TESIS – TI185401

ANALISA RISIKO UNTUK PEMILIHAN PEMASOK YANG SUSTAINABLE (STUDI KASUS: PT.XYZ)

MEGA RAHMADANI
02411850030004

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Suparno, MSIE, Ph.D

Departemen Teknik Sistem dan Industri
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2020

TESIS – TI185401

ANALISA RISIKO UNTUK PEMILIHAN PEMASOK YANG SUSTAINABLE (STUDI KASUS: PT. XYZ)

MEGA RAHMADANI
02411850030004

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Suparno, MSIE, Ph.D

Departemen Teknik Sistem dan Industri
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2020

THESIS – TI185401

RISK ANALYSIS FOR SUSTAINABLE SUPPLIER SELECTION (CASE STUDY: PT. XYZ)

MEGA RAHMADANI
02411850030004

Supervisor
Prof. Ir. Suparno, MSIE, Ph.D

Department of Systems and Industrial Engineering
Faculty of Industrial Technology and Systems Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
2020

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh:

MEGA RAHMADANI
NRP: 02411850030004

Tanggal Ujian : 23 Juli 2020
Periode Wisuda : September 2020

Disetujui oleh:
Pembimbing:

1. Prof. Ir. Suparno, MSIE., Ph.D
   NIP: 194807101976031002 .....

Penguji:

1. Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D
   NIP: 197109271999031002 .....

2. Dr. Ir. Bambang Syairudin, M.T
   NIP: 196310081990021001 .....

Kepala Departemen Teknik Sistem dan Industri
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI

Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D
NIP: 197005231996011001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mega Rahmadani

NRP : 02411850030004

Program Studi : Magister Teknik Industri - ITS

Menyatakan bahwa tesis dengan judul

"ANALISA RISIKO UNTUK PEMILIHAN PEMASOK YANG SUSTAINABLE (STUDI KASUS: PT. XYZ)"

adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Agustus 2020

Yang membuat pernyataan

Mega Rahmadani

NRP. 02411850030004

Halaman ini sengaja dikosongkan

ANALISA RISIKO UNTUK PEMILIHAN PEMASOK YANG *SUSTAINABLE* (STUDI KASUS : PT. XYZ)

Nama mahasiswa : Mega Rahmadani
NRP : 02411850030004
Pembimbing : Prof. Ir. Suparno, MSIE, Ph.D.

ABSTRAK

Saat ini perusahaan dituntut untuk mempertimbangkan *sustainability* dalam bisnisnya. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya jumlah konsumen yang berani untuk membayar lebih mahal produk yang *sustainable*. Salah satu faktor penting agar dapat bertahan dipasar yang kompetitif adalah proses pemilihan pemasok *sustainable*. Pada proses pemilihan pemasok *sustainable* dengan mempertimbangkan risiko membuat pertimbangan dalam pemilihan pemasok akan semakin luas dan kompleks sehingga pemasok yang terpilih tidak hanya dilihat berdasarkan performa saja namun dipertimbangkan juga penyimpangan tak terduga dari pemasok. PT XYZ merupakan salah satu perusahaan farmasi di Indonesia yang memproduksi sebanyak 284 macam produk. Proses pemilihan pemasok pada PT. XYZ belum dapat menggambarkan kinerja pemasok secara keseluruhan serta belum menerapkan aspek *sustainability* dan faktor risiko dalam pemilihan pemasok. Penelitian ini bertujuan untuk membuat model pemilihan pemasok *sustainable* dengan mempertimbangkan risiko pemasok dengan mengintegrasikan metode DEMATEL-ANP dan FMEA di PT XYZ. Terdapat 10 kriteria dan 20 subkriteria pemilihan pemasok *sustainable* yang telah dikonfirmasi oleh *expert*. Adapun kriteria yang digunakan yaitu *cost/price, delivery*, *quality*, *production facilities and capacity, service, financial capability, pollution production, environment management system,* dan *occupational health and safety management systems*. Selain itu, terdapat 8 risiko pada pemasok yang teridentifikasi dari 7 kriteria. Berdasarkan hasil integrasi metode DEMATEL-ANP dan FMEA maka menghasilkan prioritas pemasok 1 dengan bobot 0,3153, pemasok 3 dengan bobot 0,3042 dan pemasok 2 dengan bobot 0,2630. Dari hasil perhitungan tersebut bahwa pemasok 1 merupakan pemasok bahan baku aktif produk A yang sesuai dengan kriteria pemilihan pemasok *sustainable* dan memiliki risiko yang lebih kecil dibandingkan risiko lainnya.

Kata kunci: *Sustainable Supplier Selection,* DEMATEL, ANP, FMEA

Halaman ini sengaja dikosongkan

RISK ANALYSIS FOR SUSTAINABLE SUPPLIER SELECTION (CASE STUDY: PT.XYZ)

By : Mega Rahmadani
Student Identity Number : 02411850030004
Supervisor : Prof. Ir. Suparno, MSIE, Ph.D.

ABSTRACT

In recent years, companies are required to consider sustainability in their business. It is proven by the increase in number of customers who are willing to pay more for sustainable products. One of the important factors to survive in a competitive market is sustainable supplier selection. Considering risk to choose the best supplier may lead to a more extensive and complex sustainable supplier selection process. Therefore, not only will the supplier selected by its performance but also by considering the unexpected deviations. PT. XYZ is a pharmaceutical company in Indonesia that produces 284 kinds of products. The supplier selection process at PT. XYZ could not describe the overall performance of suppliers and has not applied the aspects of sustainability and risk factors in supplier selection. In particular, to tackle this issue, this paper proposes a sustainable supplier selection model by integrating the DEMATEL-ANP and FMEA methods by considering supplier risk in the decision process. This method will further be applied in PT. XYZ. There are 10 criteria and 20 sub-criteria of supplier selection that have been confirmed by the company's experts. The criteria used are cost/price, delivery, quality, production facility and capacity, service, financial capability, pollution production, environmental management systems, occupational health, and safety management systems. According to the discussion with experts, there are 8 risks identified from 7 criteria. Based on the results of the integration of the DEMATEL-ANP and FMEA methods, it produces priority suppliers 1 with a weight of 0.3153, supplier 3 with a weight of 0.3042 and supplier 2 with a weight of 0.2630. The result shows that supplier 1 is an active raw material supplier of product A which aligns with the criteria for selecting sustainable suppliers. Moreover, it has a smaller risk compared to other suppliers.

Key words: *Sustainable Supplier Selection,* DEMATEL, ANP, FMEA

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul "Analisa Risiko Untuk Pemilihan Pemasok Yang Sustainable" dengan baik dan tepat waktu.

Tesis ini disusun sebagai bagian dari proses memperoleh gelar Magister Strata Dua (S-2) pada Departemen Teknik Sistem dan Industri, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Setelah melewati berbagai tahapan, tesis ini dapat diselesaikan berkat bantuan, semangat, motivasi, dan dorongan dari berbagai pihak. Penulis sepatutnya menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kekuatan dan kesabaran tanpa henti dari awal penulis memasuki dunia perkuliahan sampai dengan penulis dapat menyelesaikan tesis.
2. Keluarga tersayang, khususnya Bapak dan Ibu yang telah memberikan dukungan berupa fisik dan materi, doa yang tidak pernah putus, kesabaran, serta kasih sayang sehingga penulis dapat terus termotivasi untuk menyelesaikan tesis, serta mas Ricky dan mas Reza yang selalu memberikan doa serta dukungan yang tiada henti untuk penulis.
3. Bapak Prof. Ir. Suparno, MSIE., Ph.D sebagai Dosen Pembimbing atas kesabaran dalam membimbing penulis, memberikan arahan, masukan, motivasi, serta ilmu yang sangat berharga bagi penulis hingga terselesaikannya tesis ini.
4. Bapak Prof. Iwan Vanany, ST., MT., Ph.D dan Bapak Dr. Ir. Bambang Syairudin, MT selaku dosen penguji atas saran dan masukan yang diberikan dalam penyusunan tesis ini.
5. Bapak dan Ibu Dosen, serta karyawan Jurusan Teknik Industri yang telah membagi ilmu akademik maupun non-akademik dan berbagai pengalaman hidup selama dalam dunia perkuliahan.

6. Teman-teman perkuliahan di Residensi Magister Teknik, Dinar, Wiwit, Gandhi, Vito, Jalu, Dwi, Ayu, Nisa, dan lainnya yang tidak bisa disebutkan satu per satu.
7. Mas dan Mbak Senior di Magister Teknik, Mbak Granita Hajar, Mbak Fitri Suryanti, Mas Fandi, Mas Galih, Mbak Adiek, Mbak Vera, dan Mbak Dina yang memberikan motivasi, masukan dan arahan selama proses pengerjaan tesis.
8. Inas Salma, Farida, Vina Rahma, Nadhilah Hidayah, Triana Yunitasari, Harizka Dwi, Renanta Salma, Ambar Endah, Amalia Dyshinta, Meidina, Tamara Adriana, Cindhy Theresia, Yudha dan Puspa sebagai sahabatku dari S1 yang selalu menemani dan memberi semangat serta motivasi dalam pengerjaan tesis ini.
9. Seluruh pihak untuk bantuannya yang tidak dapat disebut satu-persatu dan yang sangat berperan dalam penyusunan tesis ini.

Dalam penyusunan tesis ini, penulis menyadari bahwa tesis ini mungkin belum sempurna karena keterbatasan ilmu dari penulis dan kendala-kendala yang terjadi selama pengerjaan tesis ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran untuk penyempurnaan tulisan di waktu yang akan datang. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan untuk penelitian dan pengembangan yang lebih lanjut.

Surabaya, 3 Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TESIS iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS v
ABSTRAK vii
ABSTRACT ix
KATA PENGANTAR xi
DAFTAR ISI xiii
DAFTAR GAMBAR xvii
DAFTAR TABEL xix
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 7
1.3 Tujuan Penelitian 7
1.4 Batasan Masalah 7
1.5 Manfaat Penelitian 8
1.6 Sistematika Penulisan 8
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 11
2.1 *Sustainable Supply Chain Management* 11
2.2 *Sustainable Supplier Selection* 13
2.2.1 Kriteria Pemilihan Pemasok *Sustainable* 15
2.3 Manajemen Risiko Rantai Pasok 16
2.4 *Multi Criteria Decision Making* (MCDM) 18
2.4.1 *Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL) 19
2.4.2 Analytical Network Process (ANP) 21
2.4.3 Failure Mode Effect Analysis (FMEA) 25
2.5 Penelitian Terdahulu 29
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN 39
3.1 Identifikasi dan Studi Literatur 39
3.2 Pengumpulan Data 39

3.3 Tahap Pengolahan Data 40
3.3.1 Pengolahan Data dengan DEMATEL-ANP 40
3.3.2 Pengolahan Data dengan FMEA 43
3.3.3 Pengolahan Data dengan Mengintegrasikan Metode DEMATEL-ANP dan FMEA 43
3.4 Tahap Analisa dan Pembahasan 43
3.5 Tahap Penarikan Kesimpulan dan Saran 44
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA 45
4.1 Gambaran Umum Perusahaan 45
4.2 Penentuan Material dan Alternatif Awal Pemasok 45
4.3 Konfirmasi Kriteria dan Subkriteria 46
4.4 Identifikasi Hubungan Antar Subkriteria Dengan DEMATEL 48
4.5 Pengolahan Data Dengan *Analytic Network Process* (ANP) 52
4.5.1 Penyusunan Model Jaringan *Analytic Network Process* (ANP) 52
4.5.2 Perhitungan Bobot *Analytic Network Process* (ANP) 57
4.5.3 Hasil Perbandingan Berpasangan Kriteria-Subkriteria 57
4.5.4 Hasil Perbandingan Berpasangan Subkriteria-Alternatif 62
4.5.5 Perhitungan Bobot Global 63
4.6 Analisis Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) 64
4.6.1 Identifikasi *Failure Mode* 65
4.6.2 Penilaian Nilai Severity, Occurrence dan Detection 66
4.7 Perhitungan *Risk-Discounted Score* 69
BAB 5 ANALISIS DAN INTEPRETASI DATA 71
5.1 Analisis Hubungan Pemilihan Pemasok Sustainable 71
5.2 Analisis Pembobotan ANP 75
5.3 Analisis Risiko Pemasok Dengan FMEA 77
5.4 Analisis Pemilihan Pemasok Berdasarkan Integrasi DEMATEL-ANP dan FMEA 83
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN 85
6.1 Kesimpulan 85
6.2 Saran 86
DAFTAR PUSTAKA 87

BIODATA PENULIS 123

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Keluhan Kesehatan Penduduk di Indonesia (bps, 2019)..... 1
Gambar 1.2 Pasar Farmasi Indonesia (idx, 2018)..... 2
Gambar 2.1 *Sustainable supply chain framework* (Esfahbodi, Zhang dan Watson, 2016) 12
Gambar 2.2 Struktur Hirarki dari Permasalahan Keputusan (Govindan, Khodaverdi dan Jafarian, 2013) 14
Gambar 2.3 *Feedback network* (Saaty, 2001)..... 21
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi..... 44
Gambar 4.1 Data Penjualan Obat A Periode 2013-2017 46
Gambar 4.2 Model Hirarki Pengambilan Keputusan Pemilihan Pemasok *Sustainable* PT. XYZ 55
Gambar 4.3 Model Jaringan ANP Pengambilan Keputusan Pemilihan Pemasok *Sustainable* PT. XYZ 56
Gambar 4.4 Hasil Perbandingan Berpasangan Kriteria-Subkriteria 58
Gambar 4.5 Hasil Perbandingan Berpasangan Subkriteria-Alternatif 62
Gambar 5.1 Perbandingan Risiko Kenaikan Harga Bahan Baku..... 78
Gambar 5.2 Perbandingan Risiko Kenaikan Ongkos Pengiriman 78
Gambar 5.3 Perbandingan Risiko Keterlambatan Pengiriman Bahan Baku..... 79
Gambar 5.4 Perbandingan Risiko Kerusakan Pada *Packaging* 80
Gambar 5.5 Perbandingan Risiko Pemasok Tidak Dapat Memenuhi Permintaan Perusahaan..... 80
Gambar 5.6 Perbandingan Risiko Kurang Tanggap Respon Pemasok..... 81
Gambar 5.7 Perbandingan Risiko Pencemaran Lingkungan..... 82
Gambar 5.8 Perbandingan Risiko Kecelakaan Kerja..... 82

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kriteria Pemilihan Pemasok *Sustainable* Aspek Ekonomi 15
Tabel 2.2 Kriteria Pemilihan Pemasok *Sustainable* Aspek Lingkungan 16
Tabel 2.3 Kriteria Pemilihan Pemasok *Sustainable* Aspek Sosial 16
Tabel 2.4 Klasifikasi risiko operasional (Rajagopal, Venkatesan and Goh, 2017)17
Tabel 2.5 Skala Perbandingan DEMATEL 19
Tabel 2.6 Skala Fundamental ANP 23
Tabel 2.7 *Random Index* 24
Tabel 2.8 Skala Nilai *Severity* (Shahin, 2004) 27
Tabel 2.9 Skala Nilai *Occurrence* (Shahin, 2004) 27
Tabel 2.10 Skala Nilai *Detection* (Shahin, 2004) 28
Tabel 2.11 *Journal Review* Penelitian Terdahulu 31
Tabel 2.12 Posisi Penelitian 36
Tabel 4.1 Daftar Kriteria dan Subkriteria Persetujuan *Expert* 47
Tabel 4.2 Kuesioner DEMATEL 50
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Vektor D-R dan Vektor D+R 52
Tabel 4.4 *Inconsistency Ratio* Pada Subkriteria 58
Tabel 4.5 *Inconsistency Ratio* Pada Kriteria 60
Tabel 4.6 Bobot Subkriteria 61
Tabel 4.7 Bobot Kriteria 61
Tabel 4.8 *Inconsistency Ratio* Pada Subkriteria 62
Tabel 4.9 Bobot Alternatif 63
Tabel 4.10 Bobot Global 64
Tabel 4.11 Hasil Identifikasi *Failure Mode* 65
Tabel 4.12 Nilai *Severity, Occurrence* Dan *Detection* Untuk Pemasok 1 67
Tabel 4.13 Nilai *Severity, Occurrence* Dan *Detection* Untuk Pemasok 2 68
Tabel 4.14 Nilai *Severity, Occurrence* Dan *Detection* Untuk Pemasok 3 68
Tabel 4.15 Hasi Perhitungan *Risk-Discounted Score* 69
Tabel 5.1 Jumlah Hubungan Subkriteria 74
Tabel 5.2 Kelompok *Dispatcher* dan *Receiver* 74
Tabel 5.3 Perbandingan Hasil Bobot Pemasok 83

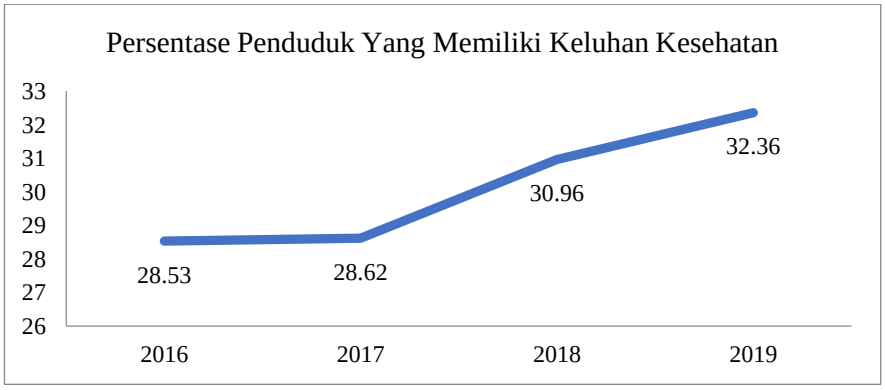
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1
PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai gambaran umum permasalahan penelitian meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan dilakukannya penelitian, batasan masalah, kontribusi yang diberikan penelitian ini serta sistematika penulisan pada penelitian ini.

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan pelayanan kesehatan di Indonesia semakin meningkat setiap tahunnya. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 1.1 yang menunjukkan grafik persentase penduduk yang memiliki keluhan kesehatan, dimana pada tahun 2017 hingga 2019 terjadi peningkatan sebesar 3.83%. Jika setiap tahun terjadi peningkatan keluhan kesehatan dari penduduk maka kebutuhan pelayanan kesehatan juga akan meningkat. Terlebih, dalam menunjang pelayanan kesehatan yang baik, peran industri farmasi sangat dibutuhkan untuk mengelola ketersediaan obat-obatan maupun alat kesehatan.

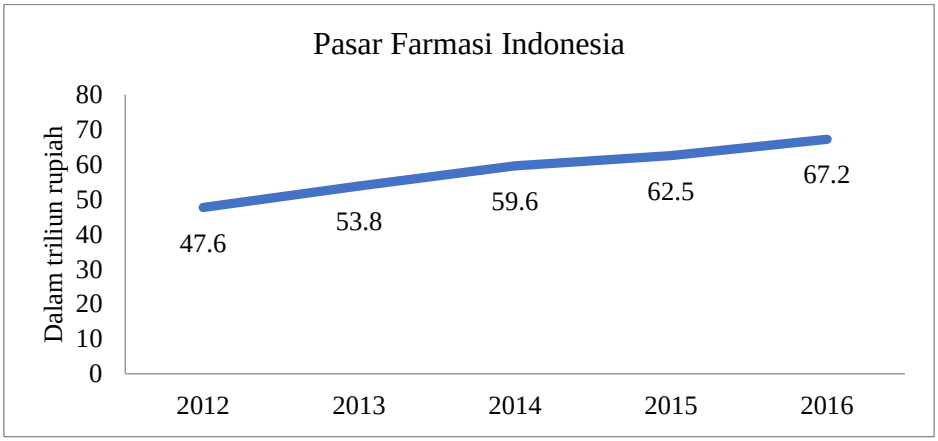


Gambar 1.1 Keluhan Kesehatan Penduduk di Indonesia (bps, 2019)

Saat ini Indonesia memiliki 206 perusahaan industri farmasi dan mampu memenuhi permintaan pasar domestik sebesar 75% (katadata.com). Gambar 1.2 menunjukkan pasar farmasi Indonesia setiap tahun mengalami peningkatan dan diproyeksikan oleh salah satu perusahaan farmasi terbesar di Indonesia pada tahun 2020 akan mencapai Rp 102,8 triliun (katadata, 2017). Fakta bahwa tren permintaan semakin meningkat dan perusahaan farmasi di Indonesia telah

memenuhi mayoritas permintaan pasar domestik ini memberi tuntutan pemenuhan bahan baku yang semestinya juga semakin baik. Namun dalam pemenuhan bahan baku masih memiliki keterbatasan karena perusahaan farmasi memiliki ketergantungan impor bahan baku sekitar 95% (kemenperin, 2018).

Beberapa risiko yang terjadi pada *global supplier* dimana terjadi kasus pemasok perusahaan Apple di China melakukan pelanggaran keamanan dan lingkungan. Pemasok tersebut melakukan pencemaran udara seperti emisi gas berancun serta pembuangan limbah logam berat yang menyebabkan penyakit bagi masyarakat yang tinggal disekitar pabrik pemasok. Kasus tersebut mengakibatkan beberapa organisasi dan masyarakat di China memboikot semua produk Apple dan merugikan perusahaan Apple (dw.com). Selanjutnya gempa yang terjadi di Taiwan pada tahun 2006 menyebabkan kerusakan pada kabel di bawah laut dan menyebabkan turunnya kecepatan internet yang mengganggu proses *loading-unloading* container serta menggangu seluruh transaksi logistik. Permasalahan pada rantai pasok yang timbul dari bencana alam, kebangkrutan pemasok, perang, teroris dan sebagainya dapat mengganggu aliran material, informasi dan keuangan (Chopra & Sodhi, 2014).



Gambar 1.2 Pasar Farmasi Indonesia (idx, 2018)

Kejadian-kejadian yang telah terjadi di atas secara langsung berdampak pada keberlangsungan sistem pasokan bahan baku di perusahaan. Bila gangguan terus berlanjut dan memerlukan waktu pemulihan yang lama maka proses bisnis perusahaan dapat terganggu serta menyebabkan perusahaan tidak dapat memenuhi permintaan pasar. Sehingga dibutuhkan suatu sistem untuk pemilihan pemasok yang tepat dimana dapat mengurangi risiko yang terjadi di rantai pasokan material

(Srinivasan, Mukherjee, & Gaur, 2011). Oleh karena itu gangguan atau ketidakpastian yang dapat mengganggu aliran material dari pemasok harus dipertimbangkan saat melakukan pemilihan pemasok bahan baku farmasi.

Dewasa ini *sustainability* atau keberlanjutan merupakan isu yang sering dibahas. Hal ini disebabkan menipisnya sumber daya alam serta adanya kekhawatiran terhadap tanggung jawab sosial dari perusahaan (Govindan, Khodaverdi, & Jafarian, 2013). Menurut Goren (2018) *sustainability* merupakan kemampuan organisasi untuk membuat keputusan, dimana keputusan tersebut tidak memberikan dampak yang merugikan untuk lingkungan, masyarakat dan kelayakan bisnis mereka dimasa mendatang. Dalam menghasilkan produk, perusahaan tidak hanya memperhatikan aspek ekonomi dan sosial saja namun juga dapat mempertimbangkan aspek lingkungan, sehingga perusahaan dapat berkontribusi untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan. Sesuai Pasal 1 ayat 3 Undang Undang No. 40 Tahun 2007 dimana dinyatakan bahwa tanggung jawab sosial dan lingkungan adalah komitmen Perseroan untuk berperan serta dalam pembangunan ekonomi berkelanjutan guna meningkatkan kualitas kehidupan dan lingkungan yang bermanfaat, baik bagi Perseroan sendiri, komunitas setempat, maupun masyarakat pada umumnya. Sehingga perusahaan di Indonesia juga harus berkomitmen dalam aspek lingkungan dan sosial untuk keberlansungan bisnis mereka di masa mendatang.

Selain tuntutan pemerintah akan kontribusi perusahaan dalam mewujudkan pembangunan berkelanjutan, ternyata terdapat tuntutan konsumen pada perusahaan untuk menghasilkan produk *sustainable*. Pada tahun 2015, Nielsen melakukan survei kepada 30.000 konsumen di 60 Negara mengenai kesediaan konsumen untuk membayar lebih untuk produk *sustainable*. Berdasarkan hasil survei tersebut sebanyak 61% generasi millenial (umur 22-35 tahun), 58% generasi Z (umur 16-21 tahun), 55% generasi X (umur 36-54 tahun) dan 46% *baby boomers* (55-64 tahun) bersedia membeli produk *sustainable* (globalwebindex, 2020). Dari hasil survei tersebut membuktikan bahwa generasi millenial dan gen Z yang akan menjadi konsumen di masa depan, beralih pada produk ramah lingkungan. Kemudian pada tahun 2017, World Wide Fund for Nature (WWF) Indonesia dan Nielsen melakukan survei yang hasilnya

menunjukkan sebanyak 63% konsumen Indonesia bersedia mengkonsumsi produk ramah lingkungan dengan harga yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan peningkatan kesadaran konsumen di Indonesia terhadap konsumsi ramah lingkungan dan mengindikasikan kesiapan pasar domestik menyerap produk-produk yang diproduksi secara *sustainable* (WWF, 2017).

Menurut Rashidi dan Cullinane (2019) perusahaan tidak hanya bertanggung jawab dalam menggunakan konsep *sustainability* pada proses produksinya saja, namun juga harus mempertimbangkan konsep *sustainability* dalam melakukan pemilihan pemasok. Pemilihan pemasok berkelanjutan merupakan aktivitas yang sangat penting dalam rantai pasok, disebabkan pemasok merupakan hulu dari rantai pasok. Aspek ekonomi, sosial dan lingkungan yang dipertimbangkan dalam pemilihan pemasok akan berdampak secara signifikan pada hilir rantai pasok (Sarkis dan Dhavale, 2015; Quarter, 2018). Tujuan dari pemilihan pemasok *sustainable* untuk mengidentifikasi pemasok dengan potensi kerja yang baik dalam memenuhi permintaan perusahaan secara konsisten, berkelanjutan serta dengan harga yang dapat diterima oleh pemasok (Buyukozkan dan Gizem, 2011). Dalam penelitian Zhou (2018) beberapa penilaian kinerja pemasok yang *sustainable* untuk aspek lingkungan yaitu sistem manajemen lingkungan, polusi, *green image*. Sedangkan untuk penilaian kinerja pemasok yang *sustainable* untuk aspek sosial yaitu keselamatan dan kesehatan pekerja, pelatihan untuk pekerja, menaati kebijakan dan hukum. Kemudian untuk aspek ekonomi terdiri dari harga, kualitas, pengiriman, kapasitas produksi dan sebagainya.

Guna mengevaluasi pemasok pada proses pemilihan pemasok *sustainable* dibutuhkan analisa keputusan untuk menentukan kriteria mana yang paling berpengaruh dalam pemilihan pemasok. Kriteria-kriteria tersebut akan menunjang dalam proses evaluasi pemasok serta menentukan pemasok yang akan dipilih. Proses evaluasi pemasok dilakukan guna untuk membandingkan beberapa pemasok yang kemudian akan dilakukan pengambilan keputusan pemasok mana yang akan terpilih. Dalam proses pengambilan keputusan dalam menetapkan pemasok terbaik dari beberapa pemasok digunakan metode *multi-criteria decision making* (MCDM) karena metode ini dalam melakukan pengambilan keputusan

dengan melibatkan lebih dari satu kriteria (Gal, Stewart, & Hanne, 1999). Selain itu metode MCDM digunakan untuk mengevaluasi penilaian *expert* dalam masalah keputusan yang membutuhkan pengukuran kriteria *tangible* dan *intangible*.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mengenai pemilihan pemasok *sustainable* (Cheraghalipour & Farsad, 2018; Goren, 2018; Kellner & Utz, 2019; Rashidi & Cullinane, 2019) bahwa sangat sedikit yang mempertimbangkan hubungan keterkaitan antar kriteria pada pemilihan pemasok *sustainable* dan dalam beberapa kasus yang terjadi terdapat permasalahan pengambilan keputusan yang tidak terstruktur secara hirarki karena terdapat interaksi dan ketergantungan antar kriteria. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh (Golcuk & Baykasoglu, 2016) bahwa metode MCDM yang mempertimbangkan interaksi kriteria yaitu *Analytical Network Process* (ANP). Metode ANP merupakan metode pengembangan dari metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP), dimana pada metode ANP mampu mengambil keputusan dengan melibatkan interaksi dan keterkaitan antar kriteria serta timbal balik dari kriteria-kriteria dalam *cluster* dan antar *cluster* (Saaty & Vargas, 2006). Selain itu, metode yang digunakan untuk menggambarkan hubungan sebab akibat antar kriteria serta untuk mengetahui hubungan timbal balik adalah metode *Decision Making Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL). Metode DEMATEL digunakan karena dapat melengkapi metode ANP yang menjadi landasan dalam menggambarkan struktur jaringan ANP. Tujuan dari metode DEMATEL adalah untuk memverifikasi apakah antar kriteria terdapat hubungan saling mempengaruhi (Li & Zeng, 2016). Menurut Chen, Lee, dan Wu (2008) mengintegrasikan metode DEMATEL dan ANP dapat menyelesaikan permasalahan yang kompleks dengan hasil yang lebih akurat serta dapat menggambarkan secara kondisi secara riil.

Pada proses pemilihan pemasok *sustainable* dengan mempertimbangkan risiko membuat pertimbangan dalam pemilihan pemasok akan semakin luas dan kompleks sehingga pemasok yang terpilih tidak hanya dilihat berdasarkan performa saja namun dipertimbangkan juga penyimpangan tak terduga dari pemasok. Untuk melakukan analisa risiko pada penelitian ini menggunakan metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) karena dapat dgunakan untuk

mengidentifikasi dan menghilangkan potensi kegagalan sehingga dapat meningkatkan keandalan dan keamanan produk yang sederhana atau sistem yang kompleks (Hawkins & Woollons, 1998). Metode FMEA tidak hanya digunakan sebagai *tool* untuk menilai risiko, namun dapat membantu dalam proses pemilihan pemasok. Menurut Chen dan Wu (2013) metode FMEA layak digunakan untuk evaluasi dan seleksi pemasok serta dapat membantu perusahaan untuk memilih pemasok yang tepat dengan mempertimbangkan risiko terendah sehingga dapat mengurangi risiko rantai pasok. Selain itu FMEA digunakan untuk menangkap penilaian *expert* mengenai identifikasi *failure mode* dan sebab akibat yang sesuai (Li & Zeng, 2016).

Penelitian pemilihan pemasok dengan menggunakan metode FMEA pernah dilakukan oleh Li dan Zeng (2014). Pada penelitian tersebut Li dan Zeng mengembangkan metode FMEA untuk perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) untuk pemilihan pemasok, dimana *failure mode* yang digunakan merupakan penyimpangan tak terduga dari kinerja pemasok yang sesuai dengan kriteria pemilihan pemasok. Hasil RPN akan digunakan sebagai *risk discount* untuk bobot kriteria evaluasi pemilihan pemasok, sehingga pemasok yang memiliki risiko tinggi akan mendapatkan "diskon" yang besar pada bobot kriteria. Pemasok yang terpilih adalah pemasok yang memiliki kinerja yang baik dan risiko yang rendah.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model pemilihan pemasok *sustainable* dengan mempertimbangkan risiko pemasok dengan mengintegrasikan metode DEMATEL-ANP dan FMEA. Sebagai representative dalam penelitian ini adalah perusahaan farmasi. PT. XYZ merupakan salah satu perusahan farmasi terbesar di Indonesia dan memasarkan obat-obatan di Indonesia. Setiap perusahaan memiliki komitmen untuk berkontribusi dalam pencapaian pembangunan berkelanjutan, namun dalam pelaksanaannya PT. XYZ belum menerapkan pemilihan pemasok *sustainable*. Dalam proses pemilihan pemasok, PT. XYZ masih melihat dari segi kualitas, waktu pengiriman, pengemasan, waktu pembayaran, sertifikasi, dan biaya. Hal ini sangat bertentangan dengan tujuan perusahaan yaitu berkomitmen untuk berkontribusi dalam pembangunan berkelanjutan. Kriteria pemilihan pemasok *sustainable* pada PT XYZ diadopsi dari beberapa penelitian terdahulu dan

kemudian didiskusikan dengan *experts* untuk mencapai kesepakatan. Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat membantu perusahaan dalam membuat keputusan pemilihan pemasok yang tepat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah mengembangkan model keputusan untuk memilih pemasok *sustainable* dengan mempertimbangkan risiko pemasok serta mengidentifikasi hubungan keterkaitan antar kriteria dan subkriteria pemilihan pemasok yang *sustainable* dengan mengintegrasikan metode DEMATEL-ANP dan FMEA.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan sebelumnya, tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu :

1. Mengidentifikasi kriteria dan subkriteria yang mempengaruhi keputusan dalam pemilihan pemasok *sustainable* (studi kasus: PT. XYZ)
2. Mengidentifikasi *failure mode* pada pemasok berdasarkan kriteria pemilihan pemasok yang telah dikonfirmasi (studi kasus: PT. XYZ).
3. Memilih pemasok yang *sustainable* dengan mengintegrasikan metode DEMATEL-ANP dan FMEA.

1.4 Batasan Masalah

Dalam menyelesaikan permasalahan pada penelitian ini terdapat beberapa hal yang menjadi batasan yaitu:

1. Kritera dan subkriteria pemilihan pemasok *sustainable* yang digunakan pada penelitian ini disesuai dengan strategi PT XYZ.
2. *Software* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Super Decision*.
3. *Failure mode* yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan kriteria pemilihan pemasok *sustainable* yang terpilih.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian sebelumnya hanya berfokus pada pemilihan pemasok berdasarkan kinerja dari perusahaan. Penelitian ini mengembangkan analisa pemilihan pemasok dengan mempertimbangkan risiko pemasok. Selain itu dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan tambahan untuk pengembangan ilmu s*upply chain management* khususnya pada pemilihan pemasok *sustainable*.

1.6 Sistematika Penulisan

Penyelesaian permasalahan serta analisis hasil yang dilakukan oleh peneliti akan dijelaskan pada subab ini sesuai dengan urutan sistematis penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan akan dipaparkan mengenai latar belakang, rumusan masalah yang merupakan inti permalahan yang dijabarkan pada latar belakang, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan batasan yang digunakan pada penelitian ini. Selain itu juga terdapat penjelasan mengenai sistematika penulisan yang digunakan pada penelitian ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Semua literatur yang digunakan sebagai penunjang pada penelitian ini akan dipaparkan pada bab tinjauan pustaka yang berkaitan dengan *sustainable supply chain management, sustainability supplier selection, multi criteria decision making*, DEMATEL, *analytical network process*, manajemen risiko rantai pasok, *failure mode effect analysis* (FMEA) dan subab lainnya yang berhubungan pada penelitian ini. Selain itu juga akan dijelaskan mengenai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya serta posisi penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah pengerjaan pada penelitian ini akan dijelaskan pada bab metodologi penelitian. Dimana langkah-langkah pengerjaan akan berlandaskan pada diagram alir penelitian.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada Bab ini akan berisi tentang pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini serta proses tahapan pengolahan data mengenai pemilihan pemasok, identifikasi dan penilian risiko pemasok. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu DEMATEL, ANP dan FMEA.

BAB V ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Pada bab ini akan dipaparkan mengenai analisis dan interpretasi data sesuai dengan hasil yang diperoleh dari pengolahan data pada bab sebelumnya. Berdasarkan analisa hasil yang diperoleh maka akan menjadi dasar dalam melakukan penarikan kesimpulan dan pemberian rekomendasi.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan memaparkan mengenai kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ini akan dipaparkan pada bab ini serta peneliti akan memberikan rekomendasi untuk penelitian selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

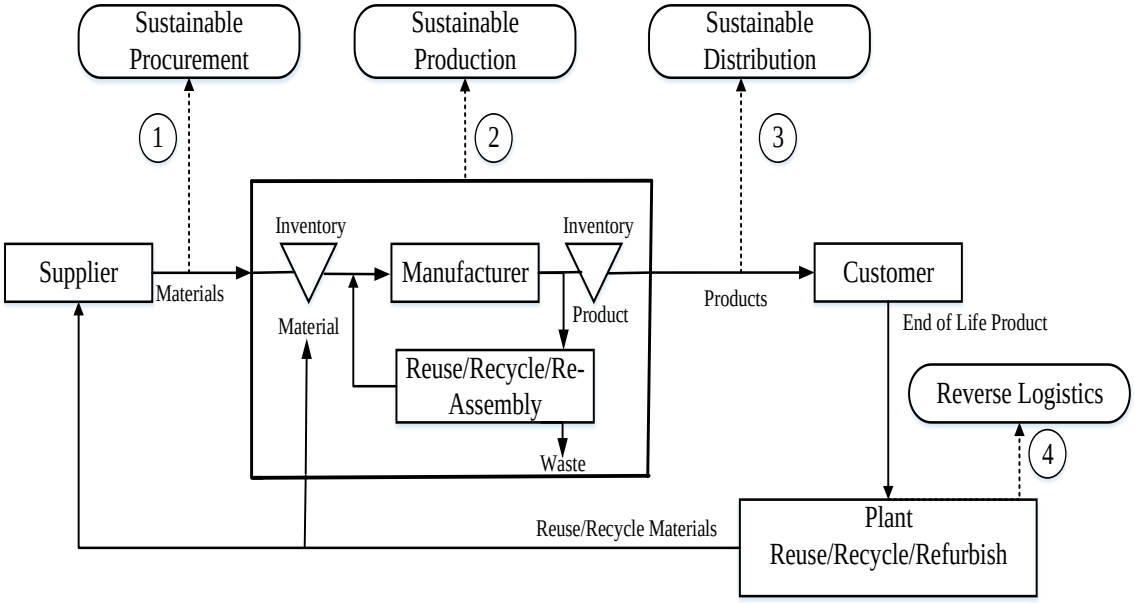
BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi mengenai teori dan referensi yang digunakan untuk menunjang menyelesaikan permasalahan pada penelitian ini. Tinjauan pustaka yang digunakan pada penelitian ini meliputi *sustainable supply chain management, sustainability supplier selection, multi criteria decision making*, DEMATEL, *analytical network process*, manajemen risiko rantai pasok, dan *failure mode effect analysis*. Kemudian pada bab ini juga berisi mengenai penelitian terdahulu serta posisi penelitian ini.

2.1 *Sustainable Supply Chain Management*

Supply chain management merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengelola aliran produk, informasi dan uang secara terintegrasi oleh beberapa pihak (Pujawan & Mahendrawathi, 2017). Beberapa pihak dalam *supply chain management* mulai dari hulu hingga hilir terdiri dari pemasok, pabrik, distributor, toko atau ritel, dan perusahaan logistik. Perkembangan konsep *supply chain management* beriringan dengan perkembangan industri. Saat ini perusahaan dalam menjalankan bisnisnya hendaknya tidak fokus pada aspek ekonomi saja, namun juga pada pelestarian sumber daya alam dan masyarakat (Winter & Knemeyer, 2013). Konsep *sustainable supply chain management* merupakan pengembangan dari *supply chain management* dengan mempertimbangkan konsep 3 *bottom line* yang terdiri dari ekonomi, sosial dan lingkungan (Carter & Rogers, 2008). Menurut Seuring dan Muller (2008) *Sustainable supply chain management* atau manajemen rantai pasok berkelanjutan adalah perkembangan dari ilmu rantai pasok yang merupakan suatu pendekatan untuk mengelola aliran material, informasi, dan modal dimana terdapat beberapa perusahaan yang saling bekerja sama pada rantai pasok serta mengintegrasikan dengan tujuan untuk pembangunan berkelanjutan yang terdiri dari ekonomi, lingkungan dan sosial. Tujuan dari *sustainable supply chain management* yaitu untuk memberikan hasil yang maksimum untuk semua pemangku kepentingan dalam rantai pasok dan

meningkatkan daya saing serta mencapai aliran produk, layanan, informasi, dan uang yang berkelanjutan untuk jangka waktu yang panjang (Wolf, 2011; Ahi dan Searcy, 2013).



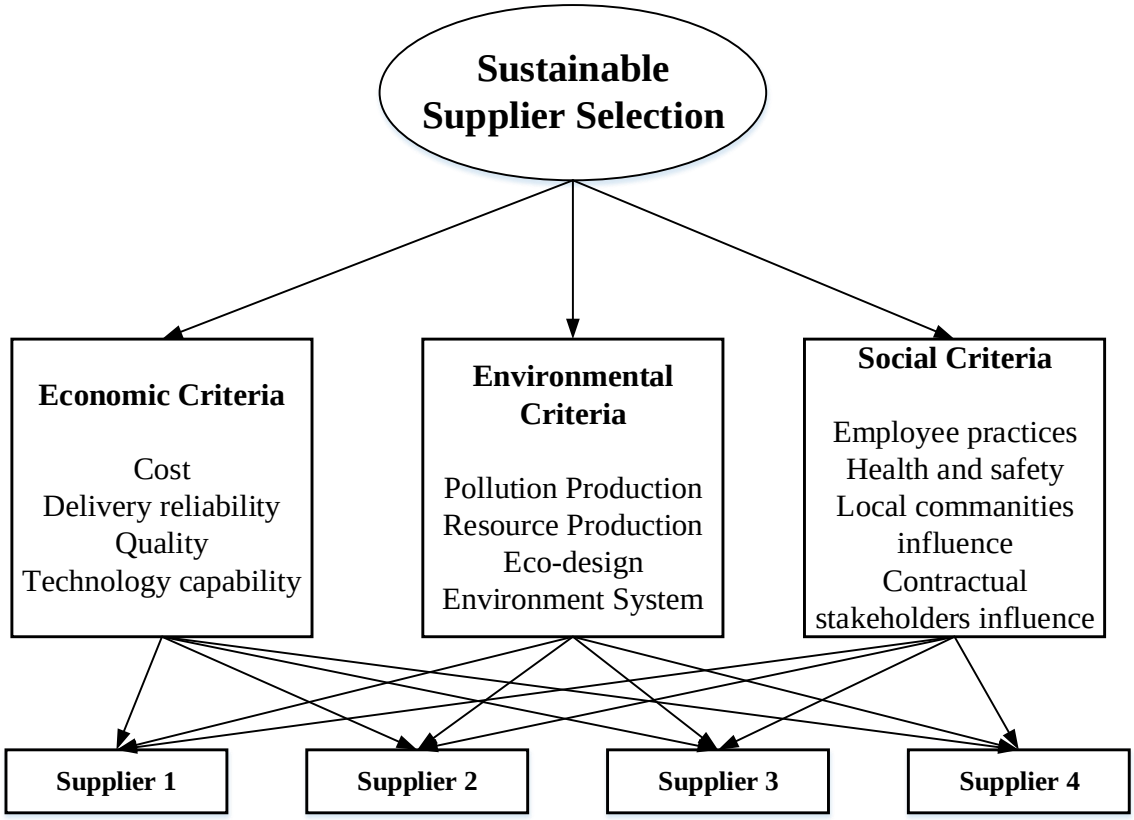
Gambar 2.1 *Sustainable supply chain framework* (Esfahbodi, Zhang dan Watson, 2016)

Terdapat 4 aktivitas utama *sustainable supply chain management* yang terdiri dari *sustainable procurement*, *sustainable production*, *sustainable distribution,* dan *reverse logistics* yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Setiap aktivitas tersebut memiliki tujuan yaitu meminimalkan dampak negatif dari lingkungan. *Sustainable procurement* merupakan aktivitas pengadaan yang memastikan bahan baku yang dibeli sesuai dengan kriteria dengan mempertimbangankan aspek *sustainability*. Proses *sustainable procurement* dalam mencari sumber bahan baku akan memperhatikan bahan baku yang tepat dimana dapat meminimalisir limbah yang berbahaya, sehingga dibutuhkan kerja sama dengan pemasok untuk mengembangkan produk yang ramah lingkungan. Peran pemasok sangalah penting karena pemasok dapat memastikan bahan baku yang dibeli oleh perusahaan merupakan bahan baku yang ramah lingkungan dan diproduksi dengan proses yang ramah lingkungan. Oleh karena itu banyak perusahaan manufaktur yang berkolaborasi dengan pemasok yang *sustainable* untuk mendapakan bahan baku yang ramah lingkungan. Menurut Esfahbodi, Zhang dan Watson (2016) menyatakan bahwa kerjasama antara perusahaan dan

pemasok yang ramah lingkungan dapat melengkapi perusahaan dalam pelaksanaan *sustainable supply chain management*. Sehingga dapat dikatakan bahwa berkolaborasi dengan pemasok yang *sustainable* sangat penting untuk melengkapi perusahaan dalam implementasi praktik *sustainable supply chain management*. Tujuan utama dalam *sustainable supplier* yaitu bekerja sama dengan pemasok agar dapat mengembangkan produk yang ramah lingkungan serta berdampak pada kinerja biaya.

2.2 *Sustainable Supplier Selection*

Pemilihan pemasok secara tradisional hanya mempertimbangkan aspek ekonomi saja. Adanya kompetisi antar perusahaan semakin meningkat dan tuntutat pelanggan, aspek ekonomi saja tidak cukup untuk dipertimbangkan(Amindoust, Ahmed, Saghafinia, & Bahreininejad, 2012). Oleh karena itu perusahaan harus mempertimbangkan aspek lingkungan dan sosial pada pemilihan pemasok. Tujuan dari pemilihan pemasok *sustainable* yaitu untuk mengidentifikasi pemasok dengan potensi kerja yang baik dalam memenuhi permintaan perusahaan secara konsisten, berkelanjutan serta dengan harga yang dapat diterima oleh pemasok (Büyüközkan & Çifçi, 2011). Proses pemilihan dan evaluasi pemasok sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan oleh *expert*. Kriteria akan disesuaikan dengan tiga dimensi keberlanjutan yang terdiri dari sosial, lingkungan dan ekonomi.



Gambar 2.2 Struktur Hirarki dari Permasalahan Keputusan (Govindan, Khodaverdi dan Jafarian, 2013)

Dalam penelitian ini akan menggunakan kriteria pemilihan pemasok *sustainable* dari beberapa referensi terdahulu yang kemudian akan disesuaikan keadaan perusahaan dalam mempertimbangkan pemilihan pemasok terbaik. Gambar 2.1 menunjukkan struktur hirarki dari permasalahan keputusan pemilihan pemasok *sustainable* dengan mempertimbangkan tiga kriteria yang masing-masing kriteria terdapat empat subkriteria yang telah ditentukan. Salah satu contohnya yaitu untuk kriteria ekonomi terdiri dari subkriteria *cost, delivery realibility, quality* dan *technology capability*. Kriteria sosial mengacu pada kondisi yang berkaitan dengan kesejahteraan, keselamatan dan kesehatan tenaga kerja. Sedangkan kriteria lingkungan yang berhubungan dengan praktik ramah lingkungan serta penilaian kinerja untuk aspek lingkungan yaitu efisiensi energi dan pengurangan limbah serta kecelakaan lingkungan. Kemudian untuk

sustainability aspek ekonomi terdiri dari efisiensi operasional, penjualan, dan pangsa pasar (Gimenez & Tachizawa, 2012).

2.2.1 Kriteria Pemilihan Pemasok *Sustainable*

Beberapa kriteria pemilihan pemasok *sustainable* diadopsi dari beberapa penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1 hingga Tabel 2.3 menunjukkan kriteria dan subkriteria pemilihan pemasok *sustainable* berdasarkan tiga aspek yaitu ekonomi, sosial dan lingkungan. Total kriteria sebanyak 11 kriteria dimana terdiri dari 27 subkriteria. Kriteria tersebut diperoleh dari beberapa penelitian terdahulu.

Tabel 2.1 Kriteria Pemilihan Pemasok *Sustainable* Aspek Ekonomi

Kriteria	Subkriteria	Referensi
Cost/Price	*Product price*	(Janatyan, Zandieh, Alem, & Rabieh, 2019) (Asamoah, Annan, & Nyarko, 2012) (Kirytopoulos, Leopoulos, & Voulgaridou, 2008) (Mehralian et al., 2012) (Forghani, Sadjadi, & Moghadam, 2018) (Nugraha, Hisjam, & Sutopo, 2019) (Zhou, 2018) (Ganguly, 2019)
	Transportation cost	(Tas, 2015) (Nugraha et al., 2019) (Zhou, 2018)
	Payment term	(Asamoah et al., 2012) (Forghani et al., 2018) (Nugraha et al., 2019)
	Duty	(Kirytopoulos et al., 2008) (Tas, 2015)
Delivery	*On time delivery*	(Forghani et al., 2018) (I, Dunu, & Bell-Hanyes, 2010) (Zhou, 2018) (Ganguly, 2019)
	Lead Time	(Nugraha et al., 2019) (Zhou, 2018)
Quality	*Supplier certification*	(Janatyan et al., 2019) (Asamoah et al., 2012) (Kirytopoulos et al., 2008) (Mehralian et al., 2012) (L.-H. Chen & Hung, 2010) (Tas, 2015) (Ganguly, 2019)
	Chemical purity	(Tas, 2015)
Production Facilities and Capacity	*Supply capacity*	(Janatyan et al., 2019) (Kirytopoulos et al., 2008) (Forghani et al., 2018) (I et al., 2010) (Ganguly, 2019)
Service	*After sales service*	(Nugraha et al., 2019) (Forghani et al., 2018) (Ganguly, 2019)
	Warranty	(Tas, 2015)
Financial Capability	*Financial stability*	(L.-H. Chen & Hung, 2010) (Zhou, 2018) (Ganguly, 2019)

Tabel 2.2 Kriteria Pemilihan Pemasok *Sustainable* Aspek Lingkungan

Kriteria	Subkriteria	Referensi
Pollution production	*Pollution control*	(Kannan, Govindan, & Rajendran, 2014) (Zhou, 2018)
Environmental management System	*Environment Certification*	(Fallahpour, Olugu, Musa, Wong, & Noori, 2017)
	Green technology	(Zhou, 2018)
	Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources	(Fallahpour et al., 2017) (Nugraha et al., 2019)
Resource consumption	*Energy use per product*	(Janatyan et al., 2019)
Green Transportation	*Eco-efficient transportation*	(Fallahpour et al., 2017) (Nugraha et al., 2019)
	Green fuels	(Fallahpour et al., 2017) (Nugraha et al., 2019)

Tabel 2.3 Kriteria Pemilihan Pemasok *Sustainable* Aspek Sosial

Kriteria	Subkriteria	Referensi
Occupational health and safety management systems	*Health and safety practices*	(Fallahpour et al., 2017) (Forghani et al., 2018)
	OHSAS 18001	(Forghani et al., 2018)
Employee satisfaction	*Dicrimination*	(Fallahpour et al., 2017) (Nugraha et al., 2019)
	Wages	(Fallahpour et al., 2017) (Nugraha et al., 2019)
Employee satisfaction	*Attention to religious and cultural issues at work*	(Fallahpour et al., 2017) (Nugraha et al., 2019)
The interest and right of employees	*Employee insurance*	(Fallahpour et al., 2017) (Nugraha et al., 2019)
	Employment compensation	(Fallahpour et al., 2017) (Nugraha et al., 2019)
	Standard working hours	(Fallahpour et al., 2017) (Nugraha et al., 2019)
	Overtime pay	(Fallahpour et al., 2017) (Nugraha et al., 2019)

2.3 Manajemen Risiko Rantai Pasok

Risiko rantai pasok merupakan suatu kejadian yang menyebabkan gangguan pada manajemen rantai pasok (Ghadge, Dani and Kalawsky, 2012). Risiko rantai pasok dapat mempengaruhi kelancaran operasi pada rantai pasok

seperti keterlambatan pengiriman bahan baku yang berdampak pada kelancaran proses produksi. Manajemen risiko rantai pasok menurut Aqlan & Lam (2016) dalam (Rajagopal, Venkatesan and Goh, 2017) adalah suatu pendekatan untuk mengurangi dampak negatif dari gangguan pada rantai pasok dengan melakukan identifikasi risiko, menilai risiko, mitigasi serta monitoring potensial risiko.

Tabel 2.4 Klasifikasi risiko operasional (Rajagopal, Venkatesan and Goh, 2017)

No	Risiko Operasional
1	*Quality risk*
2	*Capacity/inventory risk*
3	*Supply risk*
4	*Demand risk*
5	*Information flow risk*
6	*Transportation risk*
7	*Commodity price fluctuation risk*
8	*Exchange rate risk*
9	*Credit risk*
10	*Environment risk*
11	*Reputation risk*

Identifikasi risiko merupakan fase untuk menentukan prioritas risiko yang mungkin terjadi serta faktor-faktornya dalam rantai pasok. Risiko dalam rantai pasok terdiri dari dua yaitu risiko operasional dan *disruption* (gangguan) (Olson, 2014). Risiko operasional merupakan ketidakpastian dalam terjadi pada elemen rantai pasok seperti permintaan pelanggan, penawaran dan biaya. Sedangkan risiko gangguan berasal dari bencana alam dan buatan manusia. Contohnya banjir, angina topan, tornado, serangan teroris, perang, krisis ekonomi, pemogokan karyawan dan sebagainya. Risiko dapat diidentifikasi dengan interview expert, klasifikasi, *risk mapchen*, *risk checklist*. Menurut Rajagopal, Venkatesan and Goh (2017) terdapat 11 risiko operasional yang dapat dilihat pada Tabel 2.4 Penilaian risiko merupakan fase setelah identifikasi risiko. Pada tahap ini akan menentukan dampak yang akan terjadi pada rantai pasok (Rajagopal, Venkatesan and Goh, 2017). Pada fase mitigasi menentukan strategi yang tepat untuk setiap risiko yang telah diidentifikasi (Rajagopal, Venkatesan and Goh, 2017). Beberapa model strategi untuk mitigasi risiko rantai pasok yaitu *linear programming, non linear programming, continuum approximation model,*

stochastic programming, game theory, dynamic programming, monte carlo simulation, dan sebagainya.

2.4 *Multi Criteria Decision Making* (MCDM)

Multi criteria decision making atau MCDM merupakan metode yang digunakan untuk pengambilan keputusan menentukan alternatif terbaik dari beberapa kandidat berdasarkan kriteria atau atribut tertentu (Pavan & Todeschini, 2009). Tujuan dari MCDM yaitu untuk membantu pembuat keputusan dalam membuat keputusan yang kemudian hasilnya akan mendapatkan alternatif optimal dari beberapa kandidat alternatif. Keputusan ini akan sesuai dengan preferensi pembuat keputusan dan dalam membuat keputusan terdapat lebih dari satu kriteria yang digunakan untuk menilai alternatif yang ada. MCDM memiliki 2 model berdasarkan tujuannya yaitu *Multi-Objective Decision Making* (MODM) dan *Multiple Attribute Decision Making* (MADM). MODM digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah pada ruang kontinu dimana teknik matematik untuk optimasi digunakan dan untuk jumlah alternatif yang sangat besar. Sedangkan MADM digunakan untuk menyelesaikan masalah dalam ruang diskrit dimana analisis matematika tidak terlalu banyak. Sehingga MADM banyak digunakan untuk melakukan penilaian atau seleksi terhadap alternatif dalam jumlah terbatas.

Terdapat tiga tahap proses pengambilan keputusan yaitu, tahap pertama adalah mengidentifikasi dan menstrukturkan masalah yang terdiri dari identifikasi tujuan pengambilan keputusan, masalah yang harus diselesaikan, mengidentifikasi hubungan sebab-akibat serta menentukan kriteria yang digunakan pada proses penilaian. Tahap kedua adalah pengembangan dan pengaplikasian model, tahap ini terdiri dari proses pembuatan model berdasarkan dari referensi pembuat keputusan yang bertujuan untuk membandingkan alternatif-alternatif secara sistematis dan transparan. Tahap ketiga adalah pengambilan keputusan dimana alternatif yang terpilih adalah solusi terbaik yang menghasilkan nilai positif dan memberikan kerugian yang kecil. Terdapat beberapa metode MCDM yang dapat digunakan yaitu *Analytic Network Process, Analytic Hierachy Process,*

PROMETHEE, TOPSIS, DEMATEL, dan lainnya (Penadés-plà, García-segura, Martí, & Yepes, 2016).

2.4.1 *Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL)

Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory atau DEMATEL merupakan metode untuk membangun dan menganalisis model yang terstruktur dan terdapat hubungan sebab akibat diantara faktor-faktornya (Wu & Lee, 2007). Metode DEMATEL dapat digabungkan dengan metode ANP karena mampu menyelesaikan masalah ketergantungan dan *feedback*. Selain itu metode DEMATEL digunakan untuk memperoleh bobot yang lebih akurat (Chen, Hsu and Tzeng, 2011). Metode DEMATEL dapat mengidentifikasi faktor yang saling ketergantungan atau memiliki hubungan melalui diagram sebab akibat. Diagram ini akan menggambarkan konsep dasar hubungan dan kekuatan pengaruh antar faktor. Menurut Uygun, Kaçamak and Atakan (2014) terdapat beberapa langkah penyelesaian dalam metode DEMATEL sebagai berikut:

1. Membuat matriks hubungan secara langsung.

   Beberapa *expert* akan membuat matriks perbandingan berpasangan pengaruh antar kriteria. Metode DEMATEL menggunakan skala perbandingan yaitu dapat dilihat pada tabel 2.1. Penilaian hubungan antar kriteria ini dalam bentuk matriks A perbandingan berpasangan dengan jumlah n x n untuk setiap *expert* dimana a_{ij}^{k} adalah tingkat pengaruh faktor i terhadap faktor j yang penilaiannya dilakukan oleh *expert* ke k.

   Tabel 2.5 Skala Perbandingan DEMATEL

Skala	Definisi
0	Tidak ada pengaruh
1	Pengaruh rendah
2	Pengaruh sedang
3	Pengaruh tinggi
4	Pengaruh sangat tinggi

2. Normalisasi matriks hubungan langsung

   Berdasarkan hubungan matriks A, maka menormalisasi hubungan matriks X langsung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

   $$X = k.A \quad (2.1)$$

$$k = \frac{1}{\max_{1 \le i \le n} \sum_{j=1}^{n} a_{ij}} \quad (2.2)$$

dimana i,j = 1,2,…., n

3. Mendapatkan matriks hubungan total

   Matriks hubungan total atau matriks T dilambangkan sebagai matriks identitas diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

   $$T = X\,(1 - X)^{-1} \quad (2.3)$$

4. Menghitung Vektor *dispactcher* (D) dan *receiver* (R)

   Setiap vektor *dispactcher* (D) dan *receiver* (R) akan sesuai dengan jumlah baris dan kolom pada matriks T. Nilai D+R menunjukkan tingkat kepentingan sebuah kriteria dengan kriteria lainnya. Semakin besar nilainya maka keterkaitannya juga semakin tinggi. Jika nilai D-R positif maka menunjukkan suatu kriteria menjadi penyebab dan dampak ke kriteria lainnya. Sedangkan jika nilai D-R negatif maka menunjukkan suatu kriteria menerima dampak dari kriteria lainnya. Perhitungan D dan R dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

   $$T = [tij]_{nxn'} \qquad \text{i,j = 1,2,3, ……, n} \quad (2.4)$$

   $$D = \left[\sum_{j=1}^{n} t_{ij}\right\}_{nx1} = [tj]_{nx1} \quad (2.5)$$

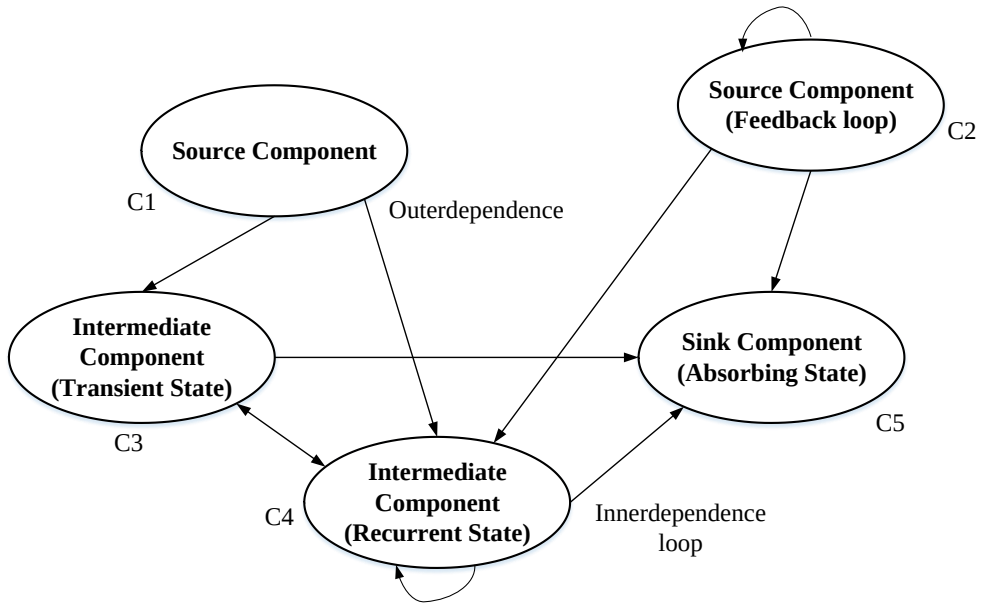
   $$R = \left[\sum_{j=1}^{n} t_{ij}\right\}_{1xm} = [tj]_{nx1} \quad (2.6)$$

5. Membuat diagram sebab akibat

   Berdasarkan hasil matriks total T yang memberikan informasi mengenai hubungan antar kriteria (sebesarap besar pengaruh kriteria i terhadap kriteria j) maka semua informasi tersebut akan dikonversikan dalam diagram sebab akibat. Beberapa *expert* menetapkan nilai ambang batas dimana tujuannya untuk menyaring beberapa hubungan sehingga hanya kriteria yang memiliki nilai melebih dari nilai ambang batas yang akan dimasukkan ke dalam diagram sebab akibat. Diagram sebab akibat diperoleh dengan memetakan data dari (D+R, D-R) dengan sumbu horizontal D+R dan sumbu vertical D-R.

2.4.2 Analytical Network Process (ANP)

ANP merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan MCDM. Metode ANP merupakan metode pengembangan dari metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP), dimana pada metode ANP mampu mengambil keputusan dengan melibatkan interaksi dan keterkaitan antar kriteria serta timbal balik dari kriteria-kriteria dalam *cluster* dan antar *cluster* (Saaty & Vargas, 2006). Metode ini digunakan dalam bentuk penyelesaian dengan pertimbangan atas penyesuaian kompleksitas masalah secara penguraian sintesis disertai adanya skala prioritas yang menghasilkan pengaruh prioritas terbesar. Konsep utama dari ANP yaitu untuk mengetahui ketergantungan dan hubungan dari beberapa variabel yang mempengaruhi pengambilan keputusan. Interaksi dan ketergantungan ini dapat berupa hubungan antar kriteria dengan alternatif dan sebaliknya. Struktur timbal balik tidak memiliki bentuk hirarki (dari atas ke bawah) namun berbentuk jaringan tanpa adanya level yang mengubungan antar komponen elemennya serta terdapat *loop* yang menghubungkan komponen ke dirinya sendiri (Saaty & Sodenkamp, 2008). Pengambilan keputusan dalam aplikasi ANP yaitu dengan melakukan pertimbangan dan validasi atas pengalaman empirical.



Gambar 2.3 *Feedback network* (Saaty, 2001)

Jaringan terdiri dari kelompok elemen dalam satu klaste yang terhubung ke elemen pada klaster lainnya. Pada Gambar 2.2. menunjukkan bahwa terdapat dua jenis hubungan dalam metode ANP yaitu *inner dependence* dan *outer dependence*. *Inner dependence* adalah elemen-elemen pada satu klaster saling mempengaruhi, sedangkan *outer dependence* adalah eleme-elemen antar klaster saling mempengaruhi. C1 dan C2 merupakan *source components* dimana memberikan pengaruh pada klaster lainnya namun tidak dipengaruhi oleh klaster manapun. C5 adalah *sink component* dimana mendapatkan pengaruh dari klaster lainnya. Selanjutnya C3 dan C4 merupakan *transient components* karena terdapat panah saling mempengaruhi dan membentuk *cycle*. Untuk C2 dan C4 terdapat *loop* karena elemen pada klaster tersebut memiliki hubungan keterkaitan (Saaty, 2001). Beberapa tahapan dalam pengambilan keputusan dengan metode ANP adalah sebagai berikut (Saaty & Vargas, 2006):

1. Menyusun struktur masalah dan mengembangkan model keterkaitan

   Melakukan penentuan sasaran atau tujuan dari penyelesaian masalah, menentukan kriteria mengacu pada kriteria kontrol, dan menentukan alternatif pilihan. Jika terdapat elemen-elemen yang memiliki kualitas setara, maka dikelompokkan ke dalam suatu komponen yang sama.
2. Membentuk matriks perbandingan dan skala perbandingan

   Skala fundamental adalah nilai yang digunakan untuk membandingkan setiap unsur yang homogen. Penilaian ini terdiri dari verbal yang ditunjukkan dalam skala dan kemudian terdapat angka yang dikaitkan dengan penilaian tersebut. Pembuat keputusan akan melakukan perbandingan berpasangan dari semua elemen pada struktur ANP. Pada tabel 2.6 akan menunjukkan skala penilaian yang digunakan dalam perbandingan berpasangan. Hasil dari perbandingan berpasangan maka dapat ditentukan prioritas dari setiap kriteria. Kemudian hasil tersebut akan diubah ke dalam matriks perbandingan berpasangan.

Tabel 2.6 Skala Fundamental ANP

Intensitas Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	*Equal importance*	Kedua aktivitas memberikan pengaruh yang sama
2	*Weak or slight*	Nilai yang berada diantara skala 1 dan 3
3	*Moderate importance*	Satu aktivitas lebih memberikan pengaruh dibandingkan pasangannya (aktivitas lainnya)
4	*Moderate plus*	Nilai yang berada diantara skala 1 dan 3
5	*Strong importance*	Satu aktivitas sangat memberikan pengaruh dibandingkan pasangannya (aktivitas lainnya)
6	*Strong plus*	Nilai yang berada diantara skala 1 dan 3
7	*Very strong or demonstrated importance*	Satu aktivitas sangat lebih memberikan pengaruh dibandingkan pasangannya (aktivitas lainnya)
8	*Very, very strong*	Nilai yang berada diantara skala 1 dan 3
9	*Extreme importance*	Satu aktivitas mutlak memberikan pengaruh dibandingkan pasangannya (aktivitas lainnya)

Dalam perhitungan bobot prioritas menggunakan cara yang akurat pada matriks perbandingan dengan *eigenvektor*. Rumus *eigenvector* sebagai berikut:

$$A.w = \lambda_{max}.w \quad (2.6)$$

Keterangan:

A = Matriks perbandingan berpasangan

w = *eigenvector*

λ_{max} = *eigenvalue* terbesar

Selanjutnya menghitung rasio konsistensi penilaian dari *expert*. Hal ini dikarenakan latar belakang serta pengetahuan dari setiap *expert* sehingga dapat terjadi hasil pembobotan yang tidak konsisten, sehingga dibutuhkan tahap menghitung *consistency index* dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Cl = \frac{\lambda_{maks} - \mathrm{n}}{n-1} \quad (2.7)$$

Keterangan:

Cl = *Consistency Index*

n = jumlah elemen yang dibandingkan

Untuk menghitung rasio konsistensi yang diperoleh dari perbandingan

indeks konsistensi dan bilangan *random consistency index.* Penilaian para *expert* dikatakan konsisten jika nilai CR kurang dari 0.1 dan sebaliknya. Tabel 2.7 menunjukkan bilangan *random index* dan rumus rasio konsistensi adalah sebagai berikut:

$$CR = \frac{Cl}{Rl} \quad (2.8)$$

Keterangan:

CR = *Consistency Ration*

Cl = *Consistency Index*

RI = *Random Index*

Tabel 2.7 *Random Index*

N	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

3. Membuat *Supermatrix*

   Supermatrix merupakan hasil vektor prioritas dari perbandingan berpasangan antar *cluster*, *node,* dan alternatif. *Supermatrix* terdiri dari 3 tahap yaitu, *supermatrix* tidak tertimbang (*unweighted supermatrix*), *supermatrix* tertimbang (*weighted supermatrix*) dan *supermatrix* limit (*limiting supermatrix*).

   a. Tahap *Unweighted Supermatrix*

      Unweighted Supermatrix dibuat berdasarkan perbandingan berpasangan antar *cluster*, *node,* dan alternatif dengan cara memasukkan vektor prioritas (*eigen vector*) ke dalam matriks yang sesuai dengan selnya.

   b. Tahap *Weighted Supermatrix*

      Weighted Supermatrix diperoleh dengan cara mengalikan semua elemen pada *Unweighted Supermatrix* dengan nilai yang terdapat dalam matriks *cluster* yang sesuai sehingga setiap kolom memiliki jumlah satu.

   c. Tahap *Limiting Supermatrix*

Selanjutnya untuk memperoleh *Limiting Supermatrix*, *Weighted Supermatrix* dinaikkan bobotnya. Menaikkan bobot *Weighted Supermatrix* dilakukan dengan cara mengalikan supermatriks tersebut dengan dirinya sendiri sampai beberapa kali. Ketika bobot pada setiap kolom memiliki nilai yang sama, maka *Limiting Supermatrix* sudah didapatkan. Pada tahap ini digunakan untuk mendapatkan nilai prioritas yang stabil.

2.4.3 Failure Mode Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode Effect Analysis (FMEA) merupakan metode yang dirancang untuk mengidentifikasi potensi kegagalan dan penyebabnya. Selain itu digunakan untuk mengidentifikasi dampak kegagalan tersebut pada sistem, produk atau proses. Metode FMEA juga digunakan untuk menilai risiko yang kemudian akan dilakukan tindakan untuk mengatasi risiko yang dianggap paling berisiko (Carlson, 2012). Beberapa tujuan FMEA yaitu untuk mengidentifikasi dan mencegah bahaya keselamatan, untuk meminimalisir kehilangan kinerja produk atau penurunan kinerja, untuk meningkatkan rencana pengujian dan verifikasi dalam sistem atau desain FMEA, untuk mengidentifikasi karakteristik produk atau proses, untuk mempertimbangkan perubahan pada desain produk atau proses manufaktur dan sebagainya. Terdapat tiga jenis FMEA menurut (Carlson, 2012) yaitu sebagai berikut.

1. *System* FMEA

   System FMEA berfokus pada kegagalan pada sistem yang terdiri dari keselamatan sistem, integrasi sistem dan masalah lainnya yang menyebabkan sistem secara keseluruhan tidak dapat bekerja dengan semestinya.
2. *Design* FMEA

   Design FMEA berfokus pada kekurangan yang terkait desain dengan penekanan pada peningkatan desain dan memastikan operasi atau proses pembuatan produk aman dan tepat selama peralatan berjalan dengan normal.
3. *Process* FMEA

Process FMEA berfokus pada manufaktur atau proses perakitan yang bertujuan untuk memastikan suatu produk yang dihasilkan menggunakan proses yang baik dan meminimalkan *downtime*, *scrup*, dan *rework*. Selain itu juga tujuannya untuk memastikan risiko yang terjadi pada manufaktur dan perakitan rendah. *Process* FMEA mencakup proses produksi, perakitan, pengiriman bahan baku, penerimaan suku cadang, penyimpanan, konveyor, pemeliharaan *tool* dan pelabelan.

Untuk menilaian risiko akan berlandaskan pada 3 faktor kegagalan yaitu *severity*, *occurence*, dan *detection*. *Severity* digunakan untuk menilai seberapa besar dampak yang disebabkan oleh faktor kegagalan dengan menggunakan skala *severity*. Selain itu *occurrence* digunakan untuk menilai probabilitas kemungkinan terjadinya faktor kegagalan tersebut. *Detection* digunakan untuk mendeteksi penyebab faktor kegagalan sebelum terjadi. Penelitian ini menggunakan skala 1-10 dimana skala pengukuran ini telah ditetapkan pada penelitian terdahulu. Adapun skala penilaian *severity* dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Skala Nilai *Severity* (Shahin, 2004)

Skala	*Severity*	Definisi
10	*Hazardous*	*Failure* memberikan dampak bahaya sangat berat dan dapat mengancam keselamatan perusahaan.
9	*Serious*	*Failure* memberikan dampak bahaya sangat berat dan sangat berpengaruh terhadap perusahaan.
8	*Extreme*	*Failure* memberikan dampak bahaya berat dan sangat berpengaruh terhadap perusahaan.
7	*Major*	*Failure* memberikan dampak bahaya berat dan berpengaruh terhadap perusahaan.
6	*Significant*	*Failure* memberikan dampak bahaya sedang dan berpengaruh terhadap perusahaan
5	*Moderate*	*Failure* memberikan dampak bahaya sedang dan sedikit berpengaruh terhadap perusahaan
4	*Minor*	*Failure* memberikan dampak bahaya ringan dan sedikit berpengaruh terhadap perusahaan
3	*Slight*	*Failure* memberikan dampak bahaya ringan dan tidak berpengaruh terhadap perusahaan
2	*Very Slight*	*Failure* memberikan dampak yang tingkat bahayanya sedikit terhadap perusahaan
1	*No*	*Failure* memberikan dampak yang dapat diabaikan.

Sedangkan skala penilaian *occurrence* menggunakan skala 1-10 dan dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Skala Nilai *Occurrence* (Shahin, 2004)

Skala	*Severity*	Definisi	Probabilitas kejadian
10	*Almost certain*	Kemungkinan *failure* hampir pasti terjadi	$P \geq 0,7$
9	*Very high*	Kemungkinan *failure* terjadi sangat tinggi	$0,55 < P \leq 0,7$
8	*High*	Kemungkinan *failure* terjadi tinggi	$0,5 < P \leq 0,55$
7	*Moderately high*	Kemungkinan *failure* terjadi cukup tinggi	$0,45 < P \leq 0,45$
6	*Medium*	Kemungkinan *failure* terjadi sedang	$0,40 < P \leq 0,45$
5	*Low*	Kemungkinan *failure* terjadi rendah	$0,30 < P \leq 0,40$
4	*Slight*	Sedikit kemungkinan terjadi *failure*	$0,25 < P \leq 0,30$
3	*Very Slight*	Sangat sedikit kemungkinan terjadi *failure*	$0,15 < P \leq 0,25$
2	*Remote*	Kemungkinan jarang terjadi *failure*	$0,10 < P \leq 0,15$
1	*Almost never*	Kemungkinan *failure* hampir tidak mungkin terjadi	$P \leq 0,10$

Sedangkan skala penilaian *detection* menggunakan skala 1-10 dan dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Skala Nilai *Detection* (Shahin, 2004)

Skala	*Severity*	Definisi
10	*Almost impossible*	Kemungkinan *failure* tidak dapat terdeteksi
9	*Remote*	Kemungkinan *failure* dapat terdeteksi sangat kecil
8	*Very slight*	Kemungkinan *failure* dapat terdeteksi kecil
7	*Slight*	Kemungkinan *failure* dapat terdeteksi sangat rendah
6	*Low*	Kemungkinan *failure* dapat terdeteksi rendah
5	*Medium*	Kemungkinan *failure* dapat terdeteksi sedang
4	*Moderat high*	Kemungkinan *failure* dapat terdeteksi sedang tinggi
3	*High*	Kemungkinan *failure* dapat terdeteksi tinggi
2	*Very high*	Kemungkinan *failure* dapat terdeteksi sangat tinggi
1	*Almost certain*	Kemungkinan *failure* secara pasti dapat terdeteksi

Metode FMEA yang digunakan pada penelitian ini mengadopsi dari penelitian yang telah dilakukan Li dan Zeng (2014) dimana terdapat pengembangan pada rumus perhitungan *Risk Priority Number* (RPN). *Failure mode* merupakan penyimpangan tak terduga dari kinerja pemasok dimana *failure mode* akan sesuai dengan kriteria pemilihan pemasok. FMEA dikembangkan untuk pemilihan pemasok dengan memberikan "diskon" pada bobot kriteria sesuai dengan risiko setiap pemasok. Sehingga pemasok yang memiliki risiko tinggi, akan mendapatkan "diskon" yang besar pada bobot kriteria. Bobot kriteria yang telah diberikan "diskon" akan menjadi bobot akhir untuk analisa pemilihan pemasok. Rumus (2.9) hingga (2.11) digunakan untuk perhitungan FMEA sedangkan rumus (2.12) merupakan formulasi integrasi untuk DEMATEL-ANP dan FMEA.

$$R = S\ x\ O \tag{2.9}$$

$$ep = -0.1 * D + 1.55 \tag{2.10}$$

$$RPN = \left(\frac{(R-1)}{99}\right)^{ep} * 100 \tag{2.11}$$

$$Risk\ discount = Bobot\ Kriteria\ dari\ DEMATEL\ ANP * (1 - Risk) \tag{2.12}$$

Keterangan :

S = *Severity*

O = *Occurrence*

D = *Detection*

R = *risk number*

RPN = *risk priority number*

2.5 Penelitian Terdahulu

Subab ini menjelaskan mengenai beberapa penelitian terdahulu yang dapat dilihat pada Tabel 2.10 yang berkaitan dengan penelitian ini yaitu pemilihan pemasok dengan mempertimbangkan *sustainability* serta risiko pada pemasok. Terdapat beberapa penelitian terdahulu sudah melakukan pemilihan pemasok tanpa mempertimbangkan aspek *sustainability* dan masih sangat sedikit penelitian yang mempertimbangkan aspek *sustainability* dalam pemilihan pemasok serta mempertimbangkan risiko saat proses pengadaan bahan baku. Selain itu menurut penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mengenai pemilihan pemasok *sustainability* (Cheraghalipour & Farsad, 2018; Goren, 2018; Kellner & Utz, 2019; Rashidi & Cullinane, 2019) mengatakan bahwa sangat sedikit yang mempertimbangkan hubungan keterkaitan antar kriteria pada pemilihan pemasok *sustainability*, sehingga pada penelitian ini akan memperhitungkan keterkaitan antar kriteria apakah kriteria pemilihan pemasok yang terpilih saling mempengaruhi keputusan pemilihan pemasok.

Metode yang digunakan untuk menghitung bobot kriteria pemilihan pemasok serta hubungan keterkaitan antar kriteria yaitu menggunakan metode DEMATEL dan ANP. Metode DEMATEL digunakan untuk mengidentifikasi hubungan sebab akibat serta kekuatan dampaknya dengan menggunakan perhitungan matriks. Hubungan sebab akibat dan tingkat dampak antar kriteria pada sistem akan digambarkan menggunakan diagram sebab akibat. Hasil dari analisi DEMATEL akan menggambarkan hubungan keterkaitan antar kriteria serta dapat mengetahui kriteria dan subkriteria yang saling mempengaruhi lainnya maupun dirinya sendiri. Metode ANP mampu mengambil keputusan dengan melibatkan interaksi dan keterkaitan antar kriteria serta timbal balik dari kriteria-kriteria dalam *cluster* dan antar *cluster* (Saaty & Vargas, 2006). Metode ini dapat digunakan untuk mengetahui ketergantungan dan hubungan dari beberapa variabel yang mempengaruhi pengambilan keputusan. Interaksi dan

ketergantungan ini dapat berupa hubungan antar kriteria dengan alternatif dan sebaliknya. Metode DEMATEL dapat melengkapi metode ANP sehingga dapat menyelesaikan masalah *feedback* dan ketergantungan secara objektif serta dengan mengintegrasikan kedua metode tersebut dapat memperoleh hasil yang lebih menggambarkan keadaan yang nyata (F. Chen et al., 2011).

Kegagalan yang disebabkan oleh pemasok merupakan risiko bagi perusahaan, sehingga perusahaan harus mengevaluasi dan menilai dampak yang terjadi dari setiap faktor kegagalan. Dalam penelitian ini pemasok yang terbaik adalah pemasok yang memiliki nilai risiko terendah. Selain metode DEMATEL dan ANP, penelitian ini juga menggunakan metode FMEA. Metode FMEA yang digunakan pada penelitian ini mengadopsi dari penelitian yang telah dilakukan Li dan Zeng (2014) dimana terdapat pengembangan pada rumus perhitungan *Risk Priority Number* (RPN). *Failure mode* merupakan penyimpangan tak terduga dari kinerja pemasok dimana *failure mode* akan sesuai dengan kriteria pemilihan pemasok. FMEA dikembangkan untuk pemilihan pemasok dengan memberikan "diskon" pada bobot kriteria sesuai dengan risiko setiap pemasok. Sehingga pemasok yang memiliki risiko tinggi, akan mendapatkan "diskon" yang besar pada bobot kriteria. Bobot kriteria yang telah diberikan "diskon" akan menjadi bobot akhir untuk analisa pemilihan pemasok.

Tabel 2.11 *Journal Review* Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti	Objek Penelitian	Tujuan	Metode	Hasil
1.	Chen, Hsu and Tzeng (2011)	Hotel *hot spring*	Menentukan sub faktor yang mempengaruhi dan sesuai dengan evaluasi kinerja pada hotel-hotel *hot spring*.	Balanced scorecard, DEMATEL-ANP	Penelitian ini menemukan hubungan sebab akibat dari 4 perspektif yang terpilih. Semua perspektif memiliki pengaruh positif terhadap perspektif *finance*. Kemudian dari hasil ANP diperoleh bobot perspektif dan kriteria kemudian dapat diketahui kriteria mana yang harus dipertimbangkan dalam perencaan strategi dan dapat meningkatkan kinerja hotel-hotel *hot spring*.
2.	Mendoza and Ventura (2012)	*Dummy data*	Meminimalkan *order* tahunan, penyimpanan persediaan, dan biaya pembelian dibawah kapasitas pemasok dan konstrain kualitas untuk perencanaan jangka panjang sekaligus menentukan jumlah alokasi pesanan untuk setiap pemasok yang terpilih.	Model *two mixed integer nonlinear programming*.	Berdasarkan hasil perbandingan dari kedua model yaitu model pertama menghasilkan total biaya tahunan yang lebih rendah, namun hasil untuk model kedua yaitu total biaya tahunannya fluktuatif dan pada suatu titik tertentu akan sangat mahal. Hal ini dikarenakan pada model kedua diasumsikan jumlah pesanannya sama.
3.	*Kutlu and Ekmekcioglu (2012)*	Perusahan Otomotif	Pengembangan model yang dilakukan pada penelitian ini dapat diterapkan pada kasus apa saja serta untuk memberikan informasi mengenai pengambilan keputusan manajemen risiko.	Fuzzy FMEA, fuzzy AHP dan fuzzy TOPSIS	Fuzzy FMEA digunakan untuk mendapatkan bobot *severity, occurrence* dan *detection*. Sedangkan untuk mendapatkan bobot *potensial failure mode* menggunakan Fuzzy AHP yang berbasis Fuzzy TOPSIS. Sehingga penelitian ini memberikan kontribusi untuk metode FMEA tradisional dimana sebelumnya belum ada pertimbangan bobot pada *severity, occurrence, detection* dan *failure mode*.

Tabel 2.10 *Journal Review* Penelitian Terdahulu (lanjutan)

No.	Peneliti	Objek Penelitian	Tujuan	Metode	Hasil
4.	Büyüközkan and Çifçi (2012)	Ford Otosan (Perusahaan Manufaktur)	Mengusulkan model evaluasi penilaian pemasok yang sesuai untuk perusahaan yang memiliki tujuan ramah lingkungan.	Fuzzy DEMATEL, ANP dan TOPSIS	Kriteria pemilihan *green supplier* yaitu *quality, cost, time, flexibility, procurement, production, distribution, reverse, packaging, reduce, recycle, remanufacture, reuse, disposal, organization, financial performance, service quality, technology*, dan *green competency*.
5.	Chen and Wu (2013)	Perusahaan *semiconductor*	Untuk membantu perusahaan dalam memilih pemasok yang tepat dengan mempertimbangkan risiko yang kecil saat melakukan pemesanan untuk mengurangi risiko rantai pasok.	Metode yang digunakan adalah modifikasi FMEA dan AHP.	Kriteria yang terpilih untuk pemilihan pemasok yaitu biaya, kualitas, pengiriman, teknologi, produktivitas, dan layanan. Disarankan untuk memilih pemasok sesuai dengan *average* RPN terendah.
6.	Li and Zeng (2014)	Perusahaan Energi	Untuk melakukan pemilihan pemasok dengan mempertimbangkan resiko pada proses keputusan.	Metode yang digunakan adalah FMEA	Kriteria yang digunakan *cost, delivery, quality* dan *service*. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini terdapat perbandingan bobot dengan mempertimbangkan risiko dan tanpa mempertimbangkan risiko. Bobot akhir dalam model keputusan sudah dikurangi dengan *risk discount* yang diperoleh dari modifikasi metode FMEA. Sehingga keputusan perusahaan untuk memilih pemasok tidak hanya bergantung pada hasil evaluasi kinerja pemasok namun juga mempertimbangkan risiko pada pemasok tersebut.

Tabel 2.10 *Journal Review* Penelitian Terdahulu (lanjutan)

No.	Peneliti	Objek Penelitian	Tujuan	Metode	Hasil
7.	*Prasannavenkatesan and Goh (2016)*	Data dari literatur	Untuk memilih pemasok dan mengalokasi pesanan dengan fungsi tujuan minimasi *expected total cost* (terdiri dari biaya logistik, biaya memperoleh bahan baku dari pemasok, dan ekspektasi kerugian pemasok) dan *max total purchase value* (utility manufaktur berdasarkan bobot dari tiap pemasok)	Fuzzy AHP, Fuzzy PROMETHEE, *Multi-Objective Particle Swarm Optimization*	Kriteria yang digunakan *cost, customer service, risk.* Hasil yang diperoleh yaitu jumlah pesanan akan dialokasikan ke pemasok yang memiliki risiko terkecil sehingga dapat meminimalkan *expected total cost* (ETC).
8.	Liu, Liu and Qin (2018)	*Dummy data*	Untuk mengembangkan metode ANP dan VIKOR dengan mempertimbangkan informasi lingkungan yang tidak pasti.	ANP dan VIKOR	Kriteria yang digunakan yaitu ekonomi (*price, profit, transportation*), lingkungan (*waste management, green manufacturing, green packing and labeling*), sosial (*occupational health and safety systemsi, information disclosure*).
9.	*Oguzhan and Erol (2017)*	Perusahaan Otomotif	Untuk mencegah terhadap pemasok yang memiliki risiko dan mengurangi tingkat terjadinya gangguan. Fungsi tujuan dari model yang digunakan pada penelitian ini yaitu meminimalkan biaya yang terdiri dari biaya pembelian dan biaya transportasi.	Model *Linear programming* untuk mengalokasikan pesanan.	Terdapat 5 kriteria risiko yaitu risiko ekonomi, risiko lingkungan, risiko geopolitik, risiko masyarakat, risiko teknologi. Beberapa jumlah pesanan mengalami penambahan dan pengurangan sesuai dengan hasil penilaian risiko.

Tabel 2.10 *Journal Review* Penelitian Terdahulu (lanjutan)

No.	Peneliti	Objek Penelitian	Tujuan	Metode	Hasil
10.	*Vahidi, Torabi and Ramezankhani (2018)*	Perusahaan Otomotif	Untuk memilih pemasok *sustainability* dan permasalahan alokasi pemesanan dalam risiko operasional dan gangguan.	Metode SWOT-QFD, *Best Worst Method, power-law (pareto distribution)* dan Bi-Objective.	Kriteria yang digunakan yaitu ekonomi (*transportation cost, defective rate, delivery lead time, operational cost)*, lingkungan (*minimum using raw materials, energy consumption, amount of solid waste, capability of using green technologies, technology level, pollution production, usage of toxic substances, ISO 14001 certification)*, sosial (*worker safety and labour health, employee satisfaction, job opportunity, cust satisfaction, funding special project, training education and community development, occupational injury and illness*). Berdasarkan model yang diusulkan memberikan 11 solusi yang lebih dan mengurangi total biaya pasokan sebesar 14% atau meningkatnya skor pemasok sebesar 30% dari kondisi saat ini.
11.	Cheraghalipour and Farsad (2018)	Industri Plastik	Untuk melakukan pemilihan pemasok *sustainable* dan alokasi pemesanan dimana mempertimbangkan *quantity discount* dengan risiko yang berdampak pada penentuan harga pembelian serta mempertimbangkan aspek *sustainability* pada pemilihan pemasok.	Model yang digunakan yaitu *bi-objective mixed integer linear programming* dan metode MCDM yang digunakan *Best Worst Method*.	Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu kriteria yang digunakan yaitu ekonomi (*cost, quality, delivery, loyalty, technology, financial situation, service)*, lingkungan (*environment commitment, environment management, product performance, environment pollution, greenhouse gas), sosial (*SOOHS, SOWSH, SOSC, SOSM, SOFA, SOWWH)

Tabel 2.10 *Journal Review* Penelitian Terdahulu (lanjutan)

No.	Peneliti	Objek Penelitian	Tujuan	Metode	Hasil
12.	Alegoz and Yapicioglu (2019)	Percobaan numerik	Untuk pemilihan pemasok dan alokasi pemesanan dengan mempertimbangkan *quantity discount* dan pelayanan cepat. Fungsi tujuan dari model ini min biaya, min *average defect rate* (untuk kriteria kualitas), min *average lead time*, maksimum total *performance score* dan tujuannya akhirnya meminimasi deviasi.	Metode fuzzy TOPSIS, Fuzzy AHP dan Goal Programming.	Kriteria pemilihan pemasok terdiri dari *environment performace, carbon reduction, Environmental and Social Ethic, Innovation and Sustainable Development, Reputation and Position in Industry, Payment Flexibility, Product Personalization, Risk Factor, Warranties and Claims, Communication System, Management and Organization, Economic Stability, Cost, Quality, Supply Capacity, Lead Time*.
13.	Penelitian saat ini (2020)	Perusahaan Farmasi	mengembangkan model keputusan untuk memilih pemasok *sustainable* dengan mempertimbangkan risiko pada pemasok serta mengetahui hubungan keterkaitan antar kriteria pemilihan pemasok *sustainable.*	Metode DEMATEL-ANP dan FMEA	Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu kriteria pemilihan pemasok *sustainable* dan hubungan keterkaitan antar kriteria pada PT XYZ. Selain itu, model keputusan pemilihan pemasok dengan mempertimbangkan risiko pemasok dengan memberikan *risk discount* pada bobot kriteria peimilihan pemasok *sustainable*. Bobot kriteria pemilihan pemasok dan hasil perhitungan RPN akan diintegrasikan sehingga akan menjadi bobot akhir untuk pemilihan pemasok.

Tabel 2.12 Posisi Penelitian

No.	Peneliti	Objek Penelitian	Metode			Pemilihan Pemasok	Risiko	Kriteria		
			MCDM	FMEA	*Mathematical Model*			Ekonomi	Sosial	Lingkungan
1.	Chen, Hsu and Tzeng (2011)	Hotel *hot spring*	DEMATEL-ANP	-	-	-	-	-	-	-
2.	Mendoza and Ventura (2012)	*Dummy data*	-	-	✓	✓	-	-	-	-
3.	*Kutlu and Ekmekcioglu (2012)*	Perusahan Otomotif	Fuzzy AHP dan Fuzzy TOPSIS	✓	-	-	✓	-	-	-
4.	Büyüközkan and Çifçi (2012)	Ford Otosan (Perusahaan Manufaktur)	Fuzzy DEMATEL, Fuzzy ANP dan Fuzzy TOPSIS	-	-	✓	-	✓	-	✓
5.	Chen and Wu (2013)	Perusahaan *semiconductor*	AHP	✓	-	✓	✓	✓	-	-
6.	Li and Zeng (2014)	Perusahaan Energi	-	✓	-	✓	✓	✓	-	-
7.	*Prasannavenkatesan and Goh (2016)*	Data dari literatur	Fuzzy AHP, Fuzzy PROMETHEE	-	✓	✓	✓	✓	-	-
8.	Liu, Liu and Qin (2018)	*Dummy data*	ANP dan VIKOR	-	-	✓	-	✓	✓	✓
9.	*Oguzhan and Erol (2017)*	Perusahaan Otomotif	-	-	✓	✓	✓	-	-	-
10.	*Vahidi, Torabi and Ramezankhani (2018)*	Perusahaan Otomotif	*Best Worst*	-	✓	✓	-	✓	✓	✓

Tabel 2.11 Posisi Penelitian (lanjutan)

No.	Peneliti	Objek Penelitian	Metode			Pemilihan Pemasok	Risiko	Kriteria		
			MCDM	FMEA	*Mathematical Model*			Ekonomi	Sosial	Lingkungan
11.	Cheraghalipour and Farsad (2018)	Industri Plastik	*Best Worst*	-	✓	✓	-	✓	✓	✓
12.	Alegoz and Yapicioglu (2019)	Percobaan numerik	Fuzzy TOPSIS, Fuzzy AHP	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
13.	Penelitian saat ini (2020)	Perusahaan Farmasi	DEMATEL-ANP	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 3
METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan menjelaskan mengenai metodologi penelitian pemilihan pemasok *sustainable* berdasarkan risiko kegagalan pemasok dengan mengintegrasikan metode DEMATEL-ANP dan FMEA. Terdapat beberapa langkah pengerjaan dalam penelitian ini dan dapat dilihat pada Gambar 3.1 yang menunjukkan diagram alir metodologi penelitian. Beberapa tahapan yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini akan dijelaskan secara rinci dalam bab ini.

3.1 Identifikasi dan Studi Literatur

Pada tahap ini terdiri dari studi literatur dan identifikasi masalah. Studi literatur merupakan suatu proses mengumpulkan dan mempelajari beberapa referensi yang berkaitan dengan penelitian yang ingin dilakukan. Selain itu juga dengan studi literatur maka diperoleh gap penelitian yang dapat dikembangkan pada penelitian ini. Kemudian peneliti menganalisa beberapa permasalahan yang terkait serta menentukan tujuan penelitian. Fokus penelitian ini adalah pemilihan pemasok *sustainable* berdasarkan risiko kegagalan dari masing-masing pemasok.

3.2 Pengumpulan Data

Pada tahapan ini peneliti akan melakukan pengumpulan data yang sesuai dengan penelitian yang akan dilakukan serta menentukan data apa saja yang dibutuhkan pada penelitian ini. Penelitian ini akan dilakukan pada PT. XYZ yaitu perusahaan yang bergerak di industri farmasi. Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder. Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung dengan mengumpulkan data berupa catatan atau laporan historis. Data tersebut antara lain:

a. Profil perusahaan
b. Proses pengadaan bahan baku
c. Kriteria Pemilihan Pemasok *Sustainable*

d. Profile risiko pemasok bahan baku.
e. Data pemasok
f. Data bahan baku

Sedangkan untuk data primer, pengambilan data dilakukan secara langsung yaitu melalui observasi, wawancara dan kuesioner. Proses pengumpulan data primer terdapat beberapa tahapan yaitu:

a. Menentukan *expert* dalam bidang pemilihan pemasok di PT XYZ.
b. Melakukan konfirmasi kriteria yang diadopsi dari beberapa penelitian terdahulu dan disesuaikan dengan keadaan dan strategi perusahaan. Hasil dari tahap ini berupa kriteria akhir yang telah disetujui oleh pihak perusahaan dan dapat digunakan pada tahap selanjutnya.
c. Mendesain 2 (dua) kuesioner yaitu kuesioner pertama yang digunakan untuk mengidentifikasi hubungan pengaruh antar kriteria dan subkriteria pemilihan pemasok. Selanjutnya kuesioner kedua yaitu perbandingan berpasangan atau *pairwise comparison* yang digunakan untuk mendapatkan bobot subkriteria dalam kriteria pemilihan pemasok *sustainable*. Kedua kuesioner akan diberikan kepada *expert* yang sama. Hasil dari kuesioner kedua akan diolah dengan menggunakan metode DEMATEL. Hasil pengumpulan data dari kuesioner kedua akan menjadi input untuk metode ANP.

3.3 Tahap Pengolahan Data

Setelah mendapatkan beberapa data maka selanjutnya adalah melakukan pengolahan data. Pengolahan data terbagi menjadi dua yaitu pengolahan data menggunakan DEMATEL-ANP dan FMEA. Berikut penjelasan langkah pengerjaan untuk setiap metode pada penelitian ini.

3.3.1 Pengolahan Data dengan DEMATEL-ANP

Setelah mengidentifikasi kriteria apa saja yang digunakan untuk memilih pemasok pada PT XYZ dengan mempertimbangkan aspek *sustainable*, kemudian mengidentifikasi hubungan keterkaitan antar kriteria dengan menggunakan

metode DEMATEL. Beberapa langkah penyelesaian dengan metode DEMATEL yaitu:

1. Membuat matriks hubungan secara langsung.

   Kuesioner pertama akan diberikan kepada beberapa *expert* dan *expert* akan menilai hubungan antar kriteria dalam bentuk matriks perbandingan berpasangan.

2. Normalisasi matriks hubungan langsung

   Tahap ini akan menormalisasi matriks hubungan langsung yang diperoleh dari tahap 1 dengan menggunakan persamaan (2.1) dan (2.2).

3. Mendapatkan matriks hubungan total

   Matriks hubungan total atau matriks T dilambangkan sebagai matriks identitas diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.3).

4. Menghitung Vektor *dispactcher* (D) dan *receiver* (R)

   Setiap vektor *dispactcher* (D) dan *receiver* (R) akan sesuai dengan jumlah baris dan kolom pada matriks T. Nilai D+R menunjukkan tingkat kepentingan sebuah kriteria dengan kriteria lainnya. Semakin besar nilainya maka keterkaitannya juga semakin tinggi. Jika nilai D-R positif maka menunjukkan suatu kriteria menjadi penyebab dan dampak ke kriteria lainnya. Sedangkan jika nilai D-R negatif maka menunjukkan suatu kriteria menerima dampak dari kriteria lainnya. Perhitungan D dan R dengan menggunakan persamaan (2.5) dan (2.6).

5. Membuat diagram sebab akibat

   Berdasarkan hasil matriks total T yang memberikan informasi mengenai hubungan antar kriteria (sebesarap besar pengaruh kriteria i terhadap kriteria j) maka semua informasi tersebut akan dikonversikan dalam diagram sebab akibat. Beberapa *expert* menetapkan nilai ambang batas dimana tujuannya untuk menyaring beberapa hubungan sehingga hanya kriteria yang memiliki nilai melebih dari nilai ambang batas yang akan dimasukkan ke dalam diagram sebab akibat. Diagram sebab akibat diperoleh dengan memetakan data dari (D+R, D-R) dengan sumbu horizontal D+R dan sumbu vertical D-R.

Selanjutnya pengolahan data dengan metode ANP dengan beberapa tahap yaitu:

a. Membuat jaringan ANP yang diperoleh dari hasil perhitungan dengan menggunakan DEMATEL. Jaringan ini akan menunjukkan hubungan antar kriteria serta hubungan antar sub kriteria. Selain itu model jaringan ini digunakan pada tahap selanjutnya dengan menentukan kriteria mana saja yang dibandingkan pada matriks perbandingan.
b. Pada tahap ini beberapa *expert* akan diberikan kuesioner perbandingan berpasangan dengan menggunakan skala ANP. Hasil dari kuesioner tersebut akan dihitung bobot masing-masing kriteria. Perhitungan bobot dimulai dengan menjumlahkan satu kolom kebawah untuk masing-masing kriteria, kemudian nilai dari masing-masing kriteria akan dibagi dengan masing-masing jumlah tersebut. Hasil yang diperoleh akan dirata-rata menyamping pada masing-masing kriteria. Bobot yang diperoleh pada tahap ini akan diolah pada tahap selanjutnya.
c. Selanjutnya melakukan uji konsistensi yang bertujuan untuk melihat keakuraran nilai *judgement* yang diberikan oleh *expert*. Perhitungan uji konsistensi terdiri dari *consistency ratio* (CR) dan *consistency index* (CI). Jika hasil dari uji konsistensi menunjukkan bahwa pembobotan tidak konsisten maka angka yang dinilai *outlier* akan dihilangkan dan dilakukan pembobotan ulang. Hasil *consistency ratio* tidak boleh melebihi dari 10% dan semakin mendekati angka 0 maka menunjukkan bahwa matriks tersebut konsisten.
d. Membuat supermatrix yang terdiri dari 3 tahap yaitu *unweighted supermatrix* diperoleh dari hasil pembobotan antar kriteria, *weighted supermatrix* diperoleh dari hasil perkalian semua elemen *unweighted supermatrix*, dan *limit matrix*.

3.3.2 Pengolahan Data dengan FMEA

Pengolahan data dengan menggunakan metode FMEA terdiri dari beberapa tahap yaitu:

1. Mengidentifikasi mode kegagalan (*failure mode*) pasokan bahan baku berdasarkan kriteria pemilihan pemasok yang terpilih. Dalam mengidentifikasi potensi kegagalan untuk setiap kriteria, peneliti melakukan diskusi dengan *expert*.
2. Mengidentifikasi akibat kegagalan dan penyebab dari masalah potensial yang terjadi.
3. Menentukan nilai *severity* yaitu seberapa besar dampak dari kegagalan yang terjadi.
4. Menentukan nilai *occurence* yaitu mengacu pada seberapa banyak frekuensi dari kegagalan yang terjadi.
5. Menentukan nilai *detection* yaitu mengacu pada kemungkinan metode deteksi dapat mendeteksi kegagalan yang terjadi.
6. Menghitung nilai *risk priority number* atau RPN dengan persamaan 2.11.

3.3.3 Pengolahan Data dengan Mengintegrasikan Metode DEMATEL-ANP dan FMEA

Pengolahan data pada tahap ini yaitu mengintegrasikan metode DEMATEL-ANP dan FMEA dengan persamaan 2.12. Bobot yang diperoleh dari pengolahan data ANP dan RPN yang diproleh pengolahan data dengan metode FMEA akan menjadi input pada tahap ini. Hasil yang diperoleh dari tahap ini yaitu bobot akhir yang digunakan untuk analisa keputusan pemilihan pemasok.

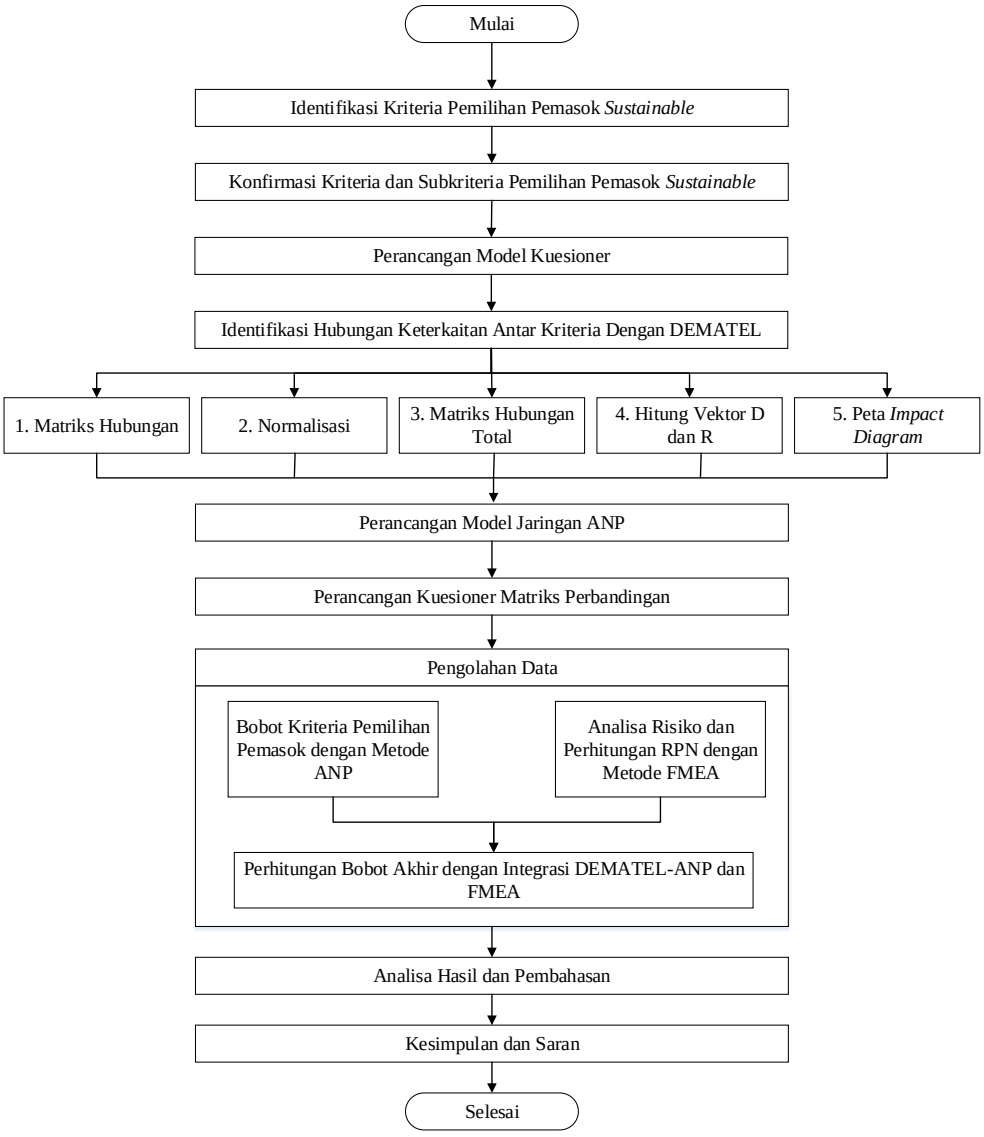
3.4 Tahap Analisa dan Pembahasan

Pada tahap ini dilakukan analisa hasil yang diperoleh dari pengolahan data dengan menggunakan metode DEMATEL-ANP dan FMEA. Hasil yang pertama akan diketahui yaitu informasi mengenai kriteria pemilihan pemasok yang dapat diterapkan pada PT XYZ dengan mempertimbangkan *sustainable* dan risiko. Kemudian pengaruh atau dampak serta hubungan antar kriteria pemilihan

pemasok. Hasil yang kedua yaitu bobot akhir dengan integrasi ANP dan FMEA dimana hasil tersebut akan digunakan untuk keputusan pemilihan pemasok.

3.5 Tahap Penarikan Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini telah dilakukan penarikan kesimpulan berdasarkan tujuan penelitian yang telah dirumuskan pada bab selanjutnya. Dari penarikan kesimpulan ini peneliti dapat mengetahui apa saja yang telah didapatkan dari penelitian. Sementara untuk penelitian yang akan datang akan diberikan saran sebagai masukan untuk penelitian selanjutnya.



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi

BAB 4
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan menjelaskan mengimplementasikan metodologi pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian. Pengumpulan data diperoleh dari hasil wawancara, kuesioner yang diberikan kepada para *expert* serta data sekunder. Kemudian pada bab ini akan menjelaskan secara detail tahap pengolahan data serta hasil yang diperoleh dengan mengintegrasikan metode DEMATEL-ANP dan FMEA.

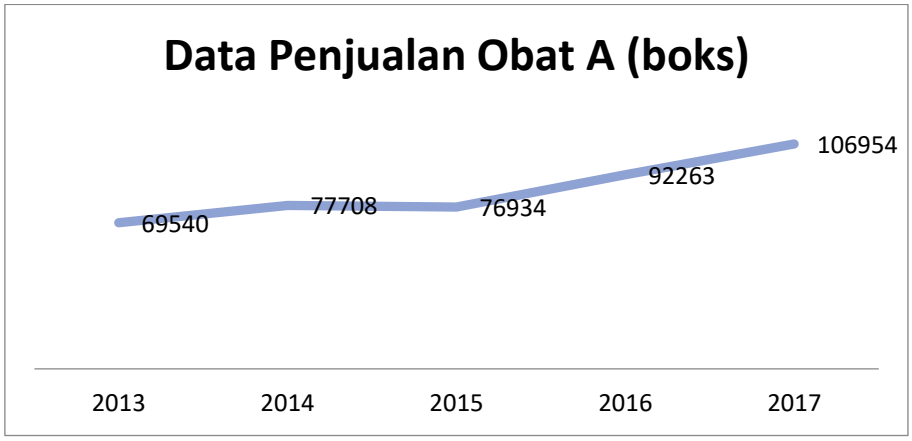
4.1 Gambaran Umum Perusahaan

PT. XYZ merupakan salah satu perusahan farmasi terbesar di Indonesia. Perusahaan ini memproduksi dan memasarkan obat-obatan di Indonesia. Kepemilikan saham sebesar 56.7% dimiliki oleh PT. ABC dan sisanya 46% dimiliki oleh masyarakat umum. Perusahaan ini berkomitmen tinggi pada standart kualitas serta lingkungan dan dibuktikan dengan implementasi cara pembuatan obat yang baik. Sampai saat ini PT. XYZ telah memproduksi lebih dari 284 macam produk dan dikelompokkan menjadi produk dengan nama dagang, produk obat generik, produk pesanan pemerintah dan produk paten. Selain itu perusahaan juga memproduksi produk lisensi dari perusahaan di beberapa Negara. Selain untuk memenuhi kebutuhan nasional, PT. XYZ melakukan kerjasama eksport obat ke beberapa negara.

4.2 Penentuan Material dan Alternatif Awal Pemasok

Sebelum mengidentifikasi kriteria pemilihan pemasok maka dilakukan terlebih dahulu penentuan bahan baku serta pemasoknya yang menjadi objek pengamatan pada penelitian ini. Pada tahap ini dilakukan observasi dan wawancara pada departemen pengadaan untuk memperoleh bahan baku dan pemasok yang tepat untuk penelitian ini. PT. XYZ memproduksi beberapa produk obat-obatan, namun produk utama yang dihasilkan adalah obat A. Obat A adalah produk dengan nama dagang yang digunakan sebagai obat anti mabuk perjalanan

dengan penguasaan share 98% dari total market dan permintaan setiap tahunnya terus meningkat yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Data Penjualan Obat A Periode 2013-2017

Terdapat beberapa bahan baku penyusun dalam pembuatan obat A yaitu zat aktif dan bahan tambahan seperti bahan pengisi, bahan penghancur, bahan pengikat dan bahan pelicin. Di antara beberapa bahan penyusun tersebut zat aktif merupakan bahan baku utama dalam pembuatan obat A. Zat aktif yang digunakan dalam pembuatan obat A adalah dimenhydrinate. Untuk memenuhi permintaan tersebut terdapat beberapa pemasok dimenhydrinate yaitu pemasok 1, pemasok 2 dan pemasok 3. Beberapa pemasok tersebut akan menjadi alternatif dalam model jaringan ANP.

4.3 Konfirmasi Kriteria dan Subkriteria

Kriteria dan subkriteria pemilihan pemasok *sustainable* didasarkan pada beberapa penelitian terdahulu yang dapat dilihat pada Tabel 2.1. Terdapat 3 aspek yaitu ekonomi, lingkungan, dan sosial dimana masing-masing aspek terdapat kriteria dan subkriteria. Ekonomi adalah aspek utama dalam pemilihan pemasok tradisional dan berdasarkan beberapa penelitian terdahulu aspek ekonomi merupakan faktor penting untuk dipertimbangkan. Kriteria pemilihan pemasok dengan mempertimbangkan aspek ekonomi berkaitan dengan pembelian bahan baku seperti harga, dan lain-lainnya. Lingkungan merupakan salah satu aspek

yang penting untuk dipertimbangkan dalam pemilihan pemasok jika suatu perusahaan ingin beroperasi secara berkelanjutan. Aspek lingkungan berhubungan dengan tanggung jawab pemasok terhadap lingkungan.

Kriteria dan subkriteria yang diadopsi dari beberapa penelitian terdahulu, kemudian diajukan dan dilakukan wawancara kepada *expert* departemen pengadaan PT XYZ. Tujuannya untuk menentukan kriteria dan subkriteria mana saja yang sesuai dengan strategi PT. XYZ. Berdasarkan kriteria yang diajukan kepada *expert* sebanyak 10 kriteria dan 20 subkriteria yang telah disetujui, namun terdapat 8 subkriteria yang ditolak. Selain itu terdapat 1 subkriteria yang menurut *expert* perlu ditambahkan karena sesuai dengan strategi perusahaan yaitu *size of product*. Tabel 4.1 menunjukkan daftar kriteria dan subkriteria yang telah dikonfirmasi pemasok berserta definisinya.

Tabel 4.1 Daftar Kriteria dan Subkriteria Persetujuan *Expert*

Kriteria	**Deskripsi**	**Subkriteria**	**Deskripsi**
Cost/Price	Kriteria *cost/price* dipertimbangkan karena perusahaan memiliki batasan biaya yang dikeluarkan saat membeli bahan baku, sehingga perlu mempertimbangkan biaya atau harga yang ditawarkan pemasok.	*Product price*	Harga bahan baku yang ditawarkan oleh pemasok.
		Transportation cost	Biaya transportasi untuk impor bahan baku dari masing-masing negara pemasok.
		Payment term	Kemampuan pemasok dalam memberikan persyaratan pembayaran yang mudah bagi perusahaan.
		Duty	Tarif Bea cukai atas impor bahan baku farmasi.
Delivery	Kemampuan pemasok mengiriman bahan baku dari titik sumber ke tujuan yang telah ditentukan.	*On time delivery*	Kemampuan pemasok dalam mengirimkan bahan baku sesuai dengan jadwal yang telah disepakati.
		Lead Time	Kemampuan pemasok dalam menawarkan waktu tunggu dari mulai pesan hingga bahan baku dating (*lead time*).
Quality	Perusahaan harus memastikan bahan baku yang dikirimkan oleh pemasok memenuhi syarat yang telah ditentukan oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan.	*Supplier certification*	Pemasok memiliki sertifikat yang berkaitan dengan kualitas bahan baku farmasi seperti ISO 9001, *Good Manufacturing Practices* (GMP).
		Chemical purity	Tingkat kemurnian senyawa bahan baku yang akan dikirimkan oleh pemasok.
Production Facilities and Capacity	Fasilitas dan kapasitas produksi pemasok sesuai dengan persyaratan perusahaan.	*Supply capacity*	Kemampuan kapasitas pemasok dalam memenuhi permintaan perusahaan.
		Size of product	Kemampuan pemasok dalam menawarkan atau menyediakan ukuran produk (1 L atau 1 Kg) yang sesuai dengan keinginan perusahaan.

Tabel 4.1 Daftar Kriteria dan Subkriteria Persetujuan *Expert* (lanjutan)

Kriteria	Deskripsi	Subkriteria	Deskripsi
Service	Efisiensi penjadwalan dan kemampuan untuk menangani perubahan pesanan, layanan *after-sales*, mau diajak untuk memecahkan masalah.	*After sales service*	Kemampuan pemasok memberikan layanan setelah perusahaan membeli bahan baku (*after sales*) seperti kemudahan prosedur dalam mengajukan penggantian bahan baku.
		Warranty	Kemampuan pemasok dalam memberikan garansi pada bahan baku jika terjadi ketidaksesuaiannya.
Financial Capability	Perusahaan memastikan bahwa pemasok memiliki posisi keuangan yang baik.	*Financial stability*	Stabilitas keuangan pemasok yang baik dalam jangka waktu panjang.
Pollution production	Polusi yang dihasilkan saat proses produksi.	*Pollution control*	Pemasok mengontrol dan mengurangi polusi yang diakibatkan dari proses produksi.
Environmental management System	Sistem yang secara komprehensif mengevaluasi kinerja lingkungan internal dan eksternal organisasi	*Environment Certification*	Pemasok memiliki sertifikat yang berkaitan dengan lingkungan seperti ISO 14000
		Green technology	Pemasok menggunakan teknologi ramah lingkungan guna meningkatkan produksi ramah lingkungan.
		Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources	Pemasok menggunakan material yang memiliki dampak kecil pada sumber daya alam.
Green Transportation	Upaya pemasok untuk meminimalkan polusi yang diakibatkan dari transportasi	*Eco-efficient transportation*	Pemasok menggunakan moda transportasi yang hemat energi dan ramah lingkungan.
		Green fuels	Pemasok menggunakan bahan bakar ramah lingkungan.
Occupational health and safety management systems	Pemasok memperhatikan kesehatan dan keselamatan kerja serta menyediakan tempat kerja yang aman bagi karyawan.	*Health and safety practices*	Kemampuan pemasok dalam mematuhi persyaratan keselamatan dan kondisi kesehatan pekerja seperti terdapat rambu-rambu keselamatan kerja yang digunakan sebagai pencegahan terhadap kecelakaan kerja.
		OHSAS 18001	Pemasok memiliki sertifikat sistem manajemen kesehatan dan keselamatan kerja seperti OHSAS 18001.

4.4 Identifikasi Hubungan Antar Subkriteria Dengan DEMATEL

Untuk mengetahui hubungan atau pengaruh antar subkriteria dengan menggunakan metode DEMATEL maka dilakukan penyebaran kuesioner yang diberikan kepada 2 *expert* yaitu manager pengadaan bahan baku dan staf pengadaan. *Expert* melakukan penilaian hubungan antar subkriteria dengan

menggunakan skala bilangan bulat 0 untuk tidak ada pengaruh hingga 4 yang menunjukkan pengaruh sangat tinggi. Pada Tabel 4.2 menunjukkan hasil kuesioner identifikasi hubungan antar subkriteria yang dilakukan oleh salah satu *expert*. Kemudian hasil kuesioner dari kedua *expert* dihitung rata-rata diantara untuk membentuk matriks hubungan awal serta data tersebut akan diolah menggunkana metode DEMATEL. Data tersebut akan diolah dengan menggunakan *Microsoft Excel* sesuai dengan tahapan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Hasil perhitungan normalisasi matriks hubungan dengan menggunakan persamaan (2.1) dan (2.2) dapat dilihat pada lampiran 2.

Tabel 4.2 Kuesioner DEMATEL

Subkriteria	*Product price*	*Transportation cost*	*Payment Term*	*Duty*	*On time delivery*	*Lead Time*	*Supplier certification*	*Chemical purity*	*Supply capacity*	*Size of product*	*After sales service*	*Warranty*	*Financial stability*	*Pollution control*	*Environment Certification*	*Green Technology*	*Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources*	*Eco-efficient transportation*	*Green fuels*	*Health and safety practices*	*OHSAS 18001*
Product price	0	0	2	3	0	1	2	2	1	3	0	3	4	1	1	2	2	1	0	0	0
Transportation cost	0	0	2	1	4	2	0	0	0	0	2	3	0	2	0	0	0	3	1	2	2
Payment term	3	1	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	3	0	0	1	1	1	1	0	0
Duty	1	1	0	0	4	2	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
On time delivery	4	4	2	0	0	4	0	3	0	0	3	4	1	0	0	2	0	0	0	2	0
Lead Time	1	1	1	0	3	0	0	3	1	0	2	1	1	0	0	2	2	1	1	2	2
Supplier certification	2	0	0	1	0	1	0	4	2	1	3	4	1	4	1	3	2	1	0	4	4
Chemical purity	3	0	0	2	2	2	4	0	1	1	4	4	1	3	3	1	4	1	0	0	0
Supply capacity	0	3	0	1	0	2	0	0	0	2	0	1	1	2	1	2	0	1	1	2	2
Size of product	3	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	0	0	1	0	1	0	0	0
After sales service	0	1	3	0	2	1	1	2	2	1	0	4	1	0	1	2	3	1	1	0	0
Warranty	1	1	0	0	3	2	2	3	0	1	3	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0
Financial stability	3	0	4	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	2	0	1	2	1	1	2	2
Pollution control	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	4	4	2	0	3	4	4
Environment Certification	2	0	0	0	0	0	2	2	0	0	2	0	1	4	0	3	3	0	4	2	2
Green technology	3	0	0	0	3	2	3	3	2	0	1	2	1	4	4	0	2	0	0	2	2
Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources	1	0	0	3	0	0	4	1	1	0	1	2	2	4	3	2	0	0	0	2	2
Eco-efficient transportation	0	3	0	0	2	2	0	2	0	0	2	2	2	0	2	0	0	0	4	0	0
Green fuels	0	3	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	4	0	0	4	0	0	0
Health and safety practices	1	0	2	0	2	1	3	4	2	0	2	2	3	0	2	4	2	0	0	0	4
OHSAS 18001	1	0	1	0	3	1	0	0	3	0	1	0	2	0	2	2	2	0	0	4	0

Kemudian untuk perhitungan matriks hubungan secara total diperoleh dengan persamaan (2.3) dan (2.4) dan pengolahannya menggunakan *software* Matlab. Hasil perhitungan matriks hubungan secara total dapat dilihat pada lampiran 3. Langkah selanjutnya setelah diperoleh matriks hubungan secara total yaitu menghitung vektor D dan R dengan menggunakan rumus persamaan (2.5) dan (2.6) untuk menghitung *prominence* (D+R) dan *relation* (D-R). Nilai *prominence* (D+R) menunjukkan tingkat kepentingan subkriteria terhadap pemilihan pemasok *sustainable*, namun untuk nilai *relation* (D-R) menunjukkan hubungan sebab akibat pada subkriteria.

Tabel 4.3 menunjukkan hasil perhitungan vektor D, vektor R, vektor D-R, dan vektor D+R. Nilai vektor D diperoleh dari penjumlahan baris disetiap subkriteria pada matriks hubungan total, sedangkan untuk nilai vektro R diperoleh dari penjumlahan setiap kolom disetiap subkriteria pada matriks hubungan total. Kemudian setelah diperoleh nilai D dan R dilakukan perhitungan D+R dan D-R. Hasil dari perhitungan pada tahap ini akan digunakan sebagai *input* untuk membuat peta *impact diagram*. Peta *impact diagram* ini digunakan untuk mengetahui hubungan keterkaitan antar subkriteria dan subkriteria dengan membandingkan nilai batasan atau *threshold value* dengan matriks hubungan total. *Thresshold value* ini diperoleh dari rata-rata matriks hubungan total dan hasilnya diperoleh sebesar 0.0884.

Untuk mengetahui setiap subkriteria memiliki hubungan keterkaitan dengan subkriteria lain dengan cara membandingkan *thresshold value* dengan nilai dari matriks. Jika nilai matriks lebih besar daripada *thresshold value* maka subkriteria tersebut memiliki pengaruh terhadap subkriteria lain dan sebaliknya jika nilai matriks lebih kecil daripada *thresshold value* maka subkriteria tidak memiliki pengaruh terhadap subkriteria lain. Hasil yang diperoleh dari Tabel 4.3 kemudian akan dilanjutkan untuk membuat peta *impact diagram* yang dapat dilihat pada lampiran 4. Kemudian dapat digunakan sebagai *input* untuk membuat model jaringan ANP.

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Vektor D-R dan Vektor D+R

Subkriteria	D	R	D-R	D+R
Product price	2.096354	1.782328	0.314026	3.878682
Transportation cost	1.551809	1.166119	0.385691	2.717928
Payment term	1.019359	1.292342	-0.27298	2.311702
Duty	0.894822	0.713199	0.181623	1.608021
On time delivery	1.860206	1.83068	0.029525	3.690886
Lead Time	1.585018	1.785561	-0.20054	3.37058
Supplier certification	2.870785	1.680299	1.190486	4.551084
Chemical purity	2.874041	2.106012	0.768028	4.980053
Supply capacity	1.497279	1.538317	-0.04104	3.035596
Size of product	0.774958	0.738744	0.036214	1.513701
After sales service	1.603955	2.147732	-0.54378	3.751686
Warranty	1.558693	2.240793	-0.6821	3.799486
Financial stability	1.521456	1.898239	-0.37678	3.419695
Pollution control	1.396742	1.801697	-0.40496	3.198439
Environment Certification	1.905192	1.972376	-0.06718	3.877568
Green technology	2.369382	2.031921	0.337461	4.401303
Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources	1.856585	2.015119	-0.15853	3.871704
Eco-efficient transportation	1.226943	1.331789	-0.10485	2.558732
Green fuels	0.941875	1.332187	-0.39031	2.274062
Health and safety practices	2.292402	1.694758	0.597644	3.98716
OHSAS 18001	1.519503	1.567025	-0.04752	3.086528

4.5 Pengolahan Data Dengan *Analytic Network Process* (ANP)

Setelah diketahui hubungan keterkaitan antar kriteria maka dilakukan perhitungan bobot pada masing-masing kriteria, subkriteria dan pemasok. Dalam melakukan perhitungan bobot pada model ANP ini terdapat beberapa tahapan yang terdiri dari penyusunan model jaringan, pembobotan, hasil perbandingan berpasangan kriteria-subkriteria, hasil perbandingan berpasangan subkriteria-pemasok, perhitungan bobot global, dan uji sensitivitas.

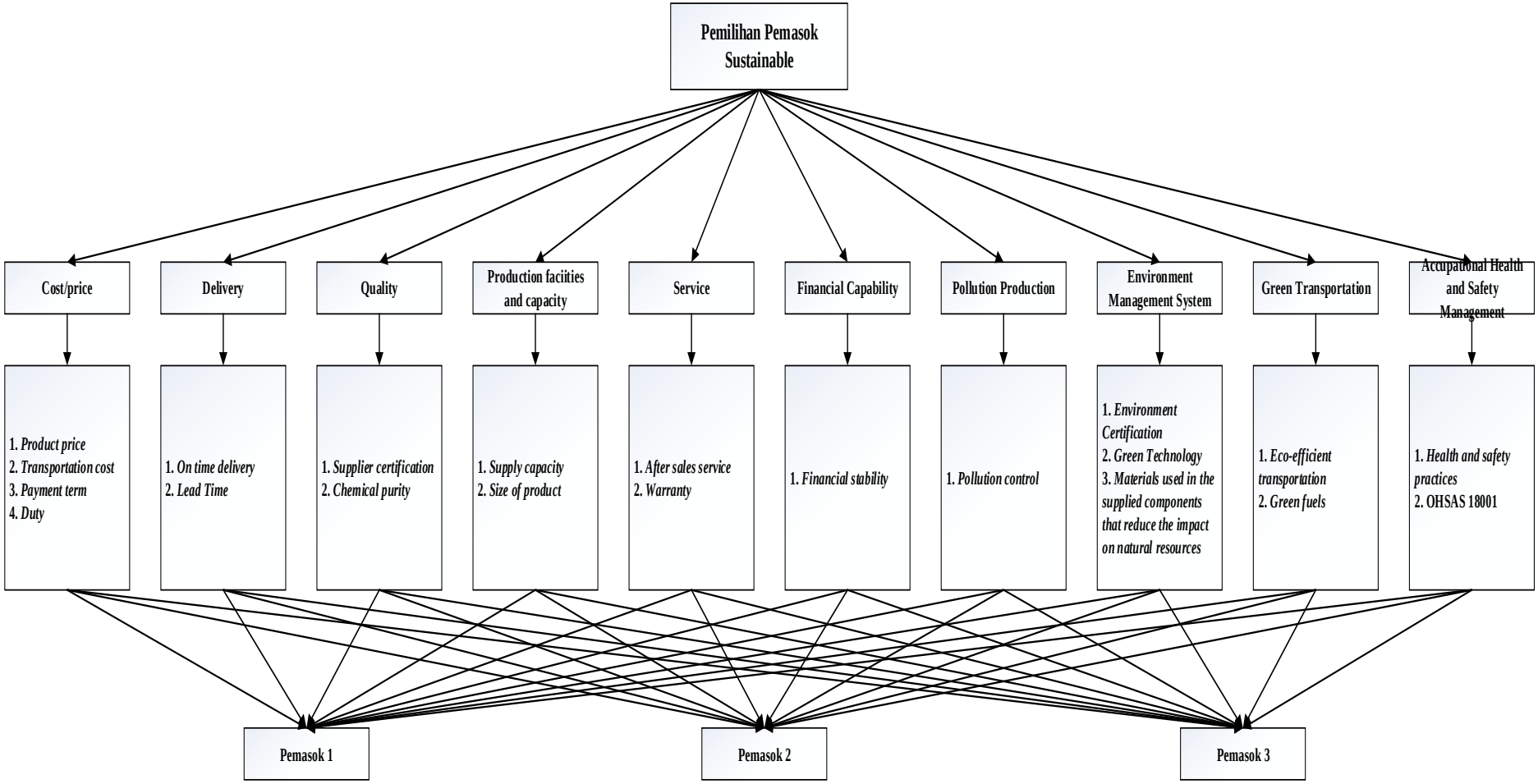
4.5.1 Penyusunan Model Jaringan *Analytic Network Process* (ANP)

Setelah diperoleh peta *impact diagram* pada pengolahan metode DEMATEL maka tahap selanjutnya adalah membuat model jaringan *analytic*

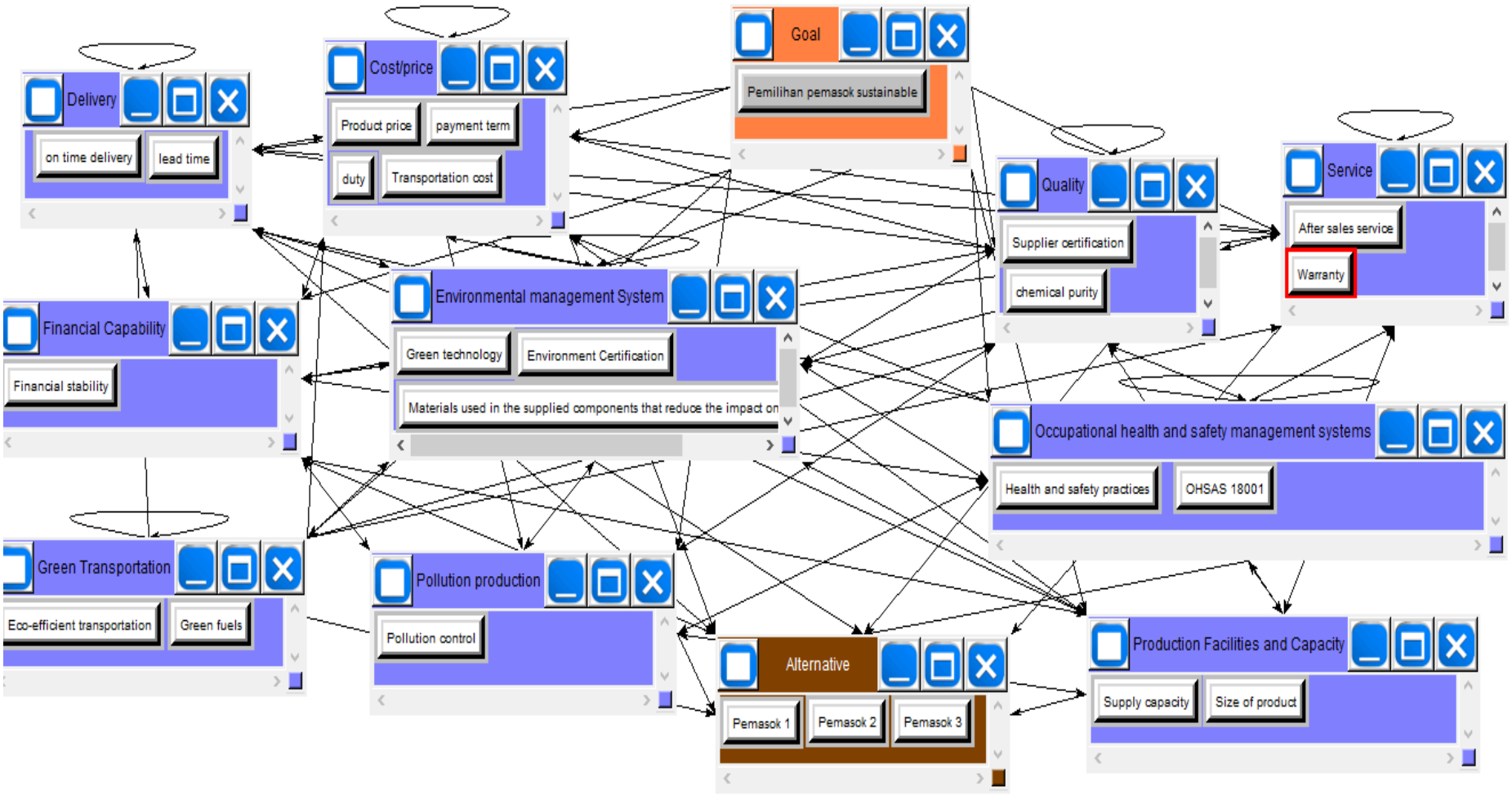
network process (ANP), dimana semua proses pengolahan data ANP menggunakan *software super decision*. Untuk memudahkan logika dalam pengambilan keputusan maka pertama yang dilakukan adalah membuat model hirarki pengambilan keputusan pemilihan pemasok. Pada Gambar 4.2 menunjukkan model hirarki pengambilan keputusan pemilihan pemasok *sustainable* pada PT. XYZ. Kemudian setelah dilakukan pembuatan model hirarki pengambilan keputusan maka dilakukan pembuatan model jaringan ANP berlandas pada hubungan keterkaitan antar subkriteria pada peta *impact diagram*. Pada model jaringan ANP terdapat elemen-elemen penyusunnya yaitu *cluster* (kriteria), *node* (subkriteria) dan *node connection* (hubungan antar subkriteria). Seperti yang dijelaskan pada bab 2, pada model ANP terdapat *inner dependence* dan *outer dependence. Inner dependence* merupakan hubungan antar subkriteria pada satu kriteria, sedangkan *outer dependence* merupakan hubungan antar subkriteria pada antar kriteria.

Gambar 4.3 menunjukkan model jaringan ANP pengambilan keputusan pemilihan pemasok *sustainable* pada PT. XYZ. Pada model tersebut dapat dilihat bahwa terdapat 7 kriteria terdapat pengaruh *inner dependence* dan 3 kriteria yang tidak terdapat pengaruh *inner dependence* diantaranya adalah kriteria *financial capability, pollution control* dan *production facilities and and capacity*. Salah satu contoh *inner dependence* pada kriteria *quality* adalah subkriteria *supplier certification* memiliki hubungan keterkaitan dengan subkriteria *chemical purity*. Kemudian contoh lainnya pada kriteria *green transportation* yaitu subkriteria *eco-efficient transportation* memiliki hubungan keterkaitan dengan subkriteria *green fuels*. Sedangkan contoh *outer dependence* yaitu subkriteria *supplier certification* pada kriteria *quality* memiliki hubungan keterkaitan dengan subkriteria *after sales service* pada kriteria *delivery*.

Halaman ini sengaja dikosongkan



Gambar 4.2 Model Hirarki Pengambilan Keputusan Pemilihan Pemasok *Sustainable* PT. XYZ



Gambar 4.3 Model Jaringan ANP Pengambilan Keputusan Pemilihan Pemasok *Sustainable* PT. XYZ

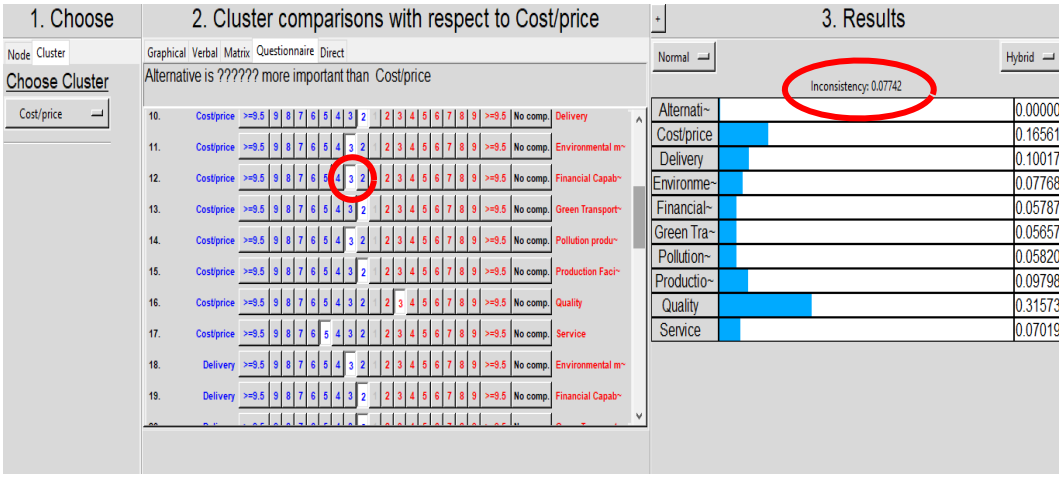
4.5.2 Perhitungan Bobot *Analytic Network Process* (ANP)

Setelah model jaringan ANP terbentuk maka tahap selanjutnya yaitu melakukan perhitungan pembobotan dengan *input* hasil kuesioner perbandingan berpasangan yang dapat dilihat pada lampiran 5. Kuesioner ini dibuat berdasarkan dari model ANP yang telah dibuat dan diisi oleh *expert.* Kemudian hasil kuesioner perbandingan berpasangan diolah dengan menggunakan *software super decision*. Dalam melakukan perbandingan berpasangan dibutuhkan sebuah konsistensi jawaban *expert* dalam mengisi kuesioner dan menurut Saaty (2016) nilai ratio *inconsistency* pada *software super decision* harus kurang dari 0.1.

Perhitungan pembobotan ini dilakukan pada kritera, subkriteria dan alternatif yang kemudian akan digunakan sebagai landasan dalam proses pengambilan keputusan pemilihan pemasok. Terdapat 2 jenis bobot dalam ANP yaitu bobot lokal dan bobot global. Bobot lokal diperoleh dari hasil model jaringan ANP yang diolah dengan *software super decision*. Selanjutnya bobot global diperoleh dengan cara melakukan perkalian dari bobot lokal yang diperoleh, sehingga dapat bobot global dapat digunakan sebagai landasan dalam proses pemilihan pemasok.

4.5.3 Hasil Perbandingan Berpasangan Kriteria-Subkriteria

Tahap pertama yang dilakukan dalam sub bab adalah melakukan proses pembobotan antar kriteria dan subkriteria dimana inputnya berupa hasil dari kuesioner perbandingan berpasangan kriteria-subkriteria yang diisi oleh *expert*. Pada Gambar 4.3 menunjukkan salah satu contoh hasil perbandingan berpasangan kriteria *cost/price* dimana nilai 3 menunjukkan bahwa kriteria *cost/price* sedikit lebih penting atau berpengaruh dibandingkan dengan kriteria *finance capability*. Selain itu dapat dilihat pada Gambar 4.4 bahwa nilai *inconsistency* kriteria *cost/*price sebesar 0.07742 dimana nilai ini kurang dari 0.1 dan dapat dikatakan bahwa *expert* konsisten dalam memberikan jawaban. Seluruh nilai *inconsistency* pada subkriteria dapat dilihat pada Tabel 4.4. Sedangkan untuk nilai *inconsistency* pada kriteria dapat dilihat pada Tabel 4.5.



Gambar 4.4 Hasil Perbandingan Berpasangan Kriteria-Subkriteria

Tabel 4.4 *Inconsistency Ratio* Pada Subkriteria

***node* (subkriteria)**	***cluster* (kriteria)**	***inconsistency***
Duty	*delivery*	0.00000
payment term	*cost/price*	0.00000
product price	*environmental management system*	0.00532
	production facilities and capacity	0.00000
	quality	0.00000
	service	0.00000
transportation cost	*delivery*	0.00000
	green transportation	0.00000
	service	0.00000
lead time	*environment management system*	0.00000
	service	0.00000
on time delivery	*cost/price*	0.03703
	service	0.00000
environment certification	*environmental management system*	0.00000
	green transportation	0.00000
	occupational health and safety management systems	0.00000
	Quality	0.00000
	Service	0.00000

Tabel 4.4 *Inconsistency Ratio* Pada Subkriteria (lanjutan)

***node* (subkriteria)**	***cluster* (kriteria)**	***inconsistency***
green technology	*delivery*	0.00000
	environment management system	0.00000
	occupational health and safety management systems	0.00000
	Quality	0.03356
	Service	0.00000
Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources	*environment management system*	0.00000
	occupational health and safety management systems	0.00000
	quality	0.00000
	Service	0.00000
Financial stability	*cost/price*	0.00000
	environment management system	0.00000
	occupational health and safety management systems	0.00000
	Service	0.00000
Eco-efficient transportation	*service*	0.00000
Health and safety practices	*cost/price*	0.00000
	delivery	0.00000
	environmental management system	0.00885
	quality	0.00000
	service	0.00000
OHSAS 18001	*delivery*	0.00000
	environmental management system	0.00885
Pollution control	*environment management system*	0.00885
	occupational health and safety management systems	0.00000
Supply capacity	*environment management system*	0.00000
	occupational health and safety management systems	0.00000
	Service	0.00000

Tabel 4.4 *Inconsistency Ratio* Pada Subkriteria (lanjutan)

***node* (subkriteria)**	***cluster* (kriteria)**	***inconsistency***
Chemical purity	*Cost/price*	0.00000
	Delivery	0.00000
	environment management system	0.01759
	occupational health and safety management systems	0.00000
	service	0.00000
Supplier certification	*Cost/price*	0.00000
	Delivery	0.00000
	environment management system	0.03356
	occupational health and safety management systems	0.00000
	Service	0.00000
After sales	*Delivery*	0.00000
	environmental management system	0.00000
Warranty	*Quality*	0.00000

Tabel 4.5 *Inconsistency Ratio* Pada Kriteria

***cluster* (kriteria)**	***inconsistency***
Cost/Price	0.07742
Delivery	0.07663
Environmental management System	0.07113
Financial Capability	0.05946
Green Transportation	0.02962
Occupational health and safety management systems	0.07474
Pollution production	0.01307
Production Facilities and Capacity	0.07116
Quality	0.05876
Service	0.04231

Pada Tabel 4.6 menunjukkan hasil perbandingan berpasangan diperoleh bobot dari subkriteria. Terdapat 2 kolom pada tabel pembobotan yaitu *normalized by cluster* yang menujukkan bobot lokal dari subkriteria dan *limiting* merupakan bobot global antara kriteria dan subkriteria. Setelah mendapatkan bobot lokal dari subkriteria maka selanjutnya dilakukan perhitungan bobot lokal dari kriteria dengan cara yaitu pertama bobot *limiting* dibagi dengan bobot *normalized by cluster* kemudian menghitung rata-rata pada pengelompokkan subkriteria sesuai

dengan kriterianya, sehingga hasilnya berupa bobot lokal kriteria dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.6 Bobot Subkriteria

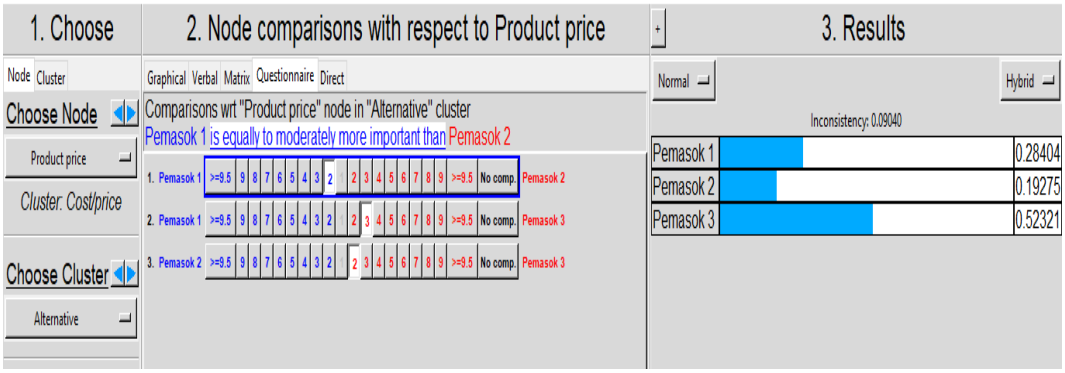
Subkriteria	***Normalized By Cluster***	***Limiting***
duty	0.10108	0.012002
payment term	0.24277	0.028827
Product price	0.61032	0.072471
Transportation cost	0.04583	0.005442
lead time	0.46723	0.04027
on time delivery	0.53277	0.045919
Environment Certification	0.38742	0.051617
Green technology	0.37229	0.0496
Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources	0.24029	0.032014
Financial stability	1	0.048302
Eco-efficient transportation	0.62696	0.033368
Green fuels	0.37304	0.019854
Health and safety practices	0.59854	0.068917
OHSAS 18001	0.40146	0.046224
Pollution control	1	0.056438
Size of product	0.02692	0.001775
Supply capacity	0.97308	0.064173
chemical purity	0.62097	0.158964
Supplier certification	0.37903	0.097028
After sales service	0.59038	0.039434
Warranty	0.40962	0.02736

Tabel 4.7 Bobot Kriteria

Kriteria	**Bobot**
Cost/Price	0.11874
Delivery	0.08619
Environmental management System	0.13323
Financial Capability	0.04830
Green Transportation	0.05322
Occupational health and safety management systems	0.11514
Pollution production	0.05644
Production Facilities and Capacity	0.06594
Quality	0.25599
Service	0.06679

4.5.4 Hasil Perbandingan Berpasangan Subkriteria-Alternatif

Setelah mendapatkan bobot kriteria dan subkriteria maka tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan bobot pada model jaringan subkriteria-alternatif dimana inputnya berupa hasil dari kuesioner perbandingan berpasangan subkriteria dengan alternatif yang telah diisi oleh *expert*. Kuesioner ini digunakan untuk menilai kinerja tiap pemasok berdasarkan subkriteria pemilihan pemasok *sustainable*. Pada Gambar 4.5 menunjukkan salah satu contoh hasil perbandingan berpasangan subkriteria-alternatif.



Gambar 4.5 Hasil Perbandingan Berpasangan Subkriteria-Alternatif

Pada hasil perbandingan berpasangan subkriteri dengan alternatif terdapat *inconsistency ratio* yang mengukur tingkat konsistensi *expert* dalam memberikan jawaban pada pengisian kuesioner. Seluruh nilai *inconsistency* pada subkriteria pada alternatif dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 *Inconsistency Ratio* Pada Subkriteria

***node* (subkriteria)**	***cluster* (kriteria)**	***inconsistency***
duty	*alternative*	0.00119
payment term	*alternative*	0.09040
Product price	*alternative*	0.09040
Transportation cost	*alternative*	0.01759
lead time	*alternative*	0.07069
on time delivery	*alternative*	0.05156
Environment Certification	*alternative*	0.00000
Green technology	*alternative*	0.03356
Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources	*alternative*	0.05156
Financial stability	*alternative*	0.03356

Tabel 4.8 *Inconsistency Ratio* Pada Subkriteria (lanjutan)

***node* (subkriteria)**	***cluster* (kriteria)**	***inconsistency***
Eco-efficient transportation	*alternative*	0.09040
Green fuels	*alternative*	0.00000
Health and safety practices	*alternative*	0.05156
OHSAS 18001	*alternative*	0.00000
Pollution control	*alternative*	0.01759
Size of product	*alternative*	0.00148
Supply capacity	*alternative*	0.05156
chemical purity	*alternative*	0.00000
Supplier certification	*alternative*	0.00000
After sales service	*alternative*	0.01759
Warranty	*alternative*	0.04237

Kemudian setelah dilakukan perbandingan berpasangan dan diolah dengan *software superdecison* maka diperoleh bobot lokal alternatif yang dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Bobot Alternatif

Alternatif	***Graphic***	***Ideals***	***Normals***
Pemasok 1		0.892487	0.334865
Pemasok 2		0.772726	0.289930
Pemasok 3		1.000000	0.375205

4.5.5 Perhitungan Bobot Global

Selanjutnya melakukan perhitungan bobot global dimana diperoleh dengan cara melakukan perkalian ketiga bobot *local* yang diperoleh dari *software super decision*. Menurut Saaty (2016) perhitungan bobot global dapat menggunakan rumus yang sesuai pada persamaan 4.1. Tabel 4.10 menunjukkan hasil perhitungan bobot global.

Bobot global = Bobot lokal subkriteria x Bobot lokal kriteria x

Bobot Alternatif (4.1)

Tabel 4.10 Bobot Global

Kriteria	Subkriteria	Alternatif			Bobot Global		
		Pemasok 1	Pemasok 2	Pemasok 3	Pemasok 1	Pemasok 2	Pemasok 3
0.11874	0.10108	0.334865	0.28993	0.375205	0.0040192	0.0034798	0.0045034
	0.24277				0.0096531	0.0083578	0.010816
	0.61032				0.0242677	0.0210113	0.0271912
	0.04583				0.0018223	0.0015778	0.0020418
0.08619	0.46723				0.013485	0.0116755	0.0151095
	0.53277				0.0153766	0.0133133	0.017229
0.13323	0.38742				0.0172845	0.0149651	0.0193667
	0.37229				0.0166095	0.0143807	0.0186104
	0.24029				0.0107204	0.0092818	0.0120118
0.04830	1				0.0161746	0.0140042	0.0181232
0.05322	0.62696				0.0111738	0.0096744	0.0125199
	0.37304				0.0066484	0.0057563	0.0074493
0.11514	0.59854				0.0230777	0.0199809	0.0258578
	0.40146				0.0154789	0.0134018	0.0173436
0.05644	1				0.0188991	0.0163631	0.0211758
0.06594	0.02692				0.0005944	0.0005147	0.0006661
	0.97308				0.0214873	0.018604	0.0240758
0.25599	0.62097				0.0532312	0.0460882	0.0596438
	0.37903				0.0324915	0.0281315	0.0364056
0.06679	0.59038				0.013205	0.011433	0.0147958
	0.40962				0.009162	0.0079325	0.0102657

4.6 Analisis Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Dalam penelitian ini pemilihan pemasok tidak hanya berdasarkan penilaian dari kinerjanya saja, namun juga dipertimbangkan penyimpangan tak terduga (*failure mode*) dari kinerja pemasok sesuai dengan kriteria pemilihan pemasok yang telah ditetapkan pada tahap sebelumnya. Pada tahap ini menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi dan menilai risiko yang berhubungan dengan penyimpangan tak terduga dari kinerja pemasok. Setiap *failure mode* akan diidentifikasi potensi dampak yang terjadi jika *failure mode* tersebut terjadi (*potential effect*), kemudian menganalisa penyebab terjadinya *failure mode* (*risk cause*) dan menganalisa kontrol yang dilakukan (*current control*). Adapun tahapan pengerjain pada subab

ini terdiri dari identifikasi *failure mode*, penilaian nilai *severity*, *occurrence* dan *detection* serta perhitungan *risk priority number* (RPN).

4.6.1 Identifikasi *Failure Mode*

Tahap pertama yang dilakukan pada sub bab ini yaitu mengidentifikasi *failure mode* yang terjadi pada proses pengadaan yang disebabkan oleh pemasok. *Failure mode* dalam penelitian ini akan berlandaskan pada kriteria pemilihan pemasok *sustainable* yang telah disetujui oleh *expert*. Tahap identifikasi ini dilakukan dengan cara diskusi dengan *experts* departemen pengadaan PT. XYZ. Adapun hasil identifikasi *failure mode* dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil Identifikasi *Failure Mode*

Kriteria	*Failure Mode*	*Potential Effect*	*Risk Causes*	*Current Control*
Cost/price	Kenaikan harga bahan baku.	Penurunan profit perusahaan.	Adanya perubahan regulasi pada negara asal pemasok serta terjadi kelangkaan bahan baku.	Melakukan update harga bahan baku secara berkala dan berkomunikasi dengan pihak pemasok.
	Kenaikan biaya pengiriman	Penurunan profit perusahaan	Terjadi perubahan regulasi pada negara asal pemasok.	Melakukan update biaya pengiriman bahan baku secara berkala dan berkomunikasi dengan pihak pemasok.
Delivery	Keterlambatan pengiriman bahan baku.	Menghambat proses produksi	Dokumen tidak lengkap saat proses pengiriman bahan baku.	Berkomunikasi dengan pemasok dan melakukan kontrol sebelum bahan baku dikirimkan.
Quality	Kemurnian senyawa bahan baku tidak sesuai dengan standar.	Bahan baku tidak dapat digunakan sehingga menghambat produksi.	Terdapat kerusakan pada *packaging* bahan baku.	Perusahaan melakukan evaluasi mengenai kualitas *packaging* bahan baku.

Tabel 4.11 Hasil Identifikasi *Failure Mode* (lanjutan)

Kriteria	*Failure Mode*	*Potential Effect*	*Risk Causes*	*Current Control*
Production Facilities and Capacity	Pemasok tidak dapat memenuhi permintaan perusahaan	Perusahaan tidak dapat mencapai target produksi.	Proses produksi pemasok terhambat.	Melakukan evaluasi sesuai dengan perjanjian kerja sama yang berlaku.
Service	Kurang tanggap respon pemasok.	Proses pengembalian bahan baku memakan waktu yang lebih lama.	Terjadi permasalahan pada sistem pelayanan pemasok.	Melakukan evaluasi kepada pemasok agar komunikasi dengan pemasok lebih baik.
Pollution production	Terjadi pencemaran lingkungan	Reputasi perusahaan menjadi buruk.	Kebocoran dalam pengolahan limbah	Melakukan kontrol pada sistem pengolahan limbah pemasok.
Occupational health and safety management systems	Terjadi kecelakaan kerja pada karyawan pemasok	Penurunan pemenuhan pesanan perusahaan serta reputasi perusahaan menjadi buruk	Kurangnya pelatihan K3 kepada karyawan.	Melakukan evaluasi dan kontrol kepada pihak pemasok mengenai keselamatan dan kesehatan kerja seperti mengontrol program pelatihan K3.

4.6.2 Penilaian Nilai Severity, Occurrence dan Detection

Pada sub bab ini maka akan dilakukan tahap penilaian risiko yang telah didentifikasi sebelumnya pada Tabel 4.11. Penilaian risiko ini mengacu pada skala yang dapat dilihat pada Tabel 2.7 – Tabel 2.9. Skala yang digunakan dalam penilaian risiko pada penelitian ini adalah 1-10 yang terdiri dari *severity*, *occurence* dan *detection*. Penentuan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* disesuaikan dengan kondisi dan kebijakan perusahaan dengan melalui diskusi dengan *expert* bagian pengadaan bahan baku PT. XYZ. *Severity* digunakan untuk menilai seberapa besar dampak yang disebabkan oleh faktor kegagalan, sedangkan *occurrence* digunakan untuk menilai probabilitas kemungkinan terjadinya faktor kegagalan tersebut. Selanjutnya *detection* digunakan untuk

mendeteksi penyebab faktor kegagalan sebelum terjadi. Penyebaran kuesioner kepada *expert* dilakukan guna untuk memperoleh nilai risiko pada setiap pemasok. Proses penilaian ini menggunakan pendekatan FMEA yang telah dikembangkan oleh Li dan Zeng (2014) dengan menggunakan persamaan 2.9 hingga persamaan 2.12. Hasil yang diperoleh dari proses penilaian ini adalah nilai RPN dari masing-masing *failure mode* yang kemudian akan menjadi sebagai input dalam perhitungan *risk-discounted score*. Adapun hasil penilaian untuk masing-masing *failure mode* pada tiap pemasok dapat dilihat pada Tabel 4.12 – Tabel 4.14.

Tabel 4.12 Nilai *Severity, Occurrence* Dan *Detection* Untuk Pemasok 1

Kriteria	***Failure Mode***	**S**	**O**	***D***	***R***	***ep***	**RPN**
Cost/price	Kenaikan harga bahan baku.	5	2	8	10	0.75	0.165560026
	Kenaikan biaya pengiriman	4	2	5	8	1.05	0.061934978
Delivery	Keterlambatan pengiriman bahan baku.	2	3	5	6	1.05	0.043501231
Quality	Kemurnian senyawa bahan baku tidak sesuai dengan standar.	2	3	4	6	1.15	0.03227268
Production Facilities and Capacity	Pemasok tidak dapat memenuhi permintaan perusahaan	3	4	4	12	1.15	0.079913677
Service	Kurang tanggap respon pemasok.	8	2	5	16	1.05	0.137872886
Pollution production	Terjadi pencemaran lingkungan	4	2	8	8	0.75	0.137118841
Occupational health and safety management systems	Terjadi kecelakaan kerja pada karyawan pemasok	3	6	2	18	1.35	0.092682669

Tabel 4.13 Nilai *Severity, Occurrence* Dan *Detection* Untuk Pemasok 2

Kriteria	*Failure Mode*	S	O	*D*	*R*	*ep*	RPN
Cost/price	Kenaikan harga bahan baku.	7	3	8	21	0.75	0.301332587
	Kenaikan biaya pengiriman	7	5	5	35	1.05	0.32556365
Delivery	Keterlambatan pengiriman bahan baku.	4	3	6	12	0.95	0.124013686
Quality	Kemurnian senyawa bahan baku tidak sesuai dengan standar.	2	2	4	4	1.15	0.017935313
Production Facilities and Capacity	Pemasok tidak dapat memenuhi permintaan perusahaan	8	4	5	32	1.05	0.295469614
Service	Kurang tanggap respon pemasok.	3	2	3	6	1.25	0.023942446
Pollution production	Terjadi pencemaran lingkungan	5	4	8	20	0.75	0.289960476
Occupational health and safety management systems	Terjadi kecelakaan kerja pada karyawan pemasok	2	2	5	4	1.05	0.025442534

Tabel 4.14 Nilai *Severity, Occurrence* Dan *Detection* Untuk Pemasok 3

Kriteria	*Failure Mode*	S	O	*D*	*R*	*ep*	RPN
Cost/price	Kenaikan harga bahan baku.	6	3	8	18	0.75	0.266753604
	Kenaikan biaya pengiriman	4	3	6	12	0.95	0.124013686
Delivery	Keterlambatan pengiriman bahan baku.	7	4	5	28	1.05	0.255573016
Quality	Kemurnian senyawa bahan baku tidak sesuai dengan standar.	8	5	7	40	0.85	0.453017522

Tabel 4.14 Nilai *Severity*, *Occurrence* Dan *Detection* Untuk Pemasok 3 (lanjutan)

Kriteria	*Failure Mode*	S	O	*D*	*R*	*ep*	RPN
Production Facilities and Capacity	Pemasok tidak dapat memenuhi permintaan perusahaan	5	2	4	10	1.15	0.063445148
Service	Kurang tanggap respon pemasok.	2	6	3	12	1.25	0.06415003
Pollution production	Terjadi pencemaran lingkungan	3	2	3	6	1.25	0.023942446
Occupational health and safety management systems	Terjadi kecelakaan kerja pada karyawan pemasok	6	3	5	18	1.05	0.157236878

4.7 Perhitungan *Risk-Discounted Score*

Hasil yang diperoleh dengan metode ANP yaitu bobot pemasok yang dilihat berdasarkan kinerja atau kemampuan dari tiap pemasok, sedangkan pengolahan data dengan FMEA dilakukan penilaian risiko untuk setiap pemasok yang telah di identifikasi sebelumnya. Kedua hasil ini akan menjadi input perhitungan pada sub bab ini dengan menggunakan pengembangan rumus yang telah dilakukan oleh Li and Zeng (2014) pada persamaan 2.12. *Risk-discounted score* merupakan bobot akhir dimana bobot yang diperoleh dari ANP akan diberikan diskon berdasarkan penilaian risiko yang akan terjadi pada masing-masing pemasok. Berikut merupakan hasil perhitungan *Risk-discounted score* yang dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Hasi Perhitungan *Risk-Discounted Score*

Kriteria	DEMATEL-ANP			FMEA			Risk-discounted score		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Cost/Price	0.03976	0.03443	0.04455	0.11375	0.31345	0.19538	0.03524	0.02364	0.03585
Delivery	0.02886	0.02499	0.03234	0.04350	0.12401	0.25557	0.02761	0.02189	0.02407
Production facility	0.04461	0.03863	0.04999	0	0	0	0.04461	0.03863	0.04999
Quality	0.01617	0.01400	0.01812	0	0	0	0.01617	0.01400	0.01812
Service	0.01782	0.01543	0.01997	0	0	0	0.01782	0.01543	0.01997

Tabel 4.15 Hasi Perhitungan *Risk-Discounted Score* (lanjutan)

Kriteria	DEMATEL-ANP			FMEA			Risk-discounted score		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Occupational health and safety management systems	0.03856	0.03338	0.04320	0.09268	0.02544	0.15724	0.03498	0.03253	0.03641
Pollution production	0.01890	0.01636	0.02118	0.13712	0.28996	0.02394	0.01631	0.01162	0.02067
Environmental management System	0.02208	0.01912	0.02474	0.07991	0.29547	0.06345	0.02032	0.01347	0.02317
Financial Capability	0.08572	0.07422	0.09605	0.03227	0.01794	0.45302	0.08296	0.07289	0.05254
Green Transportation	0.02237	0.01937	0.02506	0.13787	0.02394	0.06415	0.01928	0.01890	0.02345
Total	0.33486	0.28993	0.37520	0.63711	1.09021	1.21275	0.31530	0.26300	0.30424

BAB 5
ANALISIS DAN INTEPRETASI DATA

Pada bab berikut ini akan dilakukan analisis dan intepretasi hasil yang telah dikumpulkan dan diolah pada bab sebelumnya. Analisis ini dilakukan pada model hubungan keterkaitan antar subkriteria, analisis keputusan alternatif pemilihan pemasok *sustainable* dengan DEMATEL-ANP, analisis perhitungan FMEA, dan analisi keputusan alternatif pemilihan pemasok *sustainable* dengan menggunakan integrasi DEMATEL-ANP dan FMEA.

5.1 Analisis Hubungan Pemilihan Pemasok Sustainable

Hal pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah identifikasi kriteria dan subkriteria pemilihan pemasok dengan berladaskan pada aspek *sustainability* dimana diperoleh dari beberapa penelitian terdahulu. Kemudian dilakukan konfirmasi oleh *expert* dimana kriteria dan subkriteri tersebut sudah sesuai dengan kondisi PT XYZ serta sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik bahan aktif *dimenhydrinate* dimana menjadi objek penelitian ini. Kriteria dan subkriteria yang sudah dikonfirmasi dapat dilihat pada Tabel 4.1 yang kemudian dilakukan pengolahan data dengan menggunakan 3 metode yaitu DEMATEL, ANP dan FMEA.

Pengolahan data dengan metode DEMATEL yang telah dilakukan pada bab sebelumnya menghasilkan nilai *prominence* dan *relation*. Nilai *prominence* digunakan untuk melihat tingkat kepentingan subkriteria terhadap keputusan pemilihan pemasok *sustainable* PT. XYZ. Nilai *prominence* ini diperoleh dari hasil perhitungan (D+R). Semakin besar nilai *prominence* maka dapat dikatakan subkriteria tersebut sangat penting terhadap keputusan pemilihan pemasok. Sedangkan nilai *relation* digunakan untuk melihat tingkat pengaruh subkriteria terhadap subkriteria lainnya dan menunjukkan hubungan sebab akibat yang nantinya akan mengelompokkan subkriteria menjadi 2 kelompok yaitu *dispatcher* dan *receiver*. Nilai *relation* ini diperoleh dari hasil perhitungan (D-R).

Dapat dilihat pada Tabel 4.3 pada baris D+R bahwa subkriteria *chemical purity* memiliki nilai tertinggi yaitu sebesar 4,980053 dimana dapat dikatakatan bahwa subkriteria tesebut memiliki hubungan keterkaitan paling kuat diantara subkriteria lainnya serta menjadi subkriteria paling penting dalam keputusan pemilihan pemasok *sustainable* di PT XYZ. Subkriteria tersebut merupakan subkriteria terpenting saat melakukan pemilihan pemasok bahan baku dimenhydrinate pada PT XYZ karena dalam melakukan pemilihan pemasok adalah melakukan pengujian sampel bahan baku yang dikirimkan oleh pemasok dan dianalisa apakah sudah sesuai dengan standard BPOM atau FDA. Subkriteria ini penting untuk dipertimbangkan karena dimenhydrinate merupakan bahan dasar dalam pembuatan obat A yang dikonsumsi oleh manusia maka dibutuhkan standar kemurnian senyawa yang telah ditetapkan oleh standar agar produk yang dihasilkan tidak membahayakan konsumen. Oleh karena itu subkriteria *chemical purity* termasuk subkriteria terpenting dalam pemilihan pemasok obat di PT. XYZ.

Selanjutnya subkriteria *supplier certification* dan *green technology* menduduki tingkat kepentingan tertinggi kedua dan ketiga dengan nilai sebesar 4,551084 dan 4,401303. Selain mengetahui kemurnian senyawa bahan baku maka dibutuhkan sertifikat untuk membuktikan bahan baku tersebut diproduksi oleh pemasok sesuai dengan regulasi cGMP sehingga menghasilkan bahan baku yang berkualitas serta sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Salah satu sertifikat yang wajib dimiliki oleh pemasok bahan aktif farmasi adalah GMP. Selain itu, dalam proses pemilihan pemasok *sustainable* di PT XYZ sangat penting untuk mempertimbangkan teknologi yang digunakan oleh pemasok khususnya teknologi ramah lingkungan. Dengan menggunakan teknologi ramah lingkungan maka membuktikan bahwa pemasok akan menghasilkan produk yang ramah lingkungan.

Sedangkan subkriteria *size of product* menduduki tingkat kepentingan terendah dengan nilai sebesar 1,513701. Subkriteria tersebut menjadi prioritas terakhir dalam pemilihan pemasok *sustainable* pada PT. XYZ. Jika kapasitas pemasok dapat memenuhi permintaan perusahaan maka tidak menjadi masalah bagi perusahaan ketika ukuran produk yang disediakan pemasok tidak sesuai

dengan kebutuhan perusahaan. Sehingga subkriteria *size of product* tidak menjadi prioritas dalam pemilihan pemasok *sustainable*.

Peta *impact diagram* merupakan salah satu hasil perhitungan DEMATEL dimana dapat menggambarkan hubungan keterkaitan antar subkriteria pemilihan pemasok. Lampiran 4 menunjukkan peta *impact diagram* dimana terdapat keterangan "ada" yang memiliki arti bahwa subkriteria pada baris memberikan pengaruh ke subkriteria pada kolom, namun jika tidak terdapat keterangan maka kolom tersebut tidak terdapat hubungan keterkaitan. Berdasarkan hasil peta *impact digram* yang dapat dilihat pada Tabel 5.1 bahwa subkriteria *supplier sertification* dan *chemical purity* merupakan subkriteria yang memiliki jumlah hubungan terbanyak yaitu sebanyak 16 hubungan. Sedangkan subkriteria *size of product* merupakan subkriteria yang memiliki jumlah hubungan paling rendah yaitu sebanyak 1 hubungan. Semakin banyak terdapat hubungan pada subkriteria maka memperkuat alasan subkriteria memiliki tingkat kepentingan yang tinggi yang diperoleh dari D+R. Dapat dilihat pada Tabel 4.3 bahwa subkriteria *chemical purity* dan *supplier certification* berada di urutan pertama dan kedua serta memiliki jumlah hubungan terbanyak. Adapun dari hasil tersebut menunjukkan bahwa *chemical purity* dan *supplier certification* merupakan subkriteria yang sangat diprioritaskan dalam pemilihan pemasok dimenhydrinate.

Selain memetakan *impact diagram* serta mengetahui jumlah hubungan pada setiap subkriteria maka selanjutnya diperoleh model hubungan keterkaitan antar subkriteria serta menjelaskan bahwa terdapat 2 kategori dalam hubungan tersebut yaitu *dispatcher* dan *receiver*. Subkriteria yang termasuk dalam kelompok *dispatcher* merupakan kelompok subkriteria yang memberikan pengaruh kepada subkriteria lainnya atau dapat dikatakan sebagai subkriteria yang diprioritaskan dalam pemilihan pemasok. Sedangkan subkriteria yang termasuk dalam kelompok *receiver* merupakan kelompok subkriteria yang menerima pengaruh dari subkriteria lain. Subkriteria dapat dimasukan dalam kelompok *dispatcher* jika memiliki nilai D-R positif, sebaliknya jika nilai D-R negatif maka subkriteria tersebut akan masuk kedalam kelompok *receiver*. Kelompok *dispatcher* dan *receiver* dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.1 Jumlah Hubungan Subkriteria

Subkriteria	Jumlah Hubungan
Product price	15
Transportation cost	8
Payment term	2
Duty	2
On time delivery	9
Lead Time	7
Supplier certification	16
Chemical purity	16
Supply capacity	8
Size of product	1
After sales service	8
Warranty	6
Financial stability	10
Pollution control	6
Environment Certification	13
Green technology	14
Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources	12
Eco-efficient transportation	4
Green fuels	3
Health and safety practices	15
OHSAS 18001	9
Product price	15

Nilai D-R paling besar yaitu *supplier sertification* yang memiliki nilai sebesar 1,190486. Hal tersebut menunjukkan bahwa subkriteria tersebut paling mempengaruhi subkriteria lainnya serta sangat berpengaruh dalam pemilihan pemasok di PT XYZ. Sebaliknya, subkriteria *warranty* memiliki nilai D-R paling negatif yaitu -0,6821 dimana menunjukkan bahwa subkriteria tersebut lebih dipengaruhi oleh subkriteria lainnya.

Tabel 5.2 Kelompok *Dispatcher* dan *Receiver*

No	***Receiver***	***Dispatcher***
1	*Payment term*	*Product price*
2	*Lead time*	*Transportation cost*
3	*Supply capacity*	*Duty*
4	*After sales service*	*On time Delivery*
5	*Warranty*	*Supplier certification*

Tabel 5.2 Kelompok *Dispatcher* dan *Receiver* (lanjutan)

No	***Receiver***	***Dispatcher***
6	*Financial stability*	*Chemical purity*
7	*Pollution control*	*Size of product*
8	*Environment certification*	*Green technology*
9	*Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources*	*Health and safety practices*
10	*Eco-efficient transportation*	
11	*Green fuels*	
12	OHSAS 18001	

Berdasarkan Tabel 5.2 sebanyak 9 subkriteria yang termasuk dalam kelompok *dispatcher* atau kelompok penyebab. Sedangkan untuk kelompok *receiver* terdapat sebanyak 12 subkriteria yang menerima pengaruh dari subkriteria kelompok *dispatcher*. Salah satu contoh subkriteria *payment term* menerima pengaruh dari subkriteria *product price, transportation cost, on time delivery, supplier certification, chemical purity, after sales service, financial stability,* dan *health and safety practices*. Sedangkan salah satu contoh subkriteria yang masuk dalam kelompok *dispacther* yaitu *product price* dimana subkriteria ini memberikan pengaruh kepada subkriteria *payment term, duty, lead time, supplier certification, chemical purity, supply capacity, size of product, after sales servicem warranty, financial stability, pollution control, environment certification, green technology, materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources,* dan *eco-efficient transportation*.

5.2 Analisis Pembobotan ANP

Dalam pengolahan data dengan menggunakan metode ANP, tahap pertama yang dilakukan adalah membuat jaringan ANP yang telah dilakukan pada bab sebelumnya dan dapat dilihat pada Gambar 4.2. Pembuatan model jaringan ANP dengan menggunakan *software* Super Decision yang terdiri dari 10 kriteria yaitu *cost/price, delivery, quality, production facilities and capacity, service, financial capability, pollution production, environment management system,*

green transportation dan *occupational health and safety management systems*. Kemudian dilakukan pengisian kuesioner *pairwise comparison* kriteria dan subkriteria dan menghasilkan bobot lokal dan bobot global yang dapat dilihat pada Tabel 4.5. Berdasarkan hasil bobot global (*limiting*) dapat dilihat bahwa subkriteria *chemical purity* dengan bobot sebesar 0,158964 merupakan subkriteria yang memiliki bobot tertinggi, kemudian diikuti oleh subkriteria *supplier certification* dengan bobot yaitu 0,097028. Kedua subkriteria tersebut termasuk dalam kriteria *quality* dan dapat dilihat bahwa selain menjadi kriteria yang diprioritaskan dalam pemilihan pemasok di PT. XYZ, kriteria *quality* juga memiliki bobot tertinggi dalam keputusan pemilihan pemasok.

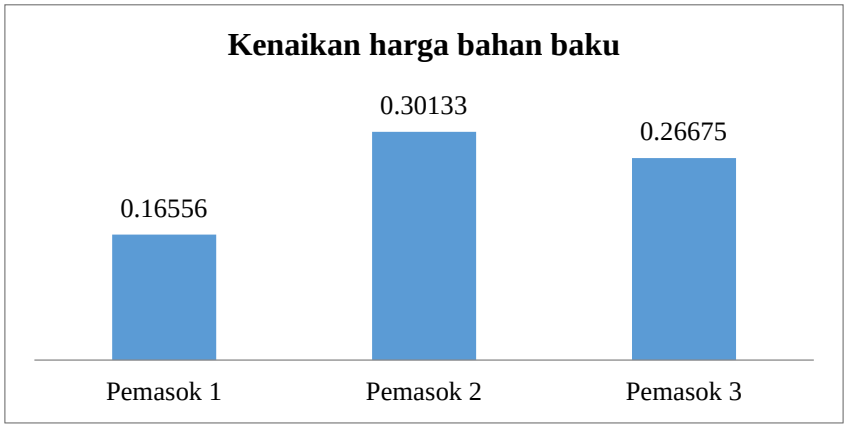
Selanjutnya dari bobot lokal dan bobot global diperoleh bobot kriteria dengan cara mencari nilai rata-rata dari nilai limit dibagi dengan nilai *normalized by cluster* dan hasil perhitungan ini dapat dilihat pada Tabel 4.6. Kriteria *quality* memiliki bobot terbesar yaitu 0,25599, kemudian kriteria *environment management system* menduduki posisi kedua dengan bobot sebesar 0,13323. Kriteria *cost/price* memiliki bobot terbesar ketiga yaitu 0,11874. Selanjutnya kriteria *occupational health and safety management systems* dan *delivery* menempati posisi keempat dan kelima dengan bobot yaitu 0.11514 dan 0.08619.

Selain mendapatkan hasil bobot *pairwise comparison* kriteria dengan subkriteria, diperoleh juga prioritas alternatif (pemasok) yang dapat digunakan sebagai landasan dalam memilih pemasok terbaik. Dalam kuesioner *pairwise comparision* subkriteria-prioritas, *expert* akan melakukan perbandingan kinerja tiap pemasok sesuai dengan subkriteria yang telah dikonfirmasi. Tabel 4.9 menunjukkan bobot prioritas alternatif terbaik adalah pemasok 3 yaitu sebesar 0,375205, kemudian pemasok 1 menduduki posisi tertinggi kedua dengan bobot sebesar 0,334865 dan pemasok 2 dengan posisi ketiga dengan bobot sebesar 0,289930. Berdasarkan nilai tersebut dapat disimpukan bahwa pemasok 3 memiliki performansi yang sangat baik dan sesuai dengan 21 subkriteria pemilihan pemasok *sustainable* yang telah ditentukan oleh PT XYZ.

5.3 Analisis Risiko Pemasok Dengan FMEA

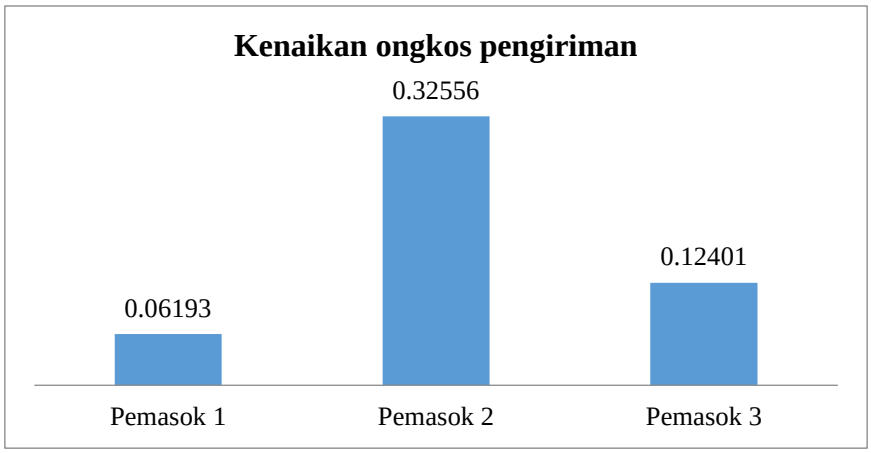
Sub bab ini akan menganalisa hasil pengolahan data dengan metode FMEA yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Tahap pertama yang dilakukan adalah mengidentifikasi risiko pemasok. Risiko ini akan digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam pemilihan pemasok, sehingga dalam mengidentifikasi risiko akan disesuaikan dengan kriteria pemilihan pemasok yang telah dikonfirmasi oleh *expert*. Identifikasi risiko ini dilakukan dengan diskusi dengan *expert* yang kemudian dilakukan analisa penyebab (*risk causes*), dampak (*potential effect)* dan kontrol (*current control*) untuk melihat risiko yang ada saat ini. *Risk causes* merupakan penyebab risiko tersebut dapat terjadi, sedangkan *potential effect* merupakan dampak dari risiko tersebut jika terjadi, dan untuk *current control* digunakan untuk mengkontrol guna mendeteksi kegagalan yang akan terjadi. Adapun hasil identifikasi terdapat 6 risiko atau kegagalan yang terjadi dan dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Setelah melakukan identifikasi risiko maka tahap selanjutnya adalah penilaian risiko. Proses penilaian risiko dilakukan dengan menyebarkan kuesioner kepada *expert*. Penilaian tersebut menggunkana nilai dari masing-masing faktor *severity*, *occurrence* dan *detection*. Kemudian dilakukan perhitungan RPN pada masing-masing risiko pada setiap pemasok dengan menggunakan pengembangan rumus yang telah dilakukan oleh Li and Zeng (2014) pada persamaan 2.12. Hasil perhitungan RPN untuk setiap pemasok dapat dilihat pada Tabel 4.15 - Tabel 4.17. Nilai RPN tersebut akan digunakan sebagai “diskon” bobot pada penilaian kinerja pemasok yang diperoleh dengan metode ANP.



Gambar 5.1 Perbandingan Risiko Kenaikan Harga Bahan Baku

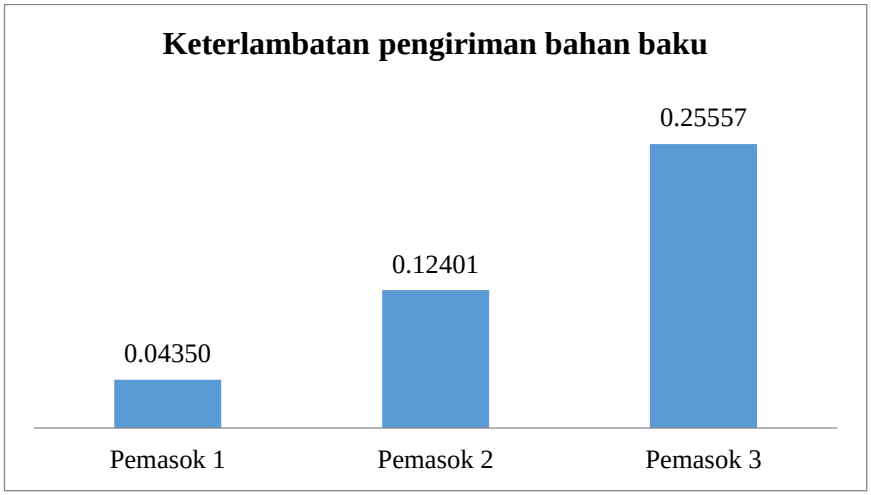
Pada Gambar 5.1 menunjukkan perbandingan nilai RPN untuk setiap pemasok pada risiko kenaikan harga bahan baku. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut bahwa pemasok 2 memiliki nilai RPN tertinggi dengan nilai sebesar 0,3-133 dan kemudian pemasok 3 pada peringkat ke 2 dengan nilai sebesar 0,26675. Kemudian pemasok 1 berada diurutan ke 3 dengan nilai sebesa 0.16556. Berdasarkan hasil RPN tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa pemasok 2 akan mendaptkan "diskon" atau pengurangan yang besar pada bobot kriteria karena memiliki risiko yang paling tinggi. Sedangkan pemasok 1 akan mendapatkan "diskon" atau pengurangan yang kecil pada bobot kriteria karena memiliki risiko terkecil.



Gambar 5.2 Perbandingan Risiko Kenaikan Ongkos Pengiriman

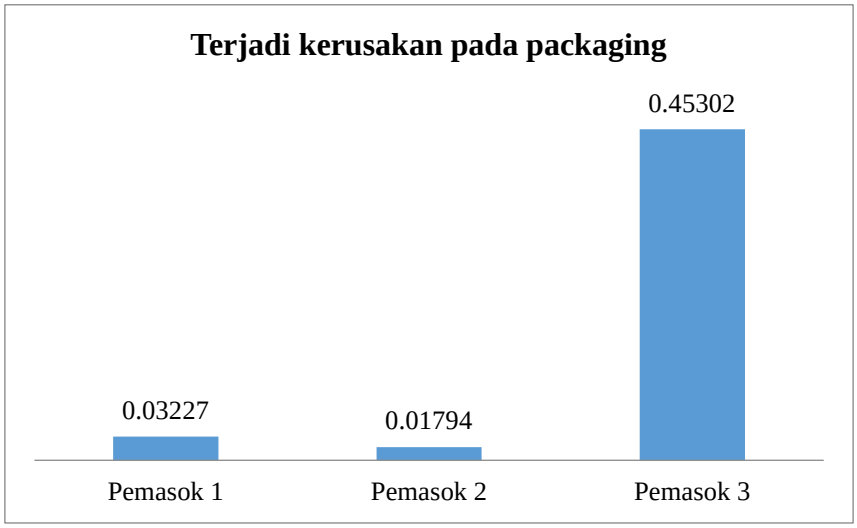
Selanjutnya Gambar 5.2 menunjukkan perbandingan nilai RPN untuk setiap pemasok pada risiko kenaikan ongkos pengiriman. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut bahwa pemasok 2 memiliki nilai RPN tertinggi dengan nilai

sebesar 0,32556 dan kemudian pemasok 3 pada peringkat ke 2 dengan nilai sebesar 0,12401. Kemudian pemasok 1 berada diurutan ke 3 dengan nilai sebesa 0, 06193. Berdasarkan hasil RPN tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa pemasok 2 akan mendapatkan “diskon” atau pengurangan yang besar pada bobot kriteria karena memiliki risiko yang paling tinggi. Sedangkan pemasok 1 akan mendapatkan “diskon” atau pengurangan yang kecil pada bobot kriteria karena memiliki risiko terkecil.



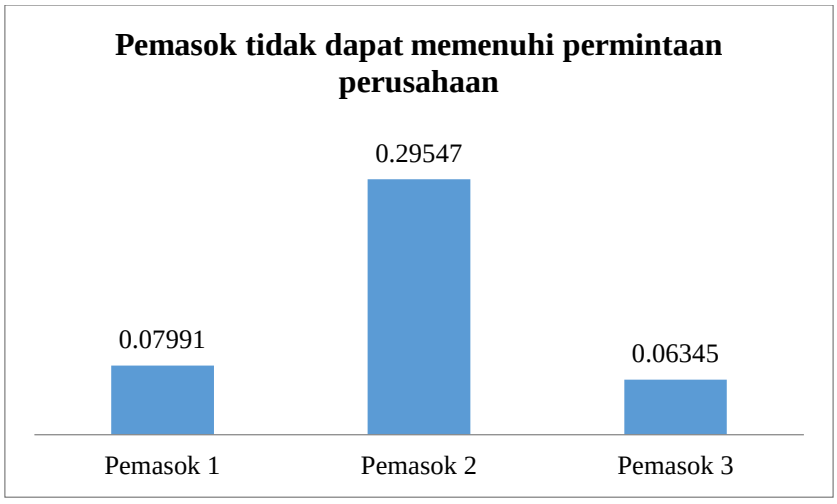
Gambar 5.3 Perbandingan Risiko Keterlambatan Pengiriman Bahan Baku

Selanjutnya Gambar 5.3 menunjukkan perbandingan nilai RPN untuk setiap pemasok pada risiko kenaikan ongkos pengiriman. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut bahwa pemasok 3 memiliki nilai RPN tertinggi dengan nilai sebesar 0,25557 dan kemudian pemasok 3 pada peringkat ke 2 dengan nilai sebesar 0,12401. Kemudian pemasok 1 berada diurutan ke 3 dengan nilai sebesa 0,04350. Berdasarkan hasil RPN tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa pemasok 3 akan mendapatkan “diskon” atau pengurangan yang besar pada bobot kriteria karena memiliki risiko yang paling tinggi. Sedangkan pemasok 1 akan mendapatkan “diskon” atau pengurangan yang kecil pada bobot kriteria karena memiliki risiko terkecil.



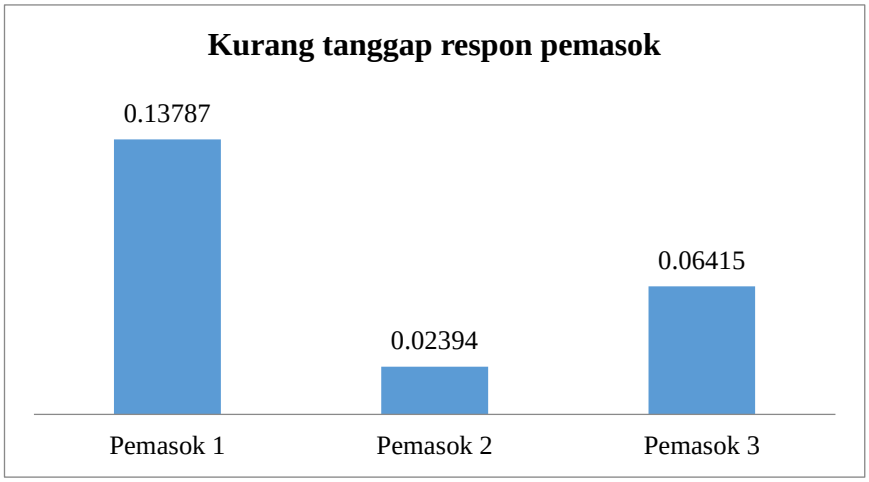
Gambar 5.4 Perbandingan Risiko Kerusakan Pada *Packaging*

Pada Gambar 5.3 menunjukkan perbandingan nilai RPN untuk setiap pemasok pada risiko terjadi kerusakan pada *packaging*. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut bahwa pemasok 3 memiliki nilai RPN tertinggi dengan nilai sebesar 0,45302 dan kemudian pemasok 1 pada peringkat ke 2 dengan nilai sebesar 0,03277. Kemudian pemasok 2 berada diurutan ke 3 dengan nilai sebesar 0,01794. Berdasarkan hasil RPN tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa pemasok 3 akan mendapatkan "diskon" atau pengurangan yang besar pada bobot kriteria karena memiliki risiko yang paling tinggi. Sedangkan pemasok 2 akan mendapatkan "diskon" atau pengurangan yang kecil pada bobot kriteria karena memiliki risiko terkecil.



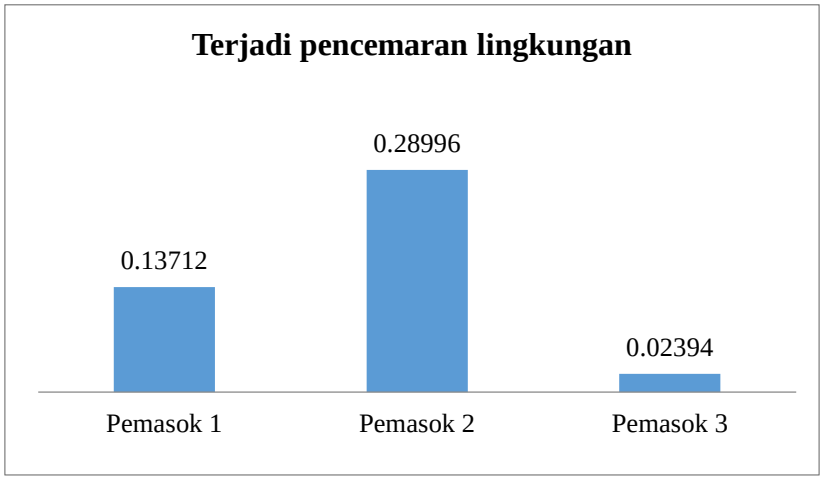
Gambar 5.5 Perbandingan Risiko Pemasok Tidak Dapat Memenuhi Permintaan Perusahaan

Kemudian pada Gambar 5.5 menunjukkan perbandingan nilai RPN untuk setiap pemasok pada risiko terjadi kerusakan pada *packaging*. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut bahwa pemasok 2 memiliki nilai RPN tertinggi dengan nilai sebesar 0,29547 dan kemudian pemasok 1 pada peringkat ke 2 dengan nilai sebesar 0,07991. Kemudian pemasok 1 berada diurutan ke 3 dengan nilai sebesar 0,06345. Berdasarkan hasil RPN tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa pemasok 2 akan mendapatkan "diskon" atau pengurangan yang besar pada bobot kriteria karena memiliki risiko yang paling tinggi. Sedangkan pemasok 3 akan mendapatkan "diskon" atau pengurangan yang kecil pada bobot kriteria karena memiliki risiko terkecil.



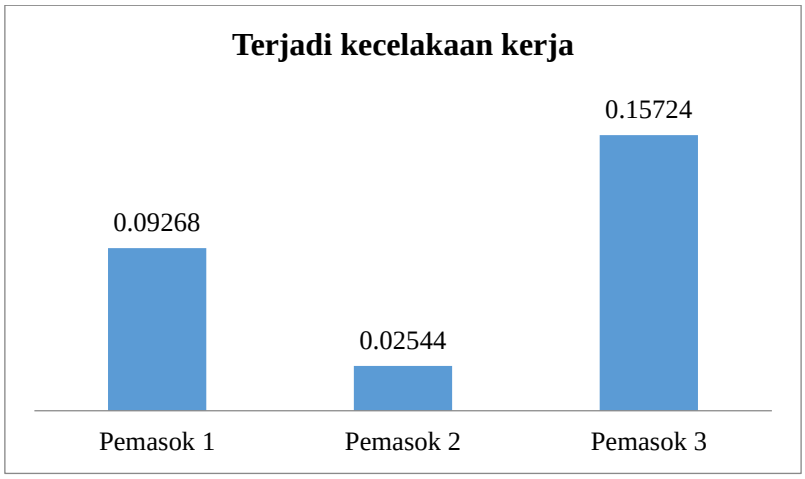
Gambar 5.6 Perbandingan Risiko Kurang Tanggap Respon Pemasok

Kemudian pada Gambar 5.6 menunjukkan perbandingan nilai RPN untuk setiap pemasok pada risiko kurang tanggap respon pemasok. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut bahwa pemasok 1 memiliki nilai RPN tertinggi dengan nilai sebesar 0,13787 dan kemudian pemasok 3 pada peringkat ke 2 dengan nilai sebesar 0,06415. Kemudian pemasok 2 berada diurutan ke 3 dengan nilai sebesar 0,02394. Berdasarkan hasil RPN tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa pemasok 1 akan mendapatkan "diskon" atau pengurangan yang besar pada bobot kriteria karena memiliki risiko yang paling tinggi. Sedangkan pemasok 2 akan mendapatkan "diskon" atau pengurangan yang kecil pada bobot kriteria karena memiliki risiko terkecil.



Gambar 5.7 Perbandingan Risiko Pencemaran Lingkungan

Kemudian pada Gambar 5.7 menunjukkan perbandingan nilai RPN untuk setiap pemasok pada risiko terjad pencemaran lingkungan. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut bahwa pemasok 2 memiliki nilai RPN tertinggi dengan nilai sebesar 0,28996 dan kemudian pemasok 1 pada peringkat ke 2 dengan nilai sebesar 0,13712. Kemudian pemasok 3 berada diurutan ke 3 dengan nilai sebesar 0,02394. Berdasarkan hasil RPN tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa pemasok 2 akan mendapatkan "diskon" atau pengurangan yang besar pada bobot kriteria karena memiliki risiko yang paling tinggi. Sedangkan pemasok 3 akan mendapatkan "diskon" atau pengurangan yang kecil pada bobot kriteria karena memiliki risiko terkecil.



Gambar 5.8 Perbandingan Risiko Kecelakaan Kerja

Kemudian pada Gambar 5.8 menunjukkan perbandingan nilai RPN untuk setiap pemasok pada risiko terjadi kecelakaan kerja. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut bahwa pemasok 3 memiliki nilai RPN tertinggi dengan nilai sebesar 0,15724 dan kemudian pemasok 1 pada peringkat ke 2 dengan nilai sebesar 0,09268. Kemudian pemasok 2 berada diurutan ke 3 dengan nilai sebesar 0,02544. Berdasarkan hasil RPN tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa pemasok 3 akan mendapatkan "diskon" atau pengurangan yang besar pada bobot kriteria karena memiliki risiko yang paling tinggi. Sedangkan pemasok 2 akan mendapatkan "diskon" atau pengurangan yang kecil pada bobot kriteria karena memiliki risiko terkecil.

5.4 Analisis Pemilihan Pemasok Berdasarkan Integrasi DEMATEL-ANP dan FMEA

Dalam proses pemilihan pemasok *sustainable* di PT XYZ mengintegrasikan metode DEMATEL-ANP dan FMEA, dimana hasil perhitungan RPN pada FMEA akan digunakan sebagai pengurang pada bobot pemasok yang diperoleh dari perhitungan dengan DEMATEL-ANP. Semakin besar nilai RPN maka semakin besar pula pengurang untuk bobot pemasok. Proses pemilihan pemasok pada penelitian ini tidak hanya melihat pada kinerja (positif) dari pemasok namun juga melihat kemungkinan risiko yang akan terjadi pada pemasok. Sehingga pemasok yang memiliki performansi yang baik dan memiliki risiko rendah akan menjadi pemasok yang terpilih atau pemasok terbaik. Bobot akhir pemasok dengan mengintegrasikan metode DEMATEL-ANP dan FMEA diperoleh dengan menggunakan persamaan 2.12. Pada Tabel 5.3 menunjukkan perbandingan hasil bobot pemasok dengan menggunakan metode DEMATEL-ANP dan integrasi DEMATEL-ANP FMEA.

Tabel 5.3 Perbandingan Hasil Bobot Pemasok

	Pemasok 1	**Pemasok 2**	**Pemasok 3**
DEMATEL-ANP	0.3349 (rank 2)	0.2899 (rank 3)	0.3752 (rank 1)
Integrasi DEMATEL-ANP dan FMEA	0.3153 (rank 1)	0.2630 (rank 3)	0.3042 (rank 2)

Jika dilihat bobot pemasok dengan menggunakan metode DEMATEL-ANP dimana dengan metode ini dilakukan penilaian pada kinerja atau kemampuan pemasok dalam memenuhi kriteria pemilihan pemasok maka pemasok 3 berada diposisi pertama dengan bobot sebesar 0,3752. Kemudian pemasok 1 berada diposisi kedua dengan bobot sebesar 0,3349, sedangkan pemasok 2 berada di posisi terakhir dengan bobot sebesar 0,2899. Namun terdapat perbedaan pada hasil integrasi DEMATEL-ANP dan FMEA, dimana dalam proses pemilihan pemasok tidak hanya mempertimbangkan kinerja dari pemasok saja namun juga mempertimbangkan risiko yang akan terjadi. Dapat dilihat pada Tabel 5.1 bahwa pemasok 1 memperoleh bobot terbesar yaitu 0,3153 sedangkan pemasok 3 berada diposisi kedua dengan bobot sebesar 0,3042. Walaupun pemasok 1 berada diposisi kedua pada penilaian pemasok dengan DEMATEL-ANP, namun pemasok memiliki risiko yang lebih sedikit daripada pemasok lainnya. Sehingga hasil akhir saat dilakukan perhitungan integrasi metode DEMATEL-ANP dan FMEA, pemasok 1 berada diposisi pertama. Sedangkan untuk pemasok 3 walaupun memiliki bobot paling besar namun memiliki risiko yang cukup tinggi, maka akan memberikan pengurangan bobot yang cukup banyak dan membuat posisi pemasok 3 dari posisi pertama berubah menjadi posisi kedua. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pemasok 1 merupakan pemasok yang sesuai dengan kriteria dan subkriteria pemilihan pemasok di PT. XYZ serta memiliki risiko yang rendah juga.

BAB 6
KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan akan menjelaskan kesimpulan serta saran berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dan telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Kesimpulan akan berdasarkan tujuan penelitian yang dicapai serta dengan adanya saran dapat membantu beberapa pihak untuk melakukan penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kriteria dan subkriteria pemilihan pemasok *sustainable* diperoleh dari beberapa *literature review* yang dilakukan pada penelitian mengenai pemilihan pemasok *sustainable* di perusahaan farmasi. Dari beberapa kriteria dan subkriteria yang diajukan kepada *expert* terdapat 10 kriteria dan 20 subkriteria yang telah dikonfirmasi oleh *expert*. Adapun bobot pada masing masing kriteria yang diperoleh dari metode DEMATEL-ANP yang digunakan yaitu *cost/price* (0,11874), *delivery* (0,08619), *quality* (0,25599), *production facilities and capacity* (0,06594), *service* (0,06679), *financial capability* (0,04830), *pollution production* (0,05644), *environment management system* (0,13323), dan *occupational health and safety management systems* (0,11514).
2. Hasil identifikasi risiko pemasok PT. XYZ, terdapat 8 risiko yang teridentifikasi dari 7 kriteria. Berdasarkan analisa yang dilakukan bahwa pemasok 1 memiliki nilai RPN tertinggi pada risiko kurang tanggap respon pemasok yaitu sebesar 0,13787. Sedangkan untuk pemasok 2 memiliki nilai RPN tertinggi pada risiko kenaikan harga bahan baku, kenaikan ongkos pengiriman dan pemasok tidak dapat memenuhi pemintaan perusahaan dengan nilai berturut-turut yaitu 0,30133; 0,32556; dan 0,29547. Pemasok 3 memiliki nilai RPN tertinggi pada risiko keterlambatan pengiriman bahan

baku, kerusakan pada *packaging*, dan kecelakan kerja pada pekerja pemasok dengan nilai beruturut-turut yaitu 0,25557; 0,45302; dan 0,15724.

3. Berdasarkan hasil integrasi metode DEMATEL-ANP dan FMEA yang diperoleh dari hasil perhitungan *risk-discounted score* maka pemasok 1 menduduki peringkat pertama dengan bobot sebesar 0,3153, kemudian pemasok 3 menduduki posisi kedua dengan bobot sebesar 0,3042 dan pemasok 2 berada diposisi ketiga dengan bobot sebesar 0,2630. Dari hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa pemasok 1 merupakan pemasok yang sesuai dengan kriteria pemilihan pemasok *sustainable* serta memiliki risiko yang lebih kecil dibandingkan pemasok lainnya.

6.2 Saran

Berikut merupakan saran yang dapat diberikan oleh peneliti setelah melakukan penelitian ini yaitu:

1. Mengaplikasikan metode integrasi ini pada objek lainnya yang memiliki jumlah alternatif lainnya agar dapat melihat perubahan ranking pemasok dengan menggunakan metode DEMATEL-ANP dan menggunakan integrasi metode DEMATEL-ANP dan FMEA.
2. Dapat dilakukan pengembangan penilaian risiko seperti dampak risiko secara financial pada pemasok, sehingga dapat diketahui kerugian perusahaan yang diakibatkan oleh pemasok.

DAFTAR PUSTAKA

Ahi, P., & Searcy, C. (2013). A comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, *52*, 329–341.

Alegoz, M., & Yapicioglu, H. (2019). Supplier selection and order allocation decisions under quantity discount and fast service options. *Sustainable Production and Consumption*, *18*, 179–189.

Amindoust, A., Ahmed, S., Saghafinia, A., & Bahreininejad, A. (2012). Sustainable supplier selection : A ranking model based on fuzzy inference system. *Applied Soft Computing Journal*, *12*, 1668–1677.

Asamoah, D., Annan, J., & Nyarko, S. (2012). AHP Approach for Supplier Evaluation and Selection in a Pharmaceutical Manufacturing Firm in Ghana. *International Journal of Business and Management*, *7*.

Büyüközkan, G., & Çifçi, G. (2011). Computers in Industry A novel fuzzy multi-criteria decision framework for sustainable supplier selection with incomplete information. *Computer in Industry*, *62*, 164–174.

Büyüközkan, G., & Çifçi, G. (2012). Expert Systems with Applications A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy DEMATEL , fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green suppliers. *Expert Systems With Applications*, *39*, 3000–3011.

Carlson, C. S. (2012). *Effective FMEAs Achieving Safe, Reliable, and Economical Products and Processes Using Failure Mode and Effects Analysis*.

Carter, C. R., & Rogers, D. S. (2008). A framework of sustainable supply chain management : moving toward new theory. *International Journal of Physical*, *38*, 360–387.

Chen, F., Hsu, T., & Tzeng, G. (2011). A balanced scorecard approach to establish a performance evaluation and relationship model for hot spring hotels based on a hybrid MCDM model combining DEMATEL and ANP. *International Journal of Hospitality Management*, *30*(4), 908–932.

Chen, L.-H., & Hung, C.-C. (2010). An integrated fuzzy approach for the selection of outsourcing manufacturing partners in pharmaceutical R&D. *Journal of Production Research*, *48*, 7483–7506.

Chen, P.-S., & Wu, M.-T. (2013). A modified failure mode and effects analysis method for supplier selection problems in the supply chain risk environment : A case study. *Computers & Industrial Engineering*, *66*, 634–642.

Chen, S. hua, Lee, H. tau, & Wu, Y. fen. (2008). *Applying ANP approach to partner selection for strategic alliance*.

Cheraghalipour, A., & Farsad, S. (2018). A bi-objective sustainable supplier selection and order allocation considering quantity discounts under disruption risks : A case study in plastic industry. *Computers & Industrial Engineering*, *118*, 237–250.

Chopra, S., & Sodhi, M. S. (2014). *Managing Risk To Avoid Supply-Chain Breakdown*. (May).

Esfahbodi, A., Zhang, Y., & Watson, G. (2016). Sustainable supply chain management in emerging economies : Trade-offs between environmental and cost performance. *International Journal of Production Economics*, *181*, 350–366.

Fallahpour, A., Olugu, E. U., Musa, S. N., Wong, K. Y., & Noori, S. (2017). A decision support model for sustainable supplier selection in sustainable supply chain management. *Computers & Industrial Engineering*.

Forghani, A., Sadjadi, S. J., & Moghadam, B. F. (2018). *A supplier selection model in pharmaceutical supply chain using PCA , Z-TOPSIS and MILP : A case study*. 1–17.

Gal, T., Stewart, T. J., & Hanne, T. (1999). *MULTICRITERIA DECISION MAKING : Advances in MCDM Models , Algorithms , Theory , and Applications*.

Ganguly, A. (2019). *A Decision-making Model for Supplier Selection in Indian Pharmaceutical Organizations*.

Gimenez, C., & Tachizawa, E. M. (2012). Extending sustainability to suppliers : a systematic literature review. *Supply Chain Management: An International Journal*, *17*, 531–543.

Golcuk, I., & Baykasoglu, A. (2016). *An analysis of DEMATEL approaches for criteria interaction handling within ANP*. *46*, 346–366.

Goren, H. G. (2018). A decision framework for sustainable supplier selection and order allocation with lost sales. *Journal of Cleaner Production*, *183*, 1156–1169.

Govindan, K., Khodaverdi, R., & Jafarian, A. (2013). A fuzzy multi criteria approach for measuring sustainability performance of a supplier based on triple bottom line approach. *Journal of Cleaner Production*, *47*, 345–354.

Hawkins, P. G., & Woollons, D. J. (1998). *Failure modes and effects analysis of complex engineering systems using functional models*. *0*, 375–397.

Hofstetter, J. S. (2018). *Extending Management Upstream in Supply Chains Beyond Direct Suppliers*. *46*, 106–116.

I, E. C., Dunu, E., & Bell-Hanyes, J. (2010). A Model For Quantifying Strategic Supplier Selection: Evidence From A Generic Pharmaceutical Firm Supply Chain. *International Journal of Business, Marketing, and Decision Sciences*, *3*, 25–44.

Janatyan, N., Zandieh, M., Alem, A., & Rabieh, M. (2019). *A rapid method for sustainable supplier selection in pharmaceutical distribution companies under uncertainty circumstance*. *12*(5), 572–591.

Kannan, D., Govindan, K., & Rajendran, S. (2014). Fuzzy Axiomatic Design approach based green supplier selection : a case study from Singapore. *Journal of Cleaner Production*.

Kellner, F., & Utz, S. (2019). Sustainability in supplier selection and order allocation : Combining integer variables with Markowitz portfolio theory. *Journal of Cleaner Production*, *214*, 462–474. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.315

Kirytopoulos, K., Leopoulos, V., & Voulgaridou, D. (2008). Supplier selection in pharmaceutical industry An analytic network process approach. *Benchmarking: An International Journal*, *15*, 494–516.

Kutlu, A. C., & Ekmekcioglu, M. (2012). Fuzzy failure modes and effects analysis by using fuzzy TOPSIS-based fuzzy AHP. *Expert Systems With Applications*, *39*, 61–67.

Li, S., & Zeng, W. (2016). Risk analysis for the supplier selection problem using failure modes and effects analysis (FMEA). *Journal of Intelligent Manufacturing*, *27*, 1309–1321.

Liu, K., Liu, Y., & Qin, J. (2018). An integrated ANP-VIKOR methodology for sustainable supplier selection with interval type-2 fuzzy sets. *Granular Computing*, *3*, 193–208.

Mehralian, G., Gatari, A. R., Morakabati, M., & Vatanpour, H. (2012). Developing a Suitable Model for Supplier Selection Based on Supply Chain Risks : An Empirical Study from Iranian Pharmaceutical Companies. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, *11*, 209–219.

Mendoza, A., & Ventura, J. A. (2012). Analytical models for supplier selection and order quantity allocation. *Applied Mathematical Modelling*, *36*, 3826–3835.

Nugraha, I., Hisjam, M., & Sutopo, W. (2019). *Sustainable Criteria in Supplier Evaluation of the Food Industry*.

Oguzhan, K., & Erol, S. (2017). A proactive approach to supply chain risk management : Shifting orders among suppliers to mitigate the supply side risks. *Journal of Purchasing & Supply Management*, *23*, 54–65.

Pavan, M., & Todeschini, R. (2009). *Multicriteria Decision-Making Methods*. Elsevier B.V.

Penadés-plà, V., García-segura, T., Martí, J. V, & Yepes, V. (2016). A Review of Multi-Criteria Decision-Making Methods Applied to the Sustainable Bridge Design. *Journal of Sustainability*, *8*(Mcdm), 1–21.

Prasannavenkatesan, S., & Goh, M. (2016). Multi-objective supplier selection and order allocation under disruption risk. *Transportation Research Part E*, *95*, 124–142.

Pujawan, I. N., & Mahendrawathi. (2017). *Supply Chain Management*.

Rashidi, K., & Cullinane, K. (2019). A comparison of fuzzy DEA and fuzzy TOPSIS in sustainable supplier selection : Implications for sourcing strategy. *Expert Systems With Applications*, *121*, 266–281. Retrieved from

Saaty, T. L. (2001). *Decision Making With Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*. Rws Publications.

Saaty, T. L., & Sodenkamp, M. (2008). Making decisions in hierarchic and network systems. *International Journal Applied Decision Sciences*, *1*, 24–79.

Saaty, T. L., & Vargas, L. G. (2006). *Decision Making with The Analytic Network Process: Economic, Political, Social, and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks*. 233 Spring Street, New York, NY 10013, USA: Springer Science+Business Media.

Sarkis, J., & Dhavale, D. G. (2015). Int . J . Production Economics Supplier selection for sustainable operations : A triple-bottom-line approach using a Bayesian framework. *Intern. Journal of Production Economics*, *166*, 177–191.

Seuring, S., & Muller, M. (2008). *From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management*. *16*, 1699–1710.

Shahin, A. (2004). *Integration of FMEA and the Kano model An exploratory examination*. *21*(7), 731–746.

Srinivasan, M., Mukherjee, D., & Gaur, A. S. (2011). Buyer – supplier partnership quality and supply chain performance : Moderating role of risks , and environmental uncertainty q. *European Management Journal*, *29*, 260–271.

Tas, A. (2015). *Full Length Research Paper A Fuzzy AHP approach for selecting a global supplier in pharmaceutical industry*. (April 2012).

Uygun, Ö., Kaçamak, H., & Kahraman, Ü. A. (2014). An integrated DEMATEL and Fuzzy ANP techniques for evaluation and selection of outsourcing provider for a telecommunication company. *Computers & Industrial Engineering*.

Vahidi, F., Torabi, S. A., & Ramezankhani, M. J. (2018). Sustainable supplier selection and order allocation under operational and disruption risks. *Journal of Cleaner Production*, *174*, 1351–1365.

Winter, M., & Knemeyer, A. M. (2013). Exploring the integration of sustainability and supply chain management: Current state and opportunities for future inquiry. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, *43*, 18–38.

Wolf, J. (2011). Sustainable Supply Chain Management Integration : A Qualitative Analysis of the German Manufacturing Industry. *Journal of Business Ethics*, *102*, 221–235.

Wu, W., & Lee, Y. (2007). Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method. *Expert Systems With Applications*, *32*, 499–507.

Zhou, X. (2018). *An Integrated Sustainable Supplier Selection Approach Based on Hybrid Information Aggregation*.

Lampiran 1 – Kuesioner DEMATEL

Perkenalkan saya Mega Rahmadani, mahasiswi semester 4 Magister Teknik Industri ITS yang sedang menjalankan tugas akhir pada departemen pengadaan PT. XYZ dengan judul "Pemilihan Pemasok *Sustainable* Dengan Mempertimbangkan Risiko". Dengan kuesioner ini saya ingin mendapatkan penilaian Bapak/Ibu mengenai pengaruh antar subkriteria pemilihan pemasok *sustainable*. Kuesioner ini merupakan DEMATEL yang digunakan untuk mengetahui hubungan sebab akibat dari subkriteria pemilihan pemasok *sustainable*. DEMATEL merupakan *tools* yang digunakan untuk mengetahui faktor-faktor mana yang mempengaruhi satu sama lain atau mempengaruhi diri mereka masing-masing. Untuk mencapai tujuan penelitian maka dibutuhkan input data dari Bapak/Ibu sebagai responden dalam pengisian kuesioner ini. Dengan ini saya mengharapkan kesediaan Bapak/Ibu dapat mengisi kuesioner ini. Atas kesedian Bapak/Ibu saya ucapkan terimakasih atas kerjasamanya sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik.

Form Kuesioner

Identitas Responden

Nama Responden :

Jabatan :

Instansi :

PETUNJUK:

Pada kuesioner ini Bapak/Ibu diminta untuk memberikan nilai dimana tujuannya untuk menentukan pengaruh antar subkriteria pemilihan pemasok *sustainable*. Berikut dibawah ini merupakan skala penilaian DEMATEL.

Tingkat Kepentingan	Definisi
0	Tidak ada pengaruh
1	Pengaruh rendah
2	Pengaruh sedang
3	Pengaruh tinggi
4	Pengaruh sangat tinggi

Berikut ini merupakan contoh pengisian kuesioner.

Subkriteria	A	B	C
A		1	
B			4
C		3	

Contoh diatas memiliki arti yaitu subkriteria A memberikan pengaruh rendah terhadap subkriteria B. Subkriteria B memberikan pengaruh sangat tinggih terhadap subkriteria C, sedangkan subkriteria C memberikan pengaruh tinggi terhadap subkriteria B.

Subkriteria	*Product price*	*Transportation cost*	*Payment term*	*Duty*	*On time delivery*	*Lead Time*	*Supplier certification*	*Chemical purity*	*Supply capacity*	*Size of product*	*After sales service*	*Warranty*	*Financial stability*	*Pollution control*	*Environment Certification*	*Green Technology*	*Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources*	*Eco-efficient transportation*	*Green fuels*	*Health and safety practices*	*OHSAS 18001*
Product price	0																				
Transportation cost		0																			
Payment term			0																		
Duty				0																	
On time delivery					0																
Lead Time						0															
Supplier certification							0														
Chemical purity								0													
Supply capacity									0												
Size of product										0											
After sales service											0										
Warranty												0									
Financial stability													0								
Pollution control														0							
Environment Certification															0						
Green technology																0					
Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources																	0				
Eco-efficient transportation																		0			
Green fuels																			0		
Health and safety practices																				0	
OHSAS 18001																					0

Lampiran 2 – Matriks Hubungan Secara Langsung DEMATEL

Subkriteria	*Product price*	*Transportation cost*	*Payment term*	*Duty*	*On time delivery*	*Lead Time*	*Supplier certification*	*Chemical purity*	*Supply capacity*	*Size of product*	*After sales service*	*Warranty*	*Financial stability*	*Pollution control*	*Environment Certification*	*Green Technology*	*Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources*	*Eco-efficient transportation*	*Green fuels*	*Health and safety practices*	*OHSAS 18001*	*TOTAL*
Product price	0.0	0.0	2.5	2.5	0.0	2.0	1.0	3.0	2.0	3.5	1.0	2.5	3.0	0.5	1.5	1.0	2.5	1.5	1.0	0.5	0.0	31.0
Transportation cost	0.0	0.0	2.0	1.5	3.0	2.5	0.5	0.5	1.0	0.5	1.5	2.0	0.5	2.0	0.0	0.0	0.0	3.5	2.0	1.0	1.0	23.0
Payment term	2.0	1.0	0.0	0.0	1.5	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	2.5	0.0	0.0	1.0	1.5	1.0	0.5	0.0	0.0	14.0
Duty	1.5	1.5	0.0	0.0	3.0	2.0	0.0	1.5	1.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0
On time delivery	2.5	3.0	2.0	0.0	0.0	4.0	0.0	3.0	1.0	0.0	2.5	4.0	1.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.5	0.0	1.0	0.0	25.0
Lead Time	0.5	1.0	0.5	0.0	3.0	0.0	0.0	3.0	0.5	0.0	2.0	1.5	1.0	0.5	0.5	2.5	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0	20.0
Supplier certification	2.0	0.0	1.0	1.5	1.0	1.5	0.0	4.0	2.0	1.0	3.5	3.0	1.5	4.0	2.0	3.5	2.5	1.0	0.0	3.5	3.5	35.0
Chemical purity	3.0	0.0	1.0	1.5	1.5	1.5	4.0	0.0	1.5	1.0	4.0	4.0	2.5	2.5	3.5	2.0	4.0	1.0	0.0	1.0	1.0	38.5
Supply capacity	0.5	2.0	0.0	1.0	0.5	1.5	0.0	0.5	0.0	1.5	1.0	1.0	1.0	2.5	1.5	3.0	0.0	1.0	1.0	2.0	1.5	19.5
Size of product	3.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	10.5
After sales service	0.5	1.0	2.0	0.0	2.0	1.5	1.0	1.0	1.5	1.0	0.0	3.0	1.5	0.0	1.0	1.5	2.5	1.0	1.0	0.0	0.0	23.0
Warranty	0.5	1.0	0.0	0.0	2.5	1.0	2.5	2.5	0.5	1.5	3.5	0.0	1.5	0.0	0.0	0.5	1.5	0.5	1.5	0.0	0.0	21.0
Financial stability	2.5	0.5	4.0	0.0	0.5	0.5	1.0	0.0	1.5	0.0	1.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.0	2.0	1.0	1.5	2.0	1.5	20.0
Pollution control	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	3.5	3.5	2.5	0.0	1.5	3.0	3.0	14.5
Environment Certification	1.0	0.0	1.0	0.0	0.5	0.5	1.5	2.0	0.0	0.0	1.5	0.5	1.0	3.5	0.0	2.5	3.0	2.0	3.5	2.0	2.0	24.0
Green technology	2.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.5	3.0	3.5	2.5	0.0	1.0	1.5	1.5	3.5	3.5	0.0	2.5	0.0	0.0	2.5	2.5	27.5
Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources	2.5	0.0	0.5	2.0	0.0	0.0	3.5	0.5	1.0	0.0	1.5	2.0	1.5	4.0	3.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.5	2.0	23.0
Eco-efficient transportation	0.5	2.0	0.0	0.0	1.5	1.5	0.0	1.5	0.0	0.0	2.0	1.5	1.0	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	18.0
Green fuels	0.5	3.0	0.0	0.0	1.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	3.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	14.0
Health and safety practices	0.5	0.0	1.0	0.0	2.5	1.5	2.0	3.0	3.0	0.0	2.5	2.5	3.5	0.0	1.5	3.5	1.0	0.0	0.0	0.0	4.0	28.0
OHSAS 18001	0.5	1.0	1.0	0.0	2.5	1.5	0.5	1.5	3.5	0.0	0.5	0.0	1.5	0.0	1.5	1.0	1.0	0.0	0.0	4.0	0.0	17.5

Lampiran 3 – Matriks Total DEMATEL

Subkriteria	*Product price*	*Transportation cost*	*Payment term*	*Duty*	*On time delivery*	*Lead Time*	*Supplier certification*	*Chemical purity*	*Supply capacity*	*Size of product*	*After sales service*	*Warranty*	*Financial stability*	*Pollution control*	*Environment Certification*	*Green Technology*	*Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural*	*Eco-efficient transportation*	*Green fuels*	*Health and safety practices*	*OHSAS 18001*	*D*
Product price	0.0825	0.0479	0.1163	0.0930	0.0764	0.1200	0.1012	0.1595	0.1147	0.1194	0.1173	0.1550	0.1574	0.0889	0.1184	0.1108	0.1488	0.0901	0.0786	0.0807	0.0647	2.0964
Transportation cost	0.0517	0.0467	0.0893	0.0544	0.1415	0.1250	0.0581	0.0812	0.0717	0.0323	0.1082	0.1213	0.0721	0.0924	0.0597	0.0631	0.0562	0.1303	0.0965	0.0734	0.0684	1.5518
Payment term	0.0885	0.0485	0.0332	0.0168	0.0741	0.0634	0.0601	0.0462	0.0342	0.0167	0.0577	0.0627	0.1035	0.0377	0.0391	0.0650	0.0794	0.0526	0.0401	0.0354	0.0319	1.0194
Duty	0.0694	0.0622	0.0278	0.0143	0.1116	0.0896	0.0277	0.0797	0.0538	0.0160	0.0805	0.0494	0.0350	0.0280	0.0307	0.0371	0.0349	0.0250	0.0221	0.0269	0.0228	0.8948
On time delivery	0.1263	0.1170	0.1034	0.0281	0.0789	0.1705	0.0692	0.1604	0.0857	0.0338	0.1526	0.1927	0.1031	0.0620	0.0682	0.1134	0.0808	0.0637	0.0503	0.0819	0.0537	1.8602
Lead Time	0.0727	0.0645	0.0582	0.0222	0.1387	0.0635	0.0625	0.1487	0.0690	0.0236	0.1265	0.1199	0.0916	0.0714	0.0817	0.1298	0.0953	0.0671	0.0780	0.0817	0.0768	1.5850
Supplier certification	0.1580	0.0610	0.1046	0.0801	0.1411	0.1437	0.1190	0.2365	0.1631	0.0710	0.2235	0.2152	0.1662	0.2137	0.1828	0.2263	0.2001	0.0914	0.0736	0.2053	0.1986	2.8708
Chemical purity	0.1805	0.0592	0.1050	0.0820	0.1426	0.1378	0.2093	0.1340	0.1382	0.0727	0.2315	0.2352	0.1811	0.1778	0.2069	0.1804	0.2306	0.0934	0.0758	0.1349	0.1284	2.8740
Supply capacity	0.0652	0.0854	0.0402	0.0438	0.0765	0.0949	0.0552	0.0834	0.0564	0.0579	0.0912	0.0934	0.0873	0.1190	0.1044	0.1439	0.0652	0.0658	0.0682	0.1105	0.0954	1.4973
Size of product	0.1142	0.0543	0.0243	0.0151	0.0277	0.0421	0.0382	0.0365	0.0390	0.0178	0.0335	0.0618	0.0575	0.0268	0.0293	0.0539	0.0320	0.0480	0.0230	0.0248	0.0220	0.7750
After sales service	0.0726	0.0638	0.0923	0.0230	0.1093	0.0953	0.0837	0.0949	0.0867	0.0492	0.0730	0.1495	0.1006	0.0602	0.0866	0.1023	0.1267	0.0670	0.0672	0.0536	0.0495	1.6040
Warranty	0.0730	0.0629	0.0460	0.0240	0.1201	0.0843	0.1181	0.1306	0.0642	0.0628	0.1603	0.0816	0.0989	0.0577	0.0624	0.0783	0.1040	0.0551	0.0746	0.0523	0.0480	1.5587
Financial stability	0.1175	0.0488	0.1430	0.0238	0.0724	0.0696	0.0815	0.0687	0.0928	0.0254	0.0916	0.1076	0.0694	0.0921	0.0658	0.0935	0.1154	0.0655	0.0772	0.1066	0.0913	1.5215
Pollution control	0.0552	0.0301	0.0400	0.0202	0.0704	0.0538	0.0874	0.0746	0.0875	0.0174	0.0666	0.0672	0.0909	0.0691	0.1610	0.1617	0.1316	0.0364	0.0759	0.1460	0.1431	1.3967
Environment Certification	0.0948	0.0432	0.0753	0.0279	0.0866	0.0813	0.1141	0.1364	0.0718	0.0257	0.1228	0.1018	0.1079	0.1646	0.0977	0.1511	0.1629	0.1006	0.1387	0.1290	0.1256	1.9052
Green technology	0.1394	0.0477	0.0679	0.0389	0.1278	0.1240	0.1725	0.2028	0.1553	0.0388	0.1412	0.1555	0.1438	0.1915	0.1992	0.1235	0.1793	0.0575	0.0628	0.1681	0.1620	2.3694
Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources	0.1290	0.0362	0.0651	0.0792	0.0716	0.0666	0.1588	0.1034	0.0979	0.0313	0.1235	0.1347	0.1183	0.1772	0.1589	0.1191	0.0911	0.0444	0.0503	0.1201	0.1271	1.8566
Eco-efficient transportation	0.0516	0.0848	0.0344	0.0149	0.0872	0.0847	0.0387	0.0875	0.0331	0.0167	0.1038	0.0935	0.0690	0.0398	0.1098	0.0453	0.0483	0.0444	0.1394	0.0354	0.0321	1.2269
Green fuels	0.0401	0.1020	0.0261	0.0114	0.0762	0.0755	0.0249	0.0411	0.0233	0.0104	0.0424	0.0427	0.0447	0.0317	0.1098	0.0335	0.0324	0.1336	0.0398	0.0283	0.0256	0.9419
Health and safety practices	0.1019	0.0525	0.0943	0.0326	0.1541	0.1259	0.1406	0.1856	0.1652	0.0363	0.1730	0.1772	0.1862	0.0941	0.1352	0.1947	0.1324	0.0547	0.0561	0.0970	0.1838	2.2924
OHSAS 18001	0.0706	0.0621	0.0718	0.0227	0.1252	0.1000	0.0710	0.1130	0.1473	0.0232	0.0881	0.0805	0.1074	0.0620	0.1015	0.1037	0.0912	0.0392	0.0391	0.1617	0.0619	1.5195
R	1.7823	1.1661	1.2923	0.7132	1.8307	1.7856	1.6803	2.1060	1.5383	0.7387	2.1477	2.2408	1.8982	1.8017	1.9724	2.0319	2.0151	1.3318	1.3322	1.6948	1.5670	

Lampiran 4 – Peta *Impact Diagram* DEMATEL

Subkriteria	*Product price*	*Transportation cost*	*Payment term*	*Duty*	*On time delivery*	*Lead Time*	*Supplier certification*	*Chemical purity*	*Supply capacity*	*Size of product*	*After sales service*	*Warranty*	*Financial stability*	*Pollution control*	*Environment Certification*	*Green Technology*	*Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources*	*Eco-efficient transportation*	*Green fuels*	*Health and safety practices*	*OHSAS 18001*
Product price			ada	ada		ada	ada	ada	ada	ada	ada	ada	ada	ada	ada	ada	ada	ada			
Transportation cost			ada		ada	ada					ada	ada		ada				ada	ada		
Payment term	ada												ada								
Duty					ada	ada															
On time delivery	ada	ada	ada			ada		ada			ada	ada	ada			ada					
Lead Time					ada			ada			ada	ada	ada			ada	ada				
Supplier certification	ada		ada		ada	ada		ada	ada		ada	ada	ada	ada	ada	ada	ada	ada		ada	ada
Chemical purity	ada		ada		ada	ada	ada		ada		ada	ada	ada	ada	ada	ada	ada	ada		ada	ada
Supply capacity						ada					ada	ada		ada	ada	ada				ada	ada
Size of product	ada																				
After sales service			ada		ada	ada		ada				ada	ada			ada	ada				
Warranty					ada		ada	ada			ada		ada				ada				
Financial stability	ada		ada						ada		ada	ada		ada		ada	ada			ada	ada
Pollution control													ada		ada	ada	ada			ada	ada
Environment Certification	ada						ada	ada			ada	ada	ada	ada		ada	ada	ada	ada	ada	ada
Green technology	ada				ada	ada	ada	ada	ada		ada	ada	ada	ada	ada		ada			ada	ada
Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources	ada						ada	ada	ada		ada	ada	ada	ada	ada	ada				ada	ada
Eco-efficient transportation											ada	ada			ada				ada		
Green fuels		ada													ada			ada			
Health and safety practices	ada		ada		ada	ada	ada	ada	ada		ada	ada	ada	ada	ada	ada	ada				ada
OHSAS 18001					ada	ada		ada	ada				ada		ada	ada	ada			ada	

Lampiran 5 – Kuesioner Penilaian Tingkat Kepentingan Kriteria/Subkriteria

Form Kuesioner

Identitas Responden

Nama Responden :

Jabatan :

PETUNJUK:

Pada kuesioner ini Bapak/Ibu diminta untuk memberikan nilai dimana tujuannya untuk menentukan tingkat kepentingan satu kriteria/subkriteria pemilihan pemasok *sustainable* terhadap kriteria/subkriteria lainnya. Berikut dibawah ini merupakan skala penilaian ANP.

Tingkat Kepentingan	Definisi
1	Dua kriteria/subkriteria memiliki tingkat kepentingan yang sama
3	Kriteria/subkriteria sedikit lebih penting dari kriteria/subkriteria lain
5	Kriteria/subkriteria lebih penting dari kriteria/subkriteria lain
7	Kriteria/subkriteria sangat lebih penting dari kriteria/subkriteria lain
9	Kriteria/subkriteria mutlak lebih penting dari kriteria/subkriteria lain
2,4,6,8	Nilai yang berada diantara dua nilai pertimbangan

Berikut ini merupakan contoh pengisian kuesioner.

	Skala penilaian																
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Cost/price									✓									Delivery
Cost/price			✓															Quality

Contoh diatas memiliki arti yaitu kriteria “Cost/price” dan “delivery” memiliki kepentingan yang sama dalam proses pemilihan pemasok *sustainable* pada PT.XYZ. Sedangkan untuk baris kedua menunjukkan kriteria “Cost/price” sangat lebih penting daripada kriteria “quality” dalam proses pemilihan pemasok *sustainable* pada PT. XYZ.

Perbandingan Kriteria

**respect to cost/price*

kriteria	Skala penilaian																	Kriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Cost/price																		Delivery
Cost/price																		Environmental management System
Cost/price																		Financial Capability
Cost/price																		Green Transportation
Cost/price																		Pollution production
Cost/price																		Production Facilities and Capacity
Cost/price																		Quality
Cost/price																		Service
Delivery																		Environmental management System
Delivery																		Financial Capability
Delivery																		Green Transportation
Delivery																		Pollution production
Delivery																		Production Facilities and Capacity
Delivery																		Quality
Delivery																		Service
Environmental management System																		Financial Capability
Environmental management System																		Green Transportation
Environmental management System																		Pollution production
Environmental management System																		Production Facilities and Capacity
Environmental management System																		Quality
Environmental management System																		Service
Financial Capability																		Green Transportation
Financial Capability																		Pollution production
Financial Capability																		Production Facilities and Capacity
Financial Capability																		Quality
Financial Capability																		Service
Green Transportation																		Pollution production
Green Transportation																		Production Facilities and Capacity
Green Transportation																		Quality
Green Transportation																		Service
Pollution production																		Production Facilities and Capacity
Pollution production																		Quality
Pollution production																		Service
Production Facilities and Capacity																		Quality
Production Facilities and Capacity																		Service
Quality																		Service

**respect to delivery*

Kriteria	Skala penilaian																	Kriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Cost/price																		Delivery
Cost/price																		Environmental management System
Cost/price																		Financial Capability
Cost/price																		Quality
Cost/price																		Service
Delivery																		Environmental management System
Delivery																		Financial Capability
Delivery																		Quality
Delivery																		Service
Environmental management System																		Financial Capability
Environmental management System																		Quality
Environmental management System																		Service
Financial Capability																		Quality
Financial Capability																		Service
Quality																		Service
Cost/price																		Delivery
Cost/price																		Environmental management System
Cost/price																		Financial Capability
Cost/price																		Quality
Cost/price																		Service
Delivery																		Environmental management System
Delivery																		Financial Capability
Delivery																		Quality
Delivery																		Service
Environmental management System																		Financial Capability
Environmental management System																		Quality
Environmental management System																		Service
Financial Capability																		Quality
Financial Capability																		Service
Quality																		Service

**respect to Environmental Management System*

Kriteria	Skala penilaian																	Kriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Cost/price																		Delivery
Cost/price																		Environmental management System
Cost/price																		Financial Capability
Cost/price																		Green Transportation
Cost/price																		Occupational Health and safety management systems
Cost/price																		Pollution production
Cost/price																		Production Facilities and Capacity
Cost/price																		Quality
Cost/price																		Service
Delivery																		Environmental management System
Delivery																		Financial Capability
Delivery																		Green Transportation
Delivery																		Occupational Health and safety management systems
Delivery																		Pollution production
Delivery																		Production Facilities and Capacity
Delivery																		Quality
Delivery																		Service
Environmental management System																		Financial Capability
Environmental management System																		Green Transportation
Environmental management System																		Occupational Health and safety management systems
Environmental management System																		Pollution production
Environmental management System																		Production Facilities and Capacity
Environmental management System																		Quality
Environmental management System																		Service
Financial Capability																		Green Transportation
Financial Capability																		Occupational Health and safety management systems
Financial Capability																		Pollution production
Financial Capability																		Production Facilities and Capacity
Financial Capability																		Quality
Financial Capability																		Service
Green Transportation																		Occupational Health and safety management systems
Green Transportation																		Pollution production
Green Transportation																		Production Facilities and Capacity
Green Transportation																		Quality
Green Transportation																		Service
Occupational Health and safety management systems																		Pollution production
Occupational Health and safety management systems																		Production Facilities and Capacity

**respect to Environmental Management System*

Kriteria	Skala penilaian																	Kriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Occupational Health and safety management systems																		Quality
Occupational Health and safety management systems																		Service
Pollution production																		Production Facilities and Capacity
Pollution production																		Quality
Pollution production																		Service
Production Facilities and Capacity																		Quality
Production Facilities and Capacity																		Service
Quality																		Service

**respect to financial capability*

Kriteria	Skala penilaian																	Kriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Cost/price																		Environmental management System
Cost/price																		Occupational Health and safety management systems
Cost/price																		Pollution production
Cost/price																		Production Facilities and Capacity
Cost/price																		Service
Environmental management System																		Occupational Health and safety management systems
Environmental management System																		Pollution production
Environmental management System																		Production Facilities and Capacity
Environmental management System																		Service
Occupational Health and safety management systems																		Pollution production
Occupational Health and safety management systems																		Production Facilities and Capacity
Occupational Health and safety management systems																		Service
Pollution production																		Production Facilities and Capacity
Pollution production																		Service
Production Facilities and Capacity																		Service

**respect to green transportation*

Kriteria	Skala penilaian																	Kriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Cost/price																		Environmental management System
Cost/price																		Green Transportation
Cost/price																		Service
Environmental management System																		Green Transportation
Environmental management System																		Service
Green Transportation																		Service

**respect to occupational health and safety management systems*

Kriteria	Skala penilaian																	Kriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Cost/price																		Delivery
Cost/price																		Environmental management System
Cost/price																		Financial Capability
Cost/price																		Occupational health and safety management systems
Cost/price																		Pollution production
Cost/price																		Production Facilities and Capacity
Cost/price																		Quality
Cost/price																		Service
Delivery																		Environmental management System
Delivery																		Financial Capability
Delivery																		Occupational health and safety management systems
Delivery																		Pollution production
Delivery																		Production Facilities and Capacity
Delivery																		Quality
Delivery																		Service
Environmental management System																		Financial Capability
Environmental management System																		Occupational health and safety management systems
Environmental management System																		Pollution production
Environmental management System																		Production Facilities and Capacity
Environmental management System																		Quality
Environmental management System																		Service
Financial Capability																		Occupational health and safety management systems
Financial Capability																		Pollution production
Financial Capability																		Production Facilities and Capacity
Financial Capability																		Quality
Financial Capability																		Service

**respect to occupational health and safety management systems*

Kriteria	Skala penilaian																	Kriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Occupational health and safety management systems																		Pollution production
Occupational health and safety management systems																		Production Facilities and Capacity
Occupational health and safety management systems																		Quality
Occupational health and safety management systems																		Service
Pollution production																		Production Facilities and Capacity
Pollution production																		Quality
Pollution production																		Service
Production Facilities and Capacity																		Quality
Production Facilities and Capacity																		Service
Quality																		Service

**respect to pollution production*

Kriteria	Skala penilaian																	Kriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Environmental management System																		Financial Capability
Environmental management System																		Occupational health and safety management systems
Financial Capability																		Occupational health and safety management systems

**respect to production facilities and capability*

Kriteria	Skala penilaian																	Kriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Cost/price																		Delivery
Cost/price																		Environmental management System
Cost/price																		Occupational health and safety management systems
Cost/price																		Pollution production
Cost/price																		Service
Delivery																		Environmental management System
Delivery																		Occupational health and safety management systems
Delivery																		Pollution production
Delivery																		Service
Environmental management System																		Occupational health and safety management systems
Environmental management System																		Pollution production
Environmental management System																		Service
Occupational health and safety management systems																		Pollution production
Occupational health and safety management systems																		Service
Pollution production																		Service

**respect to quality*

Kriteria	Skala penilaian																	Kriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Cost/price																		Delivery
Cost/price																		Environmental management System
Cost/price																		Financial Capability
Cost/price																		Green Transportation
Cost/price																		Occupational health and safety management systems
Cost/price																		Pollution production
Cost/price																		Production Facilities and Capacity
Cost/price																		Quality
Cost/price																		Service
Delivery																		Environmental management System
Delivery																		Financial Capability
Delivery																		Green Transportation
Delivery																		Occupational health and safety management systems
Delivery																		Pollution production
Delivery																		Production Facilities and Capacity
Delivery																		Quality
Delivery																		Service
Environmental management System																		Financial Capability
Environmental management System																		Green Transportation
Environmental management System																		Occupational health and safety management systems
Environmental management System																		Pollution production
Environmental management System																		Production Facilities and Capacity
Environmental management System																		Quality
Environmental management System																		Service
Financial Capability																		Green Transportation
Financial Capability																		Occupational health and safety management systems
Financial Capability																		Pollution production
Financial Capability																		Production Facilities and Capacity
Financial Capability																		Quality
Financial Capability																		Service
Green Transportation																		Occupational health and safety management systems
Green Transportation																		Pollution production
Green Transportation																		Production Facilities and Capacity
Green Transportation																		Quality
Green Transportation																		Service
Occupational health and safety management systems																		Pollution production
Occupational health and safety management systems																		Production Facilities and Capacity

**respect to quality*

Kriteria	Skala penilaian																	Kriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Occupational health and safety management systems																		Quality
Occupational health and safety management systems																		Service
Pollution production																		Production Facilities and Capacity
Pollution production																		Quality
Pollution production																		Service
Production Facilities and Capacity																		Quality
Production Facilities and Capacity																		Service
Quality																		Service

**respect to service*

Kriteria	Skala penilaian																	Kriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Cost/price																		Delivery
Cost/price																		Environmental management System
Cost/price																		Financial Capability
Cost/price																		Production Facilities and Capacity
Cost/price																		Quality
Cost/price																		Service
Delivery																		Environmental management System
Delivery																		Financial Capability
Delivery																		Production Facilities and Capacity
Delivery																		Quality
Delivery																		Service
Environmental management System																		Financial Capability
Environmental management System																		Production Facilities and Capacity
Environmental management System																		Quality
Environmental management System																		Service
Financial Capability																		Production Facilities and Capacity
Financial Capability																		Quality
Financial Capability																		Service
Production Facilities and Capacity																		Quality
Production Facilities and Capacity																		Service
Quality																		Service

Perbandingan Sub Kriteria

comparisons with respect to "duty" node in "delivery" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
lead time																		on time delivery

comparisons with respect to "payment term" node in "cost/price" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Payment Term																		product price

comparisons with respect to "product price" node in "environmental management system" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
environmental certification																		Green technology
environmental certification																		Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources
Green technology																		Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources

comparisons with respect to "product price" node in "production facilities and capacity" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
size of product																		supply capacity

comparisons with respect to "product price" node in "quality" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
chemical purity																		supplier certification

comparisons with respect to "product price" node in "service" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
after sales service																		warranty

comparisons with respect to "transportation cost" node in "delivery" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
lead time																		on time delivery

comparisons with respect to "transportation cost" node in "green transportation" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Eco-efficient transportation																		green fuels

comparisons with respect to "transportation cost" node in "service" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	Subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
after sales service																		warranty

comparisons with respect to "lead time" node in "environment management system" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Green technology																		Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources

comparisons with respect to "lead time" node in "service" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
after sales service																		warranty

comparisons with respect to "on time delivery" node in “cost/price" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Payment term																		Product price
Payment term																		Transportation cost
Product price																		Transportation cost

comparisons with respect to "on time delivery" node in "service" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
after sales service																		warranty

comparisons with respect to "environment certification" node in "environment management system" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Green technology																		Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources

comparisons with respect to "environment certification" node in "green transportation"cluster

subkriteria	Skala penilaian																	Subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
eco-efficient transportation																		green fuels

comparisons with respect to "environment certification" node in " Occupational healtf and safety management systems "cluster

subkriteria	Skala penilaian																	Subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Health and safety practices																		OHSAS 18001

comparisons with respect to ”environment certification " node in "quality"cluster

subkriteria	Skala penilaian																	Subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Chemical purity																		Supplier certification

comparisons with respect to "environment certification" node in "service"cluster

subkriteria	Skala penilaian																	Subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
After sales service																		warranty

comparisons with respect to "green technology" node in “delivery"cluster

subkriteria	Skala penilaian																	Subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
lead time																		on time delivery

comparisons with respect to "green technology " node in "environment management system" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
environment performance evaluation																		Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources

comparisons with respect to " green technology" node in "Occupational health and safety management systems "cluster

subkriteria	Skala penilaian																	Subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Health and safety practices																		OHSAS 18001

comparisons with respect to "green technology" node in "Quality "cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
chemical purity																		supplier certification

comparisons with respect to "green technology" node in "service"cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
after sales service																		warranty

comparisons with respect to "Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources“ node in "environment management system" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
environment certiication																		Green Technology

comparisons with respect to "Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources“Occupational health and safety management systems" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Health and safety practices																		OHSAS 18001

comparisons with respect to "Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources“ node in "quality" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
chemical purity																		supplier sertification

comparisons with respect to "Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources“ node in "service" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
after sales service																		Warranty

comparisons with respect to "Financial stability “ node in "cost/price" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
payment term																		product price

comparisons with respect to "Financial stability “ node in "Environment Management system" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
green technology																		Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources

comparisons with respect to "Financial stability “ node in "Occupational health and safety management systems" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Health and safety practices																		OHSAS 18001

comparisons with respect to "Financial stability “ node in "service" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
After sales service																		Warranty

comparisons with respect to " eco-efficient transportation “ node in "service" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
After sales service																		Warranty

comparisons with respect to “health and safety practices" node in “cost/price" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Payment term																		Product price

comparisons with respect to “health and safety practices" node in “delivery" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Lead time																		On time delivery

comparisons with respect to " health and safety practices " node in "environmental management system" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
environmental certification																		Green technology
environmental certification																		Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources
Green technology																		Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources

comparisons with respect to “health and safety practices" node in “quality" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
chemical purity																		supplier sertification

comparisons with respect to “health and safety practices “ node in "service" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
After sales service																		Warranty

comparisons with respect to “OHSAS 18001" node in “delivery" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Lead time																		On time delivery

comparisons with respect to " OHSAS 18001" node in "environmental management system" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
environmental certification																		Green technology
environmental certification																		Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources
Green technology																		Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources

comparisons with respect to “Pollution Control" node in "environmental management system" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
environmental certification																		Green technology
environmental certification																		Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources
Green technology																		Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources

comparisons with respect to " Pollution Control “ node in "Occupational health and safety management systems" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Health and safety practices																		OHSAS 18001

comparisons with respect to “supply capacity" node in "environmental management system" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
environmental certification																		Green technology

comparisons with respect to “supply capacity “ node in "Occupational health and safety management systems" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Health and safety practices																		OHSAS 18001

comparisons with respect to “supply capacity“ node in "service" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
After sales service																		Warranty

comparisons with respect to “chemical purity" node in “cost/price" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Payment term																		Product price

comparisons with respect to “chemical purity " node in “delivery" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Lead time																		On time delivery

comparisons with respect to “chemical purity " node in "environmental management system" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
environmental certification																		Green technology
environmental certification																		Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources
Green technology																		Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources

comparisons with respect to “chemical purity “ node in "service" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
After sales service																		Warranty

comparisons with respect to “supplier certification" node in “cost/price" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Payment term																		Product price

comparisons with respect to “supplier certification" node in “delivery" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Lead time																		On time delivery

comparisons with respect to “supplier certification" node in "environmental management system" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
environmental certification																		Green technology
environmental certification																		Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources
Green technology																		Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources

comparisons with respect to “supplier certification “ node in "Occupational health and safety management systems" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Health and safety practices																		OHSAS 18001

comparisons with respect to “supplier certification “ node in "service" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
After sales service																		Warranty

comparisons with respect to “after sales service" node in “delivery" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Lead time																		On time delivery

comparisons with respect to “after sales service" node in "environmental management system" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Green technology																		Materials used in the supplied components that reduce the impact on natural resources

comparisons with respect to “warranty" node in “quality" cluster

subkriteria	Skala penilaian																	subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
chemical purity																		supplier sertification

Perbandingan Alternatif

Product Price

Alternatif	Skala penilaian																	Subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pemasok 1																		Pemasok 2
Pemasok 1																		Pemasok 3
Pemasok 2																		Pemasok 3

Transportation cost

Alternatif	Skala penilaian																	Subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pemasok 1																		Pemasok 2
Pemasok 1																		Pemasok 3
Pemasok 2																		Pemasok 3

Payment Term

Alternatif	Skala penilaian																	Subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pemasok 1																		Pemasok 2
Pemasok 1																		Pemasok 3
Pemasok 2																		Pemasok 3

Duty

Alternatif	Skala penilaian																	Subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pemasok 1																		Pemasok 2
Pemasok 1																		Pemasok 3
Pemasok 2																		Pemasok 3

On Time Delivery

Alternatif	Skala penilaian																	Subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pemasok 1																		Pemasok 2
Pemasok 1																		Pemasok 3
Pemasok 2																		Pemasok 3

Lead Time

Alternatif	Skala penilaian																	Subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pemasok 1																		Pemasok 2
Pemasok 1																		Pemasok 3
Pemasok 2																		Pemasok 3

Supplier certification

Alternatif	Skala penilaian																	Subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pemasok 1																		Pemasok 2
Pemasok 1																		Pemasok 3
Pemasok 2																		Pemasok 3

Chemical purity

Alternatif	Skala penilaian																	Subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pemasok 1																		Pemasok 2
Pemasok 1																		Pemasok 3
Pemasok 2																		Pemasok 3

Supply Capacity

Alternatif	Skala penilaian																	Subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pemasok 1																		Pemasok 2
Pemasok 1																		Pemasok 3
Pemasok 2																		Pemasok 3

Size of Product

Alternatif	Skala penilaian																	Subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pemasok 1																		Pemasok 2
Pemasok 1																		Pemasok 3
Pemasok 2																		Pemasok 3

After Sales Service

Alternatif	Skala penilaian																	Subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pemasok 1																		Pemasok 2
Pemasok 1																		Pemasok 3
Pemasok 2																		Pemasok 3

Warranty

Alternatif	Skala penilaian																	Subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pemasok 1																		Pemasok 2
Pemasok 1																		Pemasok 3
Pemasok 2																		Pemasok 3

Financial Stability

Alternatif	Skala penilaian																	Subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pemasok 1																		Pemasok 2
Pemasok 1																		Pemasok 3
Pemasok 2																		Pemasok 3

Pollution Control

Alternatif	Skala penilaian																	Subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pemasok 1																		Pemasok 2
Pemasok 1																		Pemasok 3
Pemasok 2																		Pemasok 3

Environment certification

Alternatif	Skala penilaian																	Subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pemasok 1																		Pemasok 2
Pemasok 1																		Pemasok 3
Pemasok 2																		Pemasok 3

Green technology

Alternatif	Skala penilaian																	Subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pemasok 1																		Pemasok 2
Pemasok 1																		Pemasok 3
Pemasok 2																		Pemasok 3

Eco-efficient transportation

Alternatif	Skala penilaian																	Subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pemasok 1																		Pemasok 2
Pemasok 1																		Pemasok 3
Pemasok 2																		Pemasok 3

Green fuels

Alternatif	Skala penilaian																	Subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pemasok 1																		Pemasok 2
Pemasok 1																		Pemasok 3
Pemasok 2																		Pemasok 3

Materials used the supplied components that reduce the impact on natural resources

Alternatif	Skala penilaian																	Subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pemasok 1																		Pemasok 2
Pemasok 1																		Pemasok 3
Pemasok 2																		Pemasok 3

Health and safety practices

Alternatif	Skala penilaian																	Subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pemasok 1																		Pemasok 2
Pemasok 1																		Pemasok 3
Pemasok 2																		Pemasok 3

OHSAS 18001

Alternatif	Skala penilaian																	Subkriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pemasok 1																		Pemasok 2
Pemasok 1																		Pemasok 3
Pemasok 2																		Pemasok 3

BIODATA PENULIS

Mega Rahmadani merupakan anak bungsu dari pasangan Achmad Asyhari dan Rusiati. Penulis lahir di Banjarbaru pada tanggal 23 Februari 1995. Riwayat pendidikan Strata 1 (S1) ditempuh di Universitas Brawijaya Malang, jurusan Teknik Industri. Kemudian tahun 2018, penulis melanjutkan pendidikan strata 2 (S2) di Departemen Teknik Sistem dan Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada konsentrasi Manajemen Logistik dan Rantai Pasok. Untuk informasi lebih lanjut mengenai penulis dapat menghubungi melalui email: megarhma@gmail.com