	9.26	9.26	7.22	9.26	0.25	9.26
2	7.22	9.26	4.69	0.25	7.22	10.88	10.88	10.88	10.88	9.26	2.53	2.53	7.22	4.69	7.22	9.26	9.26	9.26	7.22	7.22	9.26	0.25	9.26
3	10.88	9.26	7.22	4.69	7.22	10.88	10.88	10.88	10.88	10.88	9.26	10.88	10.88	10.88	9.26	7.22	7.22	7.22	10.88	7.22	7.22	4.69	10.88
4	10.88	7.22	4.69	0.25	10.88	7.22	4.69	7.22	9.26	10.88	7.22	9.26	9.26	10.88	9.26	10.88	9.26	9.26	10.88	10.88	4.69	9.26	7.22
5	10.88	9.26	7.22	4.69	10.88	7.22	7.22	7.22	7.22	10.88	7.22	9.26	9.26	10.88	9.26	7.22	7.22	7.22	9.26	7.22	9.26	7.22	4.69
6	10.88	9.26	7.22	7.22	7.22	2.53	9.26	7.22	7.22	4.69	4.69	10.88	7.22	10.88	9.26	7.22	7.22	7.22	10.88	7.22	7.22	4.69	7.22
7	9.26	9.26	9.26	4.69	7.22	4.69	7.22	4.69	7.22	9.26	7.22	9.26	9.26	9.26	7.22	9.26	9.26	9.26	9.26	7.22	9.26	9.26	9.26
8	9.26	9.26	10.88	7.22	10.88	10.88	7.22	7.22	9.26	10.88	2.53	9.26	7.22	10.88	9.26	7.22	9.26	7.22	9.26	7.22	9.26	7.22	7.22

Tabel 11. Hasil normalisasi.

AHLI	ITEM																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	0.66	0.85	1.00	0.23	0.66	0.66	1.00	0.85	0.85	1.00	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.66	0.85	0.85	0.85	0.66	0.85	0.02	0.85
2	0.66	0.85	0.43	0.02	0.66	1.00	1.00	1.00	1.00	0.85	0.23	0.23	0.66	0.43	0.66	0.85	0.85	0.85	0.66	0.66	0.85	0.02	0.85
3	1.00	0.85	0.66	0.43	0.66	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.85	1.00	1.00	1.00	0.85	0.66	0.66	0.66	1.00	0.66	0.66	0.43	1.00
4	1.00	0.66	0.43	0.02	1.00	0.66	0.43	0.66	0.85	1.00	0.66	0.85	0.85	1.00	0.85	1.00	0.85	0.85	1.00	1.00	0.43	0.85	0.66
5	1.00	0.85	0.66	0.43	1.00	0.66	0.66	0.66	0.66	1.00	0.66	0.85	0.85	1.00	0.85	0.66	0.66	0.66	0.85	0.66	0.85	0.66	0.43
6	1.00	0.85	0.66	0.66	0.66	0.23	0.85	0.66	0.66	0.43	0.43	1.00	0.66	1.00	0.85	0.66	0.66	0.66	1.00	0.66	0.66	0.43	0.66
7	0.85	0.85	0.85	0.43	0.66	0.43	0.66	0.43	0.66	0.85	0.66	0.85	0.85	0.85	0.66	0.85	0.85	0.85	0.85	0.66	0.85	0.85	0.85
10	0.85	0.85	1.00	0.66	1.00	1.00	0.66	0.66	0.85	1.00	0.23	0.85	0.66	1.00	0.85	0.66	0.85	0.66	0.85	0.66	0.85	0.66	0.66
SUM	7.03	6.63	5.71	2.90	6.32	5.66	6.27	5.94	6.55	7.13	4.59	6.49	6.40	7.13	6.44	6.02	6.25	6.06	7.07	5.65	6.02	3.94	5.98

Table 12. The expert consensus result.

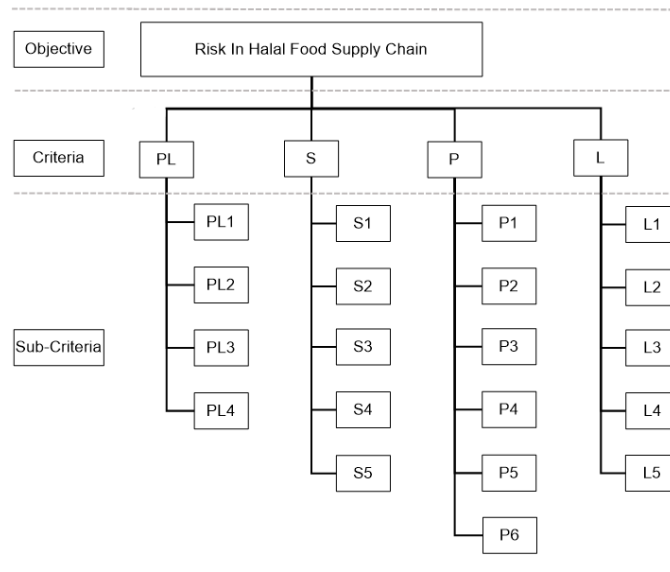
No	Elemen Risiko	Syarat <i>Neutrosophic</i>		Konsensus ahli
		<i>C</i>	<i>d</i>	
1	Kurangnya komitmen manajerial untuk mengadopsi manajemen rantai pasokan halal	100%	7.031034	Diterima
2	Kegagalan kebijakan dan prosedur	100%	6.625862	Diterima
3	Program pelatihan halal yang tidak memadai	100%	5.705172	Diterima
4	Peramalan permintaan yang buruk	38%	2.899425	Ditolak
5	Tidak tersedianya pemasok bersertifikat halal	100%	6.318966	Diterima
6	Penipuan oleh <i>supplier</i>	88%	5.655172	Diterima
7	Integritas halal rendah dari bahan baku	100%	6.274138	Diterima
8	Rendahnya pasokan bahan baku halal	100%	5.937931	Diterima
9	Kenaikan biaya bahan baku	100%	6.546552	Diterima
10	Kegagalan mesin dan peralatan untuk memenuhi standar halal	100%	7.134483	Diterima
11	Persyaratan halal tidak tercakup dalam kontrak	75%	4.591379	Ditolak
12	Kurangnya tenaga kerja yang kompeten	88%	6.491379	Diterima
13	Fasilitas produksi halal yang tidak memadai	100%	6.398276	Diterima
14	Kontaminasi silang selama proses produksi	100%	7.134483	Diterima
15	Produk gagal karena produksi yang tidak sesuai	100%	6.437931	Diterima
16	Salah penanganan dan salah pelabelan	100%	6.022414	Diterima
17	Kontaminasi silang selama pergudangan	100%	6.25	Diterima
18	Kontaminasi silang selama pengangkutan	100%	6.062069	Diterima
19	Fasilitas sharing produk halal dan non halal	100%	7.07069	Diterima
20	Kurangnya kontrol dan ketertelusuran status halal	100%	5.646552	Diterima
21	<i>Bullwhip effect</i>	100%	6.017241	Diterima
22	<i>Stockout</i>	75%	3.93908	Ditolak
23	Tidak tersedianya produk halal untuk memenuhi permintaan pelanggan	100%	5.977586	Diterima

Hasil perhitungan menunjukkan ada tiga eliminasi dari 23 kriteria yang diberikan. Kriteria yang dihapus berturut-turut adalah kriteria 4, 11, dan 22. Rasio efektif kuesioner putaran pertama adalah 88,88%, melebihi ambang batas 50%. Oleh karena itu, kuesioner Delphi putaran kedua tidak diperlukan dan tahap penelitian selanjutnya dapat dilaksanakan.

4.4. *Neutrosophic* AHP untuk Elemen Risiko pada Rantai Pasok Makanan Halal

Elemen risiko yang dipilih dalam rantai pasokan makanan halal didekomposisi ke dalam hierarki pohon keputusan yang diilustrasikan pada Gambar 3. Dalam hierarki ini, tingkat pertama (tingkat atas) mewakili tujuan

utama dari masalah keputusan dan tingkat menengah mewakili faktor (kategori risiko) dan sub-faktor (elemen risiko) yang mempengaruhi keputusan.



Gambar 3. Pohon Hirarki Keputusan untuk Elemen Risiko pada Rantai Pasok Makanan Halal.

Setiap elemen dikategorikan berdasarkan proses dalam manajemen rantai pasokan makanan halal. Kategorisasi tersebut telah melalui proses validasi dari para ahli. Ada empat kriteria sebagai berikut:

- (1) Risiko terkait perencanaan (PL): Risiko berada pada tingkat bisnis dan manajerial yang terkait dengan bagaimana perusahaan merencanakan dan mengatur bisnis Halal.
- (2) Risiko terkait pasokan (S): Risiko terkait dengan pemasok dan pasokan bahan baku.
- (3) Risiko terkait produksi (P): Risiko mencakup aktivitas produksi makanan halal.
- (4) Risiko terkait logistik (L): Risiko terkait dengan penyimpanan, pergudangan, dan pengangkutan produk dan bahan baku Halal.

Kategorisasi masing-masing elemen risiko pada subkriteria ditunjukkan pada Tabel 13.

Tabel 13. Kriteria dan Subkriteria Risiko dalam proses Neutrosophic AHP dalam rantai pasok makanan Halal.

Kriteria	Kode	Subkriteria	Kode
Risiko terkait perencanaan	PL	Kurangnya komitmen manajerial untuk mengadopsi manajemen rantai pasok makanan halal	PL1
		Kegagalan kebijakan dan prosedur	PL2
		Program pelatihan halal yang tidak memadai	PL3
		Kurangnya tenaga kerja yang kompeten	PL4
Risiko terkait pasokan	S	Tidak tersedianya pemasok bersertifikat halal	S1
		Penipuan oleh pemasok	S2
		Integritas kehalalan bahan baku yang rendah	S3
		Rendahnya pasokan bahan baku halal	S4
		Kenaikan biaya bahan baku	S5
Risiko terkait produksi	P	Kegagalan mesin dan peralatan untuk memenuhi standar halal	P1
		Tidak tersedianya produk halal untuk memenuhi permintaan pelanggan	P2
		Fasilitas produksi yang tidak memadai	P3
		Kontaminasi silang selama proses produksi	P4
		Produk gagal karena produksi yang tidak sesuai	P5
		Salah penanganan dan salah pelabelan	P6
Risiko terkait logistik	L	Kontaminasi silang selama proses pergudangan	L1
		Kontaminasi silang selama proses pengangkutan	L2
		Fasilitas bersama antara produk halal dan non-halal	L3
		Kurangnya control dan ketertelusuran status halal	L4
		<i>Bullwhip effect</i>	L5

Kuesioner putaran kedua untuk penelitian ini adalah kuesioner *neutrosophic* AHP yang dikembangkan berdasarkan hierarki pohon keputusan. Kuesioner dibagikan kepada delapan ahli yang sama dari tahap sebelumnya. Semua kuesioner yang dibagikan dikembalikan. Ini mewakili tingkat respons efektif 100%. Penilaian ahli diperoleh dalam bentuk linguistik terhadap Tabel 6 menggunakan perbandingan berpasangan untuk setiap kriteria dan subkriteria. Hasil penilaian ahli untuk tahap AHP disajikan pada Tabel 14-16. Perbandingan berpasangan untuk tingkat kriteria dalam bentuk skala *neutrosophic* AHP ditunjukkan pada Tabel 14. Tabel 15 menunjukkan *crisp value* setelah menerapkan persamaan 8 dan 9. Persamaan 8 dan 9 diterapkan untuk menghindari nilai negatif dan untuk mendapatkan tingkat konsistensi yang lebih baik. Tabel 16 merupakan perhitungan pembobotan untuk semua kriteria dan memperoleh peringkat kriteria risiko dalam rantai pasok makanan halal.

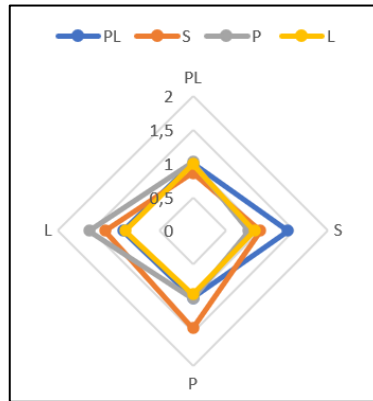
Expert 2	PL	1	1.15	1.15	1.15
	S	0.869565	1	1.15	1
	P	0.869565	0.869565	1	0.869565
	L	0.869565	1	1.15	1
Expert 3	PL	1	3.35	0.869565	0.869565
	S	0.298507	1	1	1
	P	1.15	1	1	1
	L	1.15	1	1	1
Expert 4	PL	1	1	1	1
	S	1	1	1	1
	P	1	1	1	1
	L	1	1	1	1
Expert 5	PL	1	1	1	1.15
	S	1	1	1.85	1
	P	1	0.540541	1	0.540541
	L	0.869565	1	1.85	1
Expert 6	PL	1	1.15	1.15	1.15
	S	0.869565	1	1	3.35
	P	0.869565	1	1	3.35
	L	0.869565	0.298507	0.298507	1
Expert 7	PL	1	0.869565	0.869565	0.869565
	S	1.15	1	3.35	1
	P	1.15	0.298507	1	3.35
	L	1.15	1	0.298507	1
Expert 8	PL	1	1.85	1	1.15
	S	0.540541	1	1	1
	P	1	1	1	1
	L	0.869565	1	1	1

Table 16. Matriks keputusan.

	PL	S	P	L	Row Avg	Weight	Rank
PL	1	1.404891	0.988587	1.026087	1.104891	0.256568	2
S	0.859772	1	1.4375	1.29375	1.147756	0.266522	1
P	1.023641	0.822272	1	1.532513	1.094607	0.25418	3
L	0.991033	0.912313	0.933323	1	0.959167	0.22273	4
cum					4.306421	1	

Validasi konsistensi memberikan hasil tingkat konsistensi untuk semua ahli 0,1. Oleh karena itu, perbandingan berpasangan untuk kriteria risiko dalam rantai pasokan makanan halal konsisten. Hasil pemeringkatan kriteria menunjukkan bahwa supply related risk (S) mendapatkan bobot tertinggi dan menjadi risiko paling signifikan dalam rantai pasokan makanan halal. Kriteria risiko paling signifikan kedua adalah risiko terkait perencanaan (PL) dan risiko terkait produksi (P) di peringkat ketiga. Risiko terkait logistik (L) berada di

posisi ke-4. Visualisasi dominasi kriteria risiko dalam rantai pasok makanan halal diilustrasikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram web perbandingan kriteria risiko.

Pemeringkatan subkriteria diperoleh dengan mengalikan bobot agregat dengan bobot subkriteria. Peringkat terakhir untuk elemen risiko dalam rantai pasokan makanan halal ditunjukkan pada Tabel 17.

Tabel 17. Peringkat elemen risiko.

Kriteria	Bobot Aggregate	Peringkat Aggregate	Subkriteria	Bobot	Peringkat Lokal	Bobot Global	Peringkat Global
PL	0,256568	3	PL 1	0,470901	1	0,120818223	1
			PL 2	0,267137	2	0,068538831	3
			PL 3	0,118947	4	0,030517964	16
			PL 4	0,143016	3	0,036693342	14
S	0,266522	2	S 1	0,241909	3	0,064474148	5
			S 2	0,173689	4	0,046291943	12
			S 3	0,256127	2	0,068263528	4
			S 4	0,261358	1	0,069657535	2
			S 5	0,066917	5	0,017834778	19
P	0,25418	4	P 1	0,184057	3	0,046783612	11
			P 2	0,239182	1	0,060795362	7
			P 3	0,160718	4	0,040851451	13
			P 4	0,211006	2	0,053633479	10
			P 5	0,110531	5	0,028094852	17
			P 6	0,094505	6x	0,024021404	18
L	0,22273	5	L 1	0,249486	2	0,05556784	8
			L 2	0,153803	4	0,03425655	15
			L 3	0,242541	3	0,054021048	9
			L 4	0,288467	1	0,064250105	6
			L 5	0,065703	5	0,014634004	20

Hasil subkriteria menunjukkan bahwa kurangnya komitmen manajerial untuk menerapkan manajemen rantai pasok Halal (PL1) merupakan risiko paling signifikan dalam rantai pasok makanan Halal dengan peringkat pertama. Rendahnya pasokan bahan baku halal (S4) menempati posisi kedua dengan risiko paling signifikan dalam rantai pasokan makanan halal. Kegagalan kebijakan dan prosedur (PL2) menempati urutan ketiga dari risiko paling signifikan dalam rantai pasokan makanan halal. Integritas kehalalan bahan baku yang rendah (S3) dan Tidak tersedianya pemasok bersertifikat halal (S1), masing-masing menempati urutan ke-4 dan ke-5 dari risiko paling signifikan dalam rantai pasokan makanan halal.

4.5. Pembahasan

Risiko terkait pasokan (S) adalah kriteria risiko paling signifikan dalam rantai pasokan makanan halal. Penyediaan bahan baku/bahan baku halal yang dapat diterima dari pemasok merupakan komponen penting dari rantai pasokan makanan halal karena gangguan apa pun dalam pasokan bahan baku ini dapat membahayakan rantai pasokan makanan halal (Ali & Suleiman, 2018). Sumber utama pencemaran pangan adalah variabel bahan baku seperti pencemaran lingkungan dan transportasi bahan baku. Sedangkan jika perusahaan membuat produk hewani atau produk yang berbasis kelautan, tumbuhan, mineral, dan bahan kimia, input pemasok harus berasal dari spesies halal, yang harus diizinkan oleh hukum syariah atau disahkan oleh badan yang berwenang di tempat suatu negara (Azmi *et al.*, 2020).

Ada lima elemen risiko di bawah risiko terkait pasokan, yaitu tidak tersedianya pemasok bersertifikat halal (S1), penipuan pemasok (S2), rendahnya integritas halal bahan baku (S3), dan rendahnya pasokan bahan baku halal (S4) dan kenaikan biaya bahan baku (S5). Rendahnya pasokan bahan baku halal (S4) adalah risiko paling signifikan di bawah risiko terkait pasokan. Ketidaktersediaan atau rendahnya pasokan bahan baku halal menyebabkan kegagalan manajemen rantai pasokan makanan halal secara keseluruhan karena ketidakmampuan untuk melakukan aktivitas selanjutnya dalam rantai pasokan makanan halal. Secara instan, tidak ada bahan baku halal sama dengan tidak ada produk halal. Integritas halal yang rendah dari bahan baku (S3) adalah risiko

paling signifikan kedua di bawah risiko terkait pasokan. Integritas kehalalan telah menjadi perhatian besar di antara produsen dan juga pelanggan karena ada banyak kasus klaim barang halal yang salah di pasar (Olya & Al-ansi, 2018). Kurangnya integritas halal dalam bahan baku menempatkan seluruh rantai pasokan halal dalam bahaya. Ketidaktersediaan pemasok bersertifikat halal (S1) menjadi risiko paling signifikan ketiga di bawah risiko terkait pasokan. Tidak tersedianya aditif halal adalah tantangan utama yang muncul dalam industri makanan halal (Khan *et al.*, 2021). Penipuan pemasok (S2) adalah risiko paling signifikan keempat di bawah risiko terkait pasokan. Banyaknya kasus penipuan pemasok dalam satu dekade menunjukkan bahwa pemasok mengganti bahan halal dengan non-halal karena alasan ekonomi (Soon *et al.*, 2017). Kenaikan biaya bahan baku (S5) adalah risiko yang paling tidak signifikan di bawah risiko terkait pasokan karena produsen secara alami akan mencoba melakukan trade-off antara biaya produk dan kualitas produknya (Khan *et al.*, 2021). Risiko terkait pasokan utama dalam rantai pasokan makanan halal dapat dipertahankan dengan menyediakan program pengembangan pemasok. Saran ini sejalan dengan rekomendasi dari penelitian sebelumnya (Khan *et al.*, 2021). Kolaborasi strategis dengan pemasok juga harus ditanggapi dengan serius untuk menjamin kehalalan bahan baku dan menyelaraskan tujuan pemasok dengan produsen. Organisasi juga dapat menerapkan sistem penghargaan untuk mendorong pemasok mematuhi prosedur halal mereka. Insentif ini dapat membantu mengatasi ketidakpastian pengadaan serta menurunkan risiko biaya pembelian (Khan *et al.*, 2019).

Risiko terkait perencanaan (PL) adalah kriteria risiko paling signifikan ketiga dalam rantai pasokan makanan halal. Langkah pertama dan terpenting dalam setiap kegiatan adalah perencanaan. Risiko terkait perencanaan memiliki dampak signifikan terhadap manajemen risiko dalam rantai pasokan makanan halal. Risiko yang terkait dengan dimensi ini akan mempengaruhi kegiatan rantai pasokan berikutnya, seperti pasokan, produksi, dan lainnya (Khan *et al.*, 2020). Perencanaan yang tidak efektif memiliki pengaruh yang signifikan dalam menyebabkan kegagalan dalam mengembangkan jaringan rantai pasokan yang kuat (Khan *et al.*, 2021). Ada empat sub-kriteria di bawah risiko terkait

perencanaan, yaitu kurangnya komitmen manajerial untuk mengadopsi manajemen rantai pasokan Halal (PL1), kegagalan kebijakan dan prosedur (PL2), program pelatihan Halal yang tidak memadai (PL3), kurangnya sumber daya manusia yang kompeten. (PL4). Kurangnya komitmen manajerial untuk mengadopsi manajemen rantai pasokan Halal (PL1) adalah risiko paling signifikan di bawah risiko terkait perencanaan juga risiko paling signifikan kedua secara global. Komitmen manajerial mencerminkan keseluruhan proses terkait Halal di dalam organisasi (Azmi *et al.*, 2020). Kurangnya komitmen manajerial untuk mengadopsi manajemen rantai pasokan Halal akan mempengaruhi integritas manajemen rantai pasokan Halal. Komitmen manajemen untuk mengadopsi manajemen rantai pasokan Halal dapat ditingkatkan dengan mengembangkan kesadaran tentang modal pasar industri makanan halal dan implikasi sosial dari konsumsi produk halal (Khan *et al.*, 2020). Kegagalan kebijakan dan prosedur (PL2) adalah risiko paling signifikan kedua di bawah risiko terkait perencanaan juga risiko paling signifikan kelima secara global. Kegagalan kebijakan halal yang terjadi di manajemen tingkat atas akan menyebabkan kegagalan krusial di seluruh organisasi. Kegagalan dalam menetapkan kebijakan yang kuat dapat menyebabkan ketidakmampuan untuk mengontrol seluruh proses dalam organisasi. Kegagalan kebijakan dan prosedur dapat dikelola oleh informasi kolektif dan program pelatihan oleh ahli halal untuk meningkatkan pemahaman konsep halal di antara para eksekutif (Khan *et al.*, 2020). Kurangnya sumber daya manusia yang kompeten (PL4) adalah risiko paling signifikan ketiga di bawah risiko terkait perencanaan. Dalam industri makanan halal, tenaga kerja yang kompeten memainkan peran besar dalam seluruh proses rantai pasokan. Karyawan yang kompeten dapat memastikan seluruh proses mengikuti konsep Halal (Azmi *et al.*, 2020). Pelatihan dan pendidikan Halal secara berkala akan menjadi praktik terbaik untuk mengelola risiko terkait kurangnya sumber daya manusia yang kompeten.

Risiko terkait produksi dan risiko terkait logistik adalah risiko peringkat keempat dan kelima dalam rantai pasokan makanan halal. Hasil ini berbeda dengan penelitian sebelumnya (Khan *et al.*, 2021). Tenaga ahli tersebut sebagian besar berasal dari bidang pendidikan dan konsultan yang biasanya menangani

aspek manajerial dalam industri halal. Oleh karena itu, kecenderungan untuk memberikan bobot yang lebih besar pada risiko manajerial akan lebih besar dibandingkan dengan risiko terkait praktis. Namun, risiko di area produksi dan logistik tidak bisa diabaikan. Kegagalan dalam proses produksi dan logistik akan menyebabkan seluruh prosedur Halal dalam bahaya. Fasilitas dan mesin khusus untuk bahan dan produk Halal membantu mengurangi risiko di area produksi dan logistik. Rekomendasi ini juga diajukan oleh penelitian sebelumnya (Khan *et al.*, 2021, Sarwar *et al.*, 2021) .

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Halal mengacu pada objek atau tindakan yang diizinkan untuk digunakan atau diambil menurut hukum Islam. Makanan halal telah menjadi salah satu industri makanan yang paling menjanjikan karena tingginya permintaan dari populasi Muslim yang tumbuh cepat. Serupa dengan sistem rantai pasok reguler, rantai pasok halal juga menghadapi risiko yang perlu dikelola. Penilaian risiko membantu industri menyusun strategi untuk mengurangi potensi risiko dengan mengukur efek dari peristiwa tertentu. *Multi-criteria decision making* (MCDM) adalah metodologi formal dan terstruktur dengan baik untuk memutuskan masalah kehidupan nyata yang kompleks. Analytic Hierarchy Process (AHP) adalah metode yang terkenal untuk menangani pengambilan keputusan multi-kriteria untuk domain kualitatif dan kuantitatif. Kekuatan AHP untuk menentukan prioritas di antara kriteria yang berbeda ditingkatkan dengan menambahkan metode Delphi ke kerangka kerja. Himpunan *neutrosophic* adalah konsep yang diperluas dari himpunan fuzzy intuisisionistik dan dapat menangani ketidakpastian, ketidaktepatan, ketidakkonsistenan, dan ketidakjelasan menggunakan tiga komponen selain derajat keanggotaan, yaitu *truth*, *indeterminacy* dan *falsity*. Integrasi *neutrosophic* dan metode Delphi-AHP akan membantu menemukan risiko paling signifikan dalam rantai pasokan makanan halal dan menghilangkan kerugian yang disebabkan oleh metode konvensional. Studi ini mengusulkan integrasi *neutrosophic* Delphi-AHP untuk menilai risiko dalam rantai pasokan makanan halal.

Penelitian ini terdiri dari dua fase. Tahap 1 bertujuan untuk mengidentifikasi elemen risiko dalam rantai pasok makanan Halal dengan menggunakan metode *triangular neutrosophic* Delphi, sedangkan tahap 2 bertujuan untuk mendapatkan peringkat risiko dengan menggunakan metode *triangular neutrosophic* AHP dan mengusulkan rekomendasi mitigasi dari temuan tersebut. Delapan ahli Halal berpartisipasi dalam memberikan penilaian untuk menemukan risiko paling signifikan dalam rantai pasokan makanan halal.

Hasil tahap *neutrosophic* Delphi menunjukkan terdapat tiga eliminasi dari 23 kriteria yang diberikan. Kriteria yang dihapus berturut-turut adalah kriteria 4, 11, dan 22. Rasio efektif kuesioner putaran pertama adalah 88,88%, melebihi ambang batas 50%. Oleh karena itu, kuesioner Delphi putaran kedua tidak diperlukan dan tahap penelitian selanjutnya dapat dilaksanakan. Elemen-elemen yang dipilih dikategorikan berdasarkan proses dalam manajemen rantai pasokan makanan halal. Kategorisasi tersebut telah melalui proses validasi dari para ahli. Ada empat kriteria sebagai berikut:

- (1) Risiko terkait perencanaan (PL): Risiko berada pada tingkat bisnis dan manajerial yang terkait dengan bagaimana perusahaan merencanakan dan mengatur bisnis Halal.
- (2) Risiko terkait pasokan (S): Risiko terkait dengan pemasok dan pasokan bahan baku.
- (3) Risiko terkait produksi (P): Risiko mencakup aktivitas produksi makanan halal.
- (4) Risiko terkait logistik (L): Risiko terkait dengan penyimpanan, pergudangan, dan pengangkutan produk dan bahan baku Halal.

Hasil pemeringkatan kriteria menunjukkan bahwa supply related risk (S) mendapatkan bobot tertinggi dan menjadi risiko paling signifikan dalam rantai pasokan makanan halal. Kriteria risiko paling signifikan kedua adalah risiko terkait perencanaan (PL) dan risiko terkait produksi (P) di peringkat ketiga. Risiko terkait logistik (L) berada di posisi ke-4.

Hasil subkriteria menunjukkan bahwa kurangnya komitmen manajerial untuk menerapkan manajemen rantai pasok Halal (PL1) merupakan risiko paling signifikan dalam rantai pasok makanan Halal dengan peringkat pertama. Rendahnya pasokan bahan baku halal (S4) menempati posisi kedua dengan risiko paling signifikan dalam rantai pasokan makanan halal. Kegagalan kebijakan dan prosedur (PL2) menempati urutan ketiga dari risiko paling signifikan dalam rantai pasokan makanan halal. Integritas kehalalan bahan baku yang rendah (S3) dan Tidak tersedianya pemasok bersertifikat halal (S1), masing-masing menempati urutan ke-4 dan ke-5 dari risiko paling signifikan dalam rantai pasokan makanan halal.

Strategi yang diusulkan untuk mengelola risiko dalam rantai pasokan makanan halal adalah sebagai berikut:

- (1) Risiko utama terkait pasokan dalam rantai pasokan makanan halal dapat dipertahankan dengan menyediakan program pengembangan pemasok. Kolaborasi strategis dengan pemasok juga harus ditanggapi dengan serius untuk menjamin kehalalan bahan baku dan menyelaraskan tujuan pemasok dengan produsen. Organisasi juga dapat menerapkan sistem penghargaan untuk mendorong pemasok mematuhi prosedur halal mereka. Insentif ini dapat membantu mengatasi ketidakpastian pengadaan serta menurunkan risiko biaya pembelian
- (2) Komitmen manajemen untuk menerapkan manajemen rantai pasokan Halal dapat ditingkatkan dengan mengembangkan kesadaran kapitalisasi pasar industri makanan halal dan implikasi sosial dari konsumsi produk halal. Kegagalan kebijakan dan prosedur dapat dikelola oleh informasi kolektif dan program pelatihan oleh ahli Halal untuk meningkatkan pemahaman konsep Halal di antara para eksekutif. Pelatihan dan pendidikan Halal secara berkala akan menjadi praktik terbaik untuk mengelola risiko terkait kurangnya sumber daya manusia yang kompeten.
- (3) Fasilitas dan mesin khusus untuk bahan dan produk Halal membantu mengurangi risiko di area produksi dan logistik.

5.2. Saran

Studi ini menyarankan beberapa hal untuk perkembangan penelitian masa depan dalam lingkup industry halal dan penerapan neutrosophic sebagai berikut:

1. Mempersilahkan para ahli memasukkan nilai *neutrosophic* sendiri. Penelitian ini menggunakan nilai *neutrosophic* dari literatur sebelumnya. Penggunaan nilai *neutrosophic* masukan pakar akan membantu memberikan perbandingan metode mana yang akan memberikan hasil yang lebih baik.
2. Menggunakan pembobotan nilai pada masing-masing ahli sesuai dengan tingkat pendidikan dan masa kerja. Perbedaan tingkat Pendidikan dan masa kerja bisa jadi memberikan pengaruh pada

penilaian ahli. Untuk itu pemberian bobot penilaian akan meminimalisir bias yang mungkin terjadi selama penilaian.

3. Memperluas hasil dari penelitian pada *cognitive map* sehingga bisa didapat hasil yang lebih memberikan kontribusi nyata pada industri makanan halal.

5.3. Kontribusi Penelitian

Penelitian ini memberikan dua implikasi sebagai berikut:

(1) Kontribusi teoritis

Penelitian ini memperluas wilayah literatur dalam dua arah. Yang pertama adalah mengusulkan kombinasi baru Delphi-AHP dan *triangular neutrosophic*. Kombinasi ini belum pernah diusulkan sebelumnya. Oleh karena itu, kerangka baru yang diusulkan akan memperkaya literatur di bidang *neutrosophic*. Kontribusi kedua di bidang teoritis adalah untuk memperluas penerapan *neutrosophic* dalam manajemen risiko makanan halal. Aplikasi ini belum pernah dibahas sebelumnya. Oleh karena itu, penelitian ini berkontribusi untuk memperluas penerapan konsep *neutrosophic* di area yang lebih luas.

(2) Kontribusi manajerial

Penelitian ini memberikan kontribusi untuk membantu manajer tingkat atas dan pemangku kepentingan di industri makanan halal mengidentifikasi elemen risiko dalam aplikasi kehidupan nyata bisnis makanan halal dan merumuskan strategi untuk memitigasi risiko di industri makanan halal.

DAFTAR PUSTAKA

- Ab Talib, M. S., & Ai Chin, T. (2018). Halal food standard implementation: are Malaysian firms proactive or reactive? *British Food Journal*, 120(6), 1330–1343.
- Abdel-Basset, M., Manogaran, G., Gamal, A., & Smarandache, F. (2018). A hybrid approach of neutrosophic sets and DEMATEL method for developing supplier selection criteria. *Design Automation for Embedded Systems*, 22, 257–278.
- Abdel-Basset, M., Manogaran, G., Mohamed, M., & Chilamkurti, N. (2018). Three-way decisions based on neutrosophic sets and AHP-QFD framework for supplier selection problem. *Future Generation Computer Systems*, 89(June), 19–30.
- Abdel-Basset, M., Mohamed, M., Mai, Arun, M., & Sangaiah, K. (2018). *Neutrosophic AHP-Delphi Group decision making model based on trapezoidal neutrosophic numbers*. 9, 1427–1443.
- Abdel-Basset, M., Mohamed, M., Zhou, Y., & Hezam, I. (2017). Multi-criteria group decision making based on neutrosophic analytic hierarchy process. *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems*, 33(6), 4055–4066.
- Abdel-Basset, M., Nabeeh, N. A., El-Ghareeb, H. A., & Aboelfetouh, A. (2020). Utilising neutrosophic theory to solve transition difficulties of IoT-based enterprises. *Enterprise Information Systems*, 14(9–10), 1304–1324.
- Ahmad, A. N., Abdul Rahman, R., Othman, M., & Ungku Zainal Abidin, U. F. (2017). Critical success factors affecting the implementation of halal food management systems: Perspective of halal executives, consultants and auditors. *Food Control*, 74, 70–78.
- Ali, M. H., & Suleiman, N. (2016). Sustainable food production: Insights of Malaysian halal small and medium sized enterprises. *International Journal of Production Economics*, 181, 303–314.
- Ali, M. H., & Suleiman, N. (2018). Eleven shades of food integrity: A halal supply chain perspective. *Trends in Food Science and Technology*, 71, 216–224.
- Ali, M. H., Tan, K. H., & Ismail, M. D. (2017). A supply chain integrity framework for halal food. *British Food Journal*, 119(1), 20–38.
- Ayyildiz, E., & Taskin Gumus, A. (2021). Pythagorean fuzzy AHP based risk assessment methodology for hazardous material transportation: an application in Istanbul. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(27), 35798–35810.
- Azmi, F. R., Musa, H., Chew, B. C., & Jagiripu, I. P. (2021). Supply risk management: A case study of halal food industry in Malaysia. *Uncertain Supply Chain Management*, 9(2), 501–512.
- Bolturk, E., & Kahraman, C. (2018). A novel interval-valued neutrosophic AHP with cosine similarity measure. *Soft Computing*, 22(15), 4941–4958.

- Brooks, C., Parr, L., Smith, J. M., Buchanan, D., Snioch, D., & Hebishy, E. (2021). A review of food fraud and food authenticity across the food supply chain, with an examination of the impact of the COVID-19 pandemic and Brexit on food industry. *Food Control*, *130*(April), 108171.
- Broumi, S., Bakali, A., Talea, M., Smarandache, F., Uluçay, V., Sahin, M., Dey, A., Dhar, M., Tan, R.-P., Bahnasse, A., & Pramanik, S. (2018). Neutrosophic Sets: An Overview. *New Trends in Neutrosophic Theory and Applications*, *II*(April), 32.
- Busyra, S. H.I., & Ardi, R. (2020). Risk analysis of upstream halal supply chain in meat industry in indonesia using DEMATEL-based ANP. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2020-Decem*, 706–710.
- Busyra, S. H. I., & Ardi, R. (2020). A preliminary findings of risk categories in Halal supply chain in Indonesia: upstream level of meat industry. *ACM International Conference Proceeding Series*, 260–265.
- de Oliveira, U. R., Marins, F. A. S., Rocha, H. M., & Salomon, V. A. P. (2017). The ISO 31000 standard in supply chain risk management. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 151, pp. 616–633).
- Ding, G., Xin, L., Guo, Q., Wei, Y., Li, M., & Liu, X. (2020). Environmental risk assessment approaches for industry park and their applications. *Resources, Conservation and Recycling*, *159*, 104844.
- Falcón, V. V., Martínez, B. S., & Sánchez, F. C. (2020). Experts' selection for neutrosophic Delphi method: a case study of hotel activity. *Neutrosophic Sets and Systems*, *37*, 115–124.
- Fuseini, A., Wotton, S. B., Knowles, T. G., & Hadley, P. J. (2017). Halal meat fraud and safety issues in the UK: a review in the context of the European Union. *Food Ethics 2017 1:2*, *1*(2), 127–142.
- Halawa, A. (2018). Acculturation of halal food to the American food culture through immigration and globalization: A literature review. In *Journal of Ethnic and Cultural Studies* (Vol. 5, Issue 2, pp. 53–63).
- Haleem, A., Khan, M. I., & Khan, S. (2020). Halal certification, the inadequacy of its adoption, modelling and strategising the efforts. *Journal of Islamic Marketing*, *11*(2), 393–413.
- Hashim, H. I. C., & Shariff, S. M. M. (2016). Halal supply chain management training: issues and challenges. *Procedia Economics and Finance*, *37*(16), 33–38.
- Ilbahar, E., Karaşan, A., Cebi, S., & Kahraman, C. (2018). A novel approach to risk assessment for occupational health and safety using Pythagorean fuzzy AHP & fuzzy inference system. *Safety Science*, *103*(July 2017), 124–136.
- IMARC. (2020). *Halal Food Market: Global Industry Trends, Share, Size, Growth, Opportunity and Forecast 2021-2026*. IMARC.

<https://www.imarcgroup.com/halal-food-market>

- Junaid, M., Xue, Y., Syed, M. W., Li, J. Z., & Ziaullah, M. (2020). A neutrosophic ahp and tophis framework for supply chain risk assessment in automotive industry of Pakistan. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(1).
- Khan, M. I., Haleem, A., & Khan, S. (2018). Defining Halal Supply Chain Management. *Supply Chain Forum*, *19*(2), 122–131.
- Khan, M. I., Khan, S., & Haleem, A. (2019). Analysing barriers towards management of Halal supply chain: a BWM approach. *Journal of Islamic Marketing*.
- Khan, M. I., Khan, S., & Haleem, A. (2019). Using integrated weighted IRP-Fuzzy TISM approach towards evaluation of initiatives to harmonise Halal standards. *Benchmarking*, *26*(2), 434–451.
- Khan, S., Haleem, A., & Khan, M. I. (2021). Risk management in Halal supply chain: an integrated fuzzy Delphi and DEMATEL approach. *Journal of Modelling in Management*, *16*(1), 172–214.
- Khan, S., Haleem, A., Mohd, &, & Khan, I. (2020). Assessment of risk in the management of Halal supply chain using fuzzy BWM method. *International Journal*, *22*(1), 57–73.
- Khan, S., Khan, M. I., Haleem, A., & Jami, A. R. (2019). Prioritising the risks in Halal food supply chain: an MCDM approach. *Journal of Islamic Marketing*.
- Kohilavani, W. A. W. N., Yang, T. A., Sifat, S. A. din, & Zzaman, W. (2021). Development of Safe Halal Food Management System (SHFMS). *Food Control*, *127*(March), 108137.
- Li, M., Wang, H., Wang, D., Shao, Z., & He, S. (2020). Risk assessment of gas explosion in coal mines based on fuzzy AHP and bayesian network. *Process Safety and Environmental Protection*, *135*, 207–218.
- Lipka, M., & Hackett, C. (2017). *Why Muslims are the world's fastest-growing religious group | Pew Research Center*. Pew Research Center. <https://www.pewresearch.org/fact-tank/2017/04/06/why-muslims-are-the-worlds-fastest-growing-religious-group/>
- Maman, U., Mahbubi, A., & Jie, F. (2018). Halal risk mitigation in the Australian–Indonesian red meat supply chain. *Journal of Islamic Marketing*, *9*(1), 60–79.
- Martuscelli, M., Serio, A., Capezio, O., & Mastrocola, D. (2020). Safety, quality and analytical authentication of halal meat products, with particular emphasis on salami: A review. In *Foods* (Vol. 9, Issue 8, p. 1111). Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- Mohamed, Y. H., Abdul Rahim, A. R., & Ma'aram, A. (2020). The effect of halal supply chain management on halal integrity assurance for the food industry in Malaysia. *Journal of Islamic Marketing*.
- Neio Demirci, M., Soon, J. M., & Wallace, C. A. (2016). Positioning food safety in

- Halal assurance. *Food Control*, 70, 257–270.
- Olya, H. G. T., & Al-ansi, A. (2018). Risk assessment of halal products and services: Implication for tourism industry. *Tourism Management*, 65, 279–291.
- Peng, X., & Dai, J. (2020). A bibliometric analysis of neutrosophic set: two decades review from 1998 to 2017. *Artificial Intelligence Review*, 53, 199–255.
- Rahim, A. F., Abdullah, A., Cahyadi, E. R., Musa, H., & Rizal Sa'ari, J. (2020). Type of risks in halal food supply chain: a literature review The Challenges faced by Public Sector Governance in implementing e-Procurement System: A Case Study of Education Department of Malacca View project multimedia in education View project. *International Journal of Supply Chain Management*, 9(36–42).
- Ramli, M. A., Salahudin, A., Imran, M., Razak, A., Ammar, M., Idris, H., Izzul, M., & Zulkepli, S. (2017). Issues on Halal Meat in Malaysian and Indonesian Markets. *International Conference On Islam In Malay World VII*, 1–16.
- Rejeb, A. (2018). Halal Meat Supply Chain Traceability Based on HACCP, Blockchain and Internet of Things. *Acta Technica Jaurinensis*, 11(1), 0–00.
- Rishelin, N., & Ardi, R. (2020). Prioritizing risks of halal meat supply chain in Indonesian downstream sector using DEMATEL-based ANP. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2020-December*, 711–715.
- Rishelin, Nadya, & Ardi, R. (2020). Halal Supply Chain Risk in Indonesian Downstream Sector. *ACM International Conference Proceeding Series*, 266–271.
- Saaty, T. L., & Saç Gır Özdemir, M. (2014). How Many Judges Should There Be in a Group? *Ann. Data. Sci*, 1(4), 359–368.
- Sarwar, A., Zafar, A., & Qadir, A. (2021). Analysis and prioritization of risk factors in the management of Halal supply chain management. *Discover Sustainability*, 2(1), 30.
- Scheibe, K. P., & Blackhurst, J. (2017). Supply chain disruption propagation: a systemic risk and normal accident theory perspective, 56(1–2), 43–59.
- Shahdan, I. A., Regenstein, J. M., Shahabuddin, A. S. M., & Rahman, M. T. (2016). Developing control points for halal slaughtering of poultry. *Poultry Science*, 95(7), 1680–1692.
- Shahdan, Intan Azura, Regenstein, J. Mac, & Rahman, M. T. (2017). Critical limits for the control points for halal poultry slaughter. *Poultry Science*, 96(6), 1970–1981.
- Smarandache, F. (1998). *Neutrosophy: neutrosophic probability, set, and logic: analytic synthesis & synthetic analysis*.
- Soon, J. M., Chandia, M., & Regenstein, J. Mac. (2017). Halal integrity in the food

supply chain. *British Food Journal*, 119(1), 39–51.

- Thong, N. T., Dat, L. Q., Son, L. H., Hoa, N. D., Ali, M., & Smarandache, F. (2019). Dynamic interval valued neutrosophic set: Modeling decision making in dynamic environments. *Computers in Industry*, 108, 45–52.
- Tieman, M. (2017). Halal risk management: combining robustness and resilience. *Journal of Islamic Marketing*, 8(3), 461–475.
- Vafadarnikjoo, A., Mishra, N., Govindan, K., & Chalvatzis, K. (2018). Assessment of consumers' motivations to purchase a remanufactured product by applying Fuzzy Delphi method and single valued neutrosophic sets. *Journal of Cleaner Production*, 196, 230–244.
- Vanany, I., Hua Tan, K., Siswanto, N., Arvitrida, N. I., & Pahlawan, F. M. (2020). Halal six sigma framework for defects reduction. *Journal of Islamic Marketing*, 12(4), 776–793.
- Vanany, I., Maarif, G. A., & Soon, J. M. (2019). Application of multi-based quality function deployment (QFD) model to improve halal meat industry. *Journal of Islamic Marketing*, 10(1), 97–124.
- Wahyuni, D., Nasution, A. H., Budiman, I., & Arfidhila, N. (2020). Halal Risk Analysis at Indonesia Slaughterhouses Using the Supply Chain Operations Reference (SCOR) and House of Risk (HOR) Methods. *Journal of Physics: Conference Series*, 1542(1).
- Wahyuni, H. C., Vanany, I., & Ciptomulyono, U. (2019). Food Safety and Halal Food Risks in Indonesian Chicken Meat Products: An Exploratory Study. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2019-Decem*, 1011–1015.
- Wang, H., Zhang, Y., & Sunderraman, R. (2011). Single Valued Neutrosophic Sets. *Fuzzy Sets, Rough Sets and Multivalued Operations and Applications*, 3(1), 33–39.
- Yousaf, S., & Xiucheng, F. (2018). Halal culinary and tourism marketing strategies on government websites: A preliminary analysis. *Tourism Management*, 68(November 2017), 423–443.