

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu merupakan acuan dari penulis lain yang mempunyai topik atau hubungan yang sama dengan penelitian ini. Dalam penelitian ini penulis menggunakan beberapa acuan dari penelitian terdahulu yang bersumber dari jurnal yang terkait dengan pemilihan *supplier* berkelanjutan, berikut penelitian terdahulu berupa jurnal yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis:

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	(Chen et al., 2020)	<i>Sustainable supplier selection for smart supply chain considering internal and external uncertainty: An Integrated rough-Fuzzy Approach</i>	Dari hasil penelitian, pemilihan <i>sustainable supplier</i> untuk transmisi energi baru memiliki 5 kriteria dan 12 sub-kriteria dan berdasarkan hasil perankingan metode TOPSIS maka didapatkan Supplier B > C > D > A
2	(Tavana et al., 2017)	<i>An application of an integrated ANP-QFD framework for sustainable supplier selection</i>	Dari hasil penelitian di perusahaan susu dengan metode ANP adalah terdapat 3 kriteria pertimbangan yang terdiri dari 10 sub-kriteria, dan 2 alternatif pilihan.
3	(Pujotomo et al., 2016)	Integrasi Metode ANP dan TOPSIS dalam evaluasi kinerja <i>supplier</i> dan penentuan prioritas <i>supplier</i> bahan baku utama cetak koran pada PT Masscom Graphy Semarang	Hasil penelitian dengan metode ANP adalah terdapat 5 kriteria dan 17 subkriteria yang mempengaruhi evaluasi <i>supplier</i> dan penentuan prioritas <i>supplier</i> pada PT Masscom Graphy Semarang
4	(Puspitasari & Yancadianti, 2016)	Analisa Pemilihan <i>Supplier</i> Ramah Lingkungan Dengan Metode <i>Analytical Network Process</i> (ANP) Pada PT Kimia Farma Plant Semarang	Dari hasil penelitian, untuk memilih <i>supplier</i> yang ramah lingkungan terdapat 6 kriteria dan 18 sub-kriteria dan berdasarkan hasil performansi pada keenam kriteria pemilihan <i>supplier</i> maka didapatkan rekomendasi <i>supplier</i> yakni PT Sejong dengan total skor sebesar 27,132%, PT Sentosa Jaya dengan skor 0,25291, PT Indomulti Plasind dengan skor

Monica Permatasari, 2021

PEMILIHAN PEMASOK BERKELANJUTAN DALAM INDUSTRI 4.0 DI PT XYZ

UPN Veteran Jakarta, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Industri

[www.upnvj.ac.id – www.library.upnvj.ac.id - www.repository.upnvj.ac.id]

Lanjutan **Tabel 2.1** Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
			0,24116 dan PT Mitra Sentosa Plastik Industri dengan skor 0,23461

(Sumber: Hasil Kajian Penulis)

2.2. Pengertian *Supply Chain Management*

Supply chain management atau rantai pasok merupakan suatu jaringan untuk mengatur hubungan suatu perusahaan dengan supplier dan konsumen agar menciptakan dan mengantarkan produk sampai ke tangan konsumen. Hubungan yang terjalin pada umumnya yaitu termasuk supplier, perusahaan, toko atau ritel, distributor, dan perusahaan-perusahaan dalam bidang logistik (pengadaan). *Supply chain management* secara menyeluruh dapat menciptakan kerjasama yang sinkron dan terkoordinasi yang berkaitan dengan aliran bahan baku baik internal maupun melalui eksternal perusahaan (Widianto, 2012). Pengertian *Supply Chain Management* menurut para ahli lainnya, sebagai berikut:

1. Haizer & Rander (2004), yang mendefinisikan *Supply Chain Management* merupakan suatu aktivitas pengelolaan kegiatan-kegiatan untuk memperoleh bahan mentah dibuat menjadi produk jadi dan kemudian mengantarkan barang ke konsumen. Kegiatan ini mencakup fungsi pembelian tradisional yang berhubungan antara pemasok dengan distributor.
2. Pires, et.al (2001) mendefinisikan bahwa manajemen rantai pasokan: jaringan *supplier*, manufaktur, perakitan, distribusi dan jaringan fasilitas pembelian membentuk fungsi pembelian bahan, konversi bahan produk setengah jadi maupun produk jadi dan mengantarkan barang tersebut ke konsumen melalui sistem distribusi.

2.3. Manfaat *Supply Chain Management*

Sacara umum konsep *Supply Chain Management* dalam perusahaan dapat memberikan manfaat yaitu kepuasan pelanggan, meningkatkan pendapatan, menurunkan biaya, menggunakan aset use lebih tinggi, keuntungan meningkat, dan perusahaan menjadi semakin besar (Jebarus, 2001).

Monica Permatasari, 2021

PEMILIHAN PEMASOK BERKELANJUTAN DALAM INDUSTRI 4.0 DI PT XYZ

UPN Veteran Jakarta, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Industri

[www.upnvj.ac.id – www.library.upnvj.ac.id - www.repository.upnvj.ac.id]

Ada 6 manfaat tidak langsung dari *Supply Chain Management* dijelaskan sebagai berikut:

1. Kepuasan pelanggan. Konsumen atau pengguna produk adalah tujuan utama kegiatan proses produksi yang dihasilkan oleh perusahaan. Konsumen atau pengguna yang dimaksud dalam konteks ini tentu saja pelanggan setia untuk menjadikan pelanggan yang setia, maka pelanggan harus puas dengan layanan yang dikumpulkan oleh perusahaan.
2. Meningkatkan pendapatan. Semakin setia konsumen menjadi mitra perusahaan maka pendapatan perusahaan akan lebih besar, jadi produk yang dihasilkan perusahaan memiliki nilai pasar karena diminati.
3. Menurunkan biaya. Mengintegrasikan aliran produk dari perusahaan ke konsumen akhir berarti mengurangi biaya saluran distribusi.
4. Pemanfaatan asset semakin tinggi. Aset terutama faktor manusia dalam pengetahuan dan ketrampilan. Tenaga kerja akan dapat memberdayakan pengguna menerapkan teknologi tinggi yang dibutuhkan untuk pasokan.
5. Peningkatan laba. Dengan semakin banyaknya pelanggan dan pengguna setia produk, maka pada akhirnya akan meningkatkan keuntungan perusahaan.
6. Perusahaan berkembang. Perusahaan yang mendapatkan keuntungan dari menjual barangnya dari waktu ke waktu menjadi lebih besar dan kuat.

Manfaat langsung dari penerapan *Supply Chain Management I* bagi perusahaan adalah sebagai berikut:

1. Manajemen rantai pasok secara fisik dapat mengubah bahan mentah menjadi produk jadi dan mengirimkannya ke pengguna akhir. Keunggulan ini menekankan pada fungsi produktif dan operasional dalam suatu perusahaan. Dalam peran ini, semua sumber daya yang tersedia digunakan untuk menambah nilai pada produk yang diproduksi menurut pedoman perusahaan dan mendistribusikannya kepada konsumen yang dituju.
2. Manajemen rantai pasok bertindak sebagai pialang pasar. Artinya, pastikan apa yang dipasok oleh rantai pasokan mencerminkan keinginan konsumen akhir. Dalam hal ini, fungsi pemasaran berperan melalui penerapan *supply chain management*. Pemasar dapat mengidentifikasi produk dengan

Monica Permatasari, 2021

PEMILIHAN PEMASOK BERKELANJUTAN DALAM INDUSTRI 4.0 DI PT XYZ

UPN Veteran Jakarta, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Industri

[www.upnvj.ac.id – www.library.upnvj.ac.id - www.repository.upnvj.ac.id]

karakteristik yang diinginkan konsumen. Selain itu, fungsi ini harus dapat mengidentifikasi dan mengkomunikasikan kepada desainer produk semua karakteristik produk yang diharapkan konsumen. Jika desain produk sudah teruji, maka produk tersebut sudah bisa diproduksi.

2.4. Pemilihan *Supplier*

Supplier dapat diartikan sebagai suatu organisasi yang menyediakan sumber daya untuk memenuhi kebutuhan dan permintaan dari pelanggan atau customer, baik dalam bentuk material maupun non material seperti jasa atau pelayanan. Dalam perusahaan, kebutuhan bahan baku ataupun komponen yang dipasok oleh *supplier* merupakan salah satu faktor penting dalam suatu proses produksi. Pemilihan *supplier* dilakukan agar proses produksi yang berjalan di perusahaan tidak terganggu, dimana *supplier* yang dipilih mampu menyediakan barang tepat pada waktunya, berkualitas baik dan harga yang kompetitif. Dengan pemilihan *supplier* yang tepat dapat memberikan keuntungan bagi perusahaan dan dapat memberikan kepuasan terhadap pelanggan dari perusahaan itu sendiri. Setiap *supplier* pada umumnya hampir sama, namun karakteristik yang dimiliki masing-masing *supplier* berbeda. Dalam SCM tradisional, kriteria terpenting yang dipertimbangkan untuk pemilihan pemasok adalah harga, biaya, kualitas, dan pengiriman (Govindan et al., 2020). Sedangkan dalam *Sustainable Supply Chain* adalah kriteria ekonomi, lingkungan dan sosial diperhitungkan saat memilih pemasok. Alasannya adalah untuk memungkinkan perusahaan mencapai kemampuan untuk mempertahankan bisnis jangka panjang dan digunakan untuk pemilihan pemasok yang bergantung pada industri dan perusahaan tertentu.

Dalam pemilihan *supplier* terdapat beberapa hal yang harus dipertimbangkan didalamnya. De Boer (1998) membuat gambar di pemilihan pemasok. Ada empat tahapan berdasarkan kerangka kerja tersebut yaitu definisi masalah, rumusan kriteria-kriteria yang digunakan, klasifikasi utama, dan penentuan *supplier* yang sesuai. Pada tahap *problem definition*, ditentukan beberapa hal apakah bahan baku dibeli atau diproduksi dan berapa biaya pemasok yang digunakan. Pada fase kualifikasi kriteria ditentukan kriteria-kriteria yang digunakan untuk mengukur performa *supplier*. Pada fase

kualifikasi awal, ditentukan supplier yang akan digunakan oleh calon pemasok yang ada. Fase terakhir, menentukan *vendor* mana yang digunakan untuk distribusi bahan baku.

2.5. Sustainable

Sustainable atau keberlanjutan merupakan istilah yang sangat subjektif. Ilmu keberlanjutan adalah disiplin ilmu yang muncul dan dirancang untuk menghubungkan para ilmuwan dan praktisi yang bekerja pada semua aspek keberlanjutan. Keberlanjutan adalah konsep holistik yang berupaya mempertimbangkan sistem keterkaitan dengan dunia sekitar. Hal yang paling penting untuk menyeimbangkan kebutuhan manusia disyaratkan ekonomi, sosial dan lingkungan untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

Keberlanjutan berasal dari awal 1600-an dan digunakan untuk merujuk pada sesuatu “mampu dilanjutkan pada tingkat tertentu”. Para ilmuwan di Eropa pada abad ke 18 dikenal mendiskusikan kayu yang berkelanjutan dan mengakui bahwa ada batasan untuk apa yang dapat dihasilkan hutan. Pada tahun 1960-an istilah pertumbuhan berkelanjutan digunakan pertama kali sebagai diskusi tentang bagaimana masyarakat dapat terus menyediakan kebutuhan materi tanpa merusak lingkungan yang lebih besar. Istilah keberlanjutan menjadi umum digunakan pada tahun 1970-an ketika gerakan lingkungan mulai terorganisir dan ketika badan-badan internasional seperti perserikatan bangsa-bangsa mendukung konsep tersebut.

Menurut (Mabee E Warren, 2009) konsep keberlanjutan memiliki 3 pilar yaitu ekonomi, sosial, dan lingkungan. Beberapa masalah yang terlibat dalam mengukur keberlanjutan dan tantangan yang ditimbulkan bagi para pembuat keputusan dan ilmuwan. Adanya identifikasi masalah potensial yang bergerak maju dengan konsep keberlanjutan dan pembangunan keberlanjutan.

a. Ekonomi

Pilar ekonomi berfokus pada kemampuan ekonomi untuk memberikan hasil yang berkelanjutan selama periode tertentu. Prinsip kesinambungan ekonomi memperluas penilaian pengembalian ekonomi diluar perencanaan jangka pendek yang mendominasi aktivitas perusahaan, dan sebaliknya berupaya mencapai pengembalian yang stabil dalam jangka panjang.

Monica Permatasari, 2021

PEMILIHAN PEMASOK BERKELANJUTAN DALAM INDUSTRI 4.0 DI PT XYZ

UPN Veteran Jakarta, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Industri

[www.upnvj.ac.id – www.library.upnvj.ac.id - www.repository.upnvj.ac.id]

b. Lingkungan

Pilar lingkungan biasanya mencakup segala sesuatu yang berkaitan dengan ekosistem yang tidak akan mengakibatkan kerusakan alam. Kelestarian lingkungan mengharuskan masyarakat untuk berpikir pada skala spasial dan temporal yang besar. Ekosistem saling berhubungan dan saling terkait; kerusakan jangka panjang pada suatu bagian bumi kemungkinan besar pada akhirnya akan merusak sistem lain di seluruh dunia. Kelestarian mengharuskan ekosistem tetap berfungsi agar dapat terus menyediakan berbagai layanan ekosistem, termasuk layanan penyediaan (air, dll), layanan pengaturan (pengurangan CO₂, penganan limbah/sampah, dll).

c. Sosial

Pilar sosial termasuk dalam pendekatan tiga pilar untuk menekankan perlunya cara hidup yang berkelanjutan, ditingkat individu, komunitas, dan masyarakat. Kata kunci saat membahas keberlanjutan sosial adalah kesejahteraan, keragaman, demokrasi, keterlibatan dan keamanan.

2.6. Pengertian *Analytic Network Process* (ANP)

Analytic Network Process adalah teori umum pengukuran relatif yang digunakan untuk menurunkan rasio prioritas komposit dari skala rasio orang yang mencerminkan pengukuran relatif dari unsur-unsur elemen yang berinteraksi dalam kaitannya dengan kriteria kontrol (Saaty, 2003). ANP adalah pendekatan baru untuk pengambilan keputusan yang memberikan kerangka umum untuk evaluasi keputusan tanpa membuat asumsi-asumsi tentang independensi elemen-elemen pada level yang lebih tinggi dari elemen-elemen pada level lebih rendah dan tentang independensi elemen-elemen dalam suatu level. Pada metode ANP menggunakan jaringan tanpa perlu adanya penetapan level seperti pada metode *Analytical Hierarchy Process* (ANP). *Analytical Hierarchy Process* adalah salah satu metode dalam pengambilan keputusan dari beberapa kriteria yang ada atau *Multiple Criteria Decision Making* (MCDM) yang dikembangkan oleh Thomas L Saaty. *Analytical Network Process* merupakan pendekatan baru untuk metode kualitatif yang diperkenalkan oleh Profesor Thomas Saaty pakar riset dari Pittsburgh University, metode ini merupakan alternatif dari metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Metode

Monica Permatasari, 2021

PEMILIHAN PEMASOK BERKELANJUTAN DALAM INDUSTRI 4.0 DI PT XYZ

UPN Veteran Jakarta, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Industri

[www.upnvj.ac.id – www.library.upnvj.ac.id - www.repository.upnvj.ac.id]

ANP dapat memperbaiki kelemahan-kelemahan yang ada diantaranya kriteria AHP berupa kemampuan mengakomodasikan keterkaitan antar kriteria. Dalam penelitian menggunakan metode ANP, data yang digunakan merupakan data primer dari wawancara dengan pakar, praktisi, dan regulator yang memahami masalah penelitian. Dilanjutkan dengan pengisian kuisioner kepada responden. Memproses data dengan metode ANP adalah variable-evaluasi responden untuk pertanyaan tersebut. Pernyataan dalam kuisioner ANP berupa *pairwise comparison* (perbandingan pasangan) antar elemen dalam cluster untuk mengetahui perbedaan antar keduanya yang lebih besar dampaknya (lebih dominan) dan seberapa besar perbedaannya di lihat dari satu sisi. Pendekatan yang digunakan untuk memberi penilaian pada penelitian ini berdasarkan skala perbandingan berpasangan ANP menurut Figueira, Ehrgott (2005).

Tabel 2.2 Skala Perbandingan Berpasangan

Nilai Numerik	Definisi	Keterangan
1	Sama Penting	Dua aktivitas berpengaruh sama terhadap tujuan
3	Sedikit Lebih Penting	Satu aktivitas dinilai sedikit lebih berpengaruh dibandingkan aktivitas lainnya
5	Lebih Penting	Suatu aktivitas dinilai lebih berpengaruh dibandingkan aktivitas lainnya
7	Sangat Lebih Penting	Satu aktivitas dinilai sangat lebih berpengaruh dibandingkan aktivitas lainnya
9	Mulak Lebih	Satu aktivitas dinilai mutlak lebih berpengaruh dibandingkan aktivitas lainnya

(Sumber: Pengolahan Data, 2021)

2.7. Perbedaan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dengan *Analytic Network Process* (ANP)

AHP merupakan suatu model pendukung keputusan yang dapat menyelesaikan masalah yang bersifat multikriteria yang kompleks berdasarkan unsur hirarki sebagai dasar penyusunannya. Bila matriks perbandingan berpasangan dengan nilai *Consistency Ratio* (CR) lebih kecil dari 0.1, maka ketidak konsistenan dari pengambilan keputusan masih dapat diterima jika tidak maka perlu diulang.

Monica Permatasari, 2021

PEMILIHAN PEMASOK BERKELANJUTAN DALAM INDUSTRI 4.0 DI PT XYZ

UPN Veteran Jakarta, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Industri

[www.upnvj.ac.id – www.library.upnvj.ac.id - www.repository.upnvj.ac.id]

Sedangkan ANP adalah metode yang lebih banyak memperhitungkan ketergantungan antara unsur-unsur hirarki. Banyak permasalahan yang pengambilan keputusannya tidak dapat terstruktur menggunakan hirarki. Namun dengan ANP yang diwakili oleh jaringan (bukan hierarki) dapat menyelesaikan masalah tersebut. ANP merupakan cara logis yang digunakan untuk menangani masalah ketergantungan dari unsur yang lebih tinggi. Struktur dari kedua metode tersebut dapat dilihat dari gambar 2.3 di bawah ini.

Perbedaan AHP dan ANP terletak pada 6 perbedaan, yaitu pada kerangka, hubungan, prediksi, komparansi, hasil, dan cakupan. Model AHP memiliki kerangka berbentuk hirarki sedangkan ANP berbentuk jaringan. Hubungan antara kriteria pada model AHP hanya bersifat dependensi (ketergantungan) tanpa adanya feedback atau umpan balik sedangkan model ANP terdapat umpan balik antar kriteria yang dimodelkan. Prediksi yang dihasilkan oleh model AHP kurang akurat dibandingkan dengan model ANP yang lebih akurat. Komparansi pada model AHP bersifat melihat kepada pengaruh dan lebih objektif. Hasil dari model ANP berbentuk matriks dan *eigenvector*, hasil dari AHP bersifat kurang stabil. Sedangkan model ANP berbentuk supermatriks dan lebih stabil. Cakupan model ANP lebih luas dibandingkan dengan model AHP yang terbatas. Perbedaan lainnya menurut Ascarya, 2007 dapat dilihat pada tabel 2.3 di bawah ini:

Tabel 2.3 Perbedaan antara AHP dan ANP

Perbedaan	AHP	ANP
Kerangka	Hierarki	Jaringan
Hubungan	Dependensi.	Dependensi dan Feedback
Prediksi.	Kurang akurat	Lebih akurat
Komparansi	Preferensi/Kepentingan	Pengaruh
	Lebih Subjektif	Lebih Objektif
Hasil	Matriks, Eigenvector	Supermatriks
	Kurang Stabil	Lebih stabil
Cakupan	Sempit/Terbatas	Luas

(Sumber: Ascarya, 2007)

2.8. Prinsip Dasar *Analytical Network Process* (ANP)

Analytical Network Process memiliki tiga prinsip dasar, yaitu dekomposisi masalah, penilaian komparasi atau sintesis dari prioritas. Penjelasan dari ketiga prinsip tersebut diantaranya sebagai berikut:

1. Dekomposisi. Masalah adalah tahapan dimana masalah dimodelkan ke dalam kerangka ANP. Dekomposisi menjelaskan bahwa penerapan ANP ditunjukkan untuk menstrukturkan masalah yang kompleks menjadi lebih jelas dan sederhana dalam bentuk jaringan kriteria, sub-kriteria dan seterusnya.
2. Penilaian Komparatif (*comparative judgement*) pada prinsip ini melihat semua perbandingan perpasangan dari semua jaringan atau hubungan dan keputusan dalam kerangka kinerja. Pengambilan keputusan yang diawali dengan membuat perbandingan kepentingan antara dua pasangan elemen yang berhubungan dengan menggunakan skala. Nilai dari perbandingan akan digunakan sebagai untuk menghitung hasil atau berat barang-barang tersebut. Evaluasi komperatif kemudian menggunakan berpasangan untuk mendapatkan prioritas elemen lokal dalam standar sebagaimana dibuktikan oleh kriteria induknya
3. Pada prinsipnya, evaluasi perbandingan prioritas atau komplementaris mengalikan prioritas global lokal dari kriteria dengan nilai berikut. Seluruh elemen induk yang memberikan prioritas global seluruh hirarki dan jumlah untuk menghasilkan prioritas global dari elemen tingkat rendah (biasanya alternatif)

2.9. Tahapan *Analytic Network Process* (ANP)

Terdapat beberapa tahapan dalam pengerjaan *metode Analytic Network Process* (ANP) diantaranya sebagai berikut:

1. Mengkonfigurasi masalah, mengatur model keterkaitan dan melakukan penentuan sasaran atau tujuan yang diinginkan, menentukan kriteria mengacu pada kriteria kontrol dan menentukan alternatif pilihan. Jika ada altikel dengan kualitas yang sama, maka mereka dikelompokkan dalam suatu komponen yang sama.

- Menetapkan matriks kontras berpasangan, ANP mengasumsikan bahwa pengambilan keputusan perlu membandingkan kepentingan antara semua elemen untuk setiap level. Perbandingan tersebut ditransformasikan ke dalam bentuk matriks A. Nilai a_{ij} merepresentasikan nilai kepentingan relatif dari elemen pada baris ke- i terhadap elemen pada kolom ke- j misalnya $a_{ij} = w_i / w_j$. Jika ada n elemen yang dibandingkan maka matriks perbandingan A diidentifikasi sebagai berikut:

$$A = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(1)$$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & 1 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2)$$

3. Penghitungan rata-rata *geometric*

Evaluasi perbandingan berpasangan yang dilakukan oleh lebih dari satu orang menghasilkan evaluasi yang berbeda. Evaluasi ini harus digabungkan menjadi nilai perbandingan berpasangan. Penggabungan bertujuan untuk mendapatkan nilai yang dapat mencerminkan semua hasil evaluasi. Penggabungan dilakukan dengan mengambil rata-rata dari semua hasil evaluasi.

Secara umum, ada dua jenis mean, yaitu *mean* aritmatika (dan *mean* geometrik. Menurut Lind et al (2005), ciri-ciri mean aritmatika adalah sebagai berikut:

- 1) Data diukur dengan skala interval atau rasio yang memiliki jarak konstan untuk semua data.
- 2) Semua nilai termasuk dalam perhitungan rata-rata
- 3) Rata-rata jelas karena hanya ada 1 rata-rata dalam kumpulan data data
- 4) Jumlah penyimpangan setiap nilai dari mean adalah 0

Sedangkan rata-rata geometrik berguna untuk rata-rata persentase, rasio, indeks dengan jarak yang tidak selalu konstan untuk semua data. Rata-rata geometrik selalu kurang dari atau sama dengan rata-rata aritmatika. Data yang digunakan dalam matriks perbandingan

berpasangan adalah data rasio. Selain itu, data memiliki spasi yang tidak selalu konstan untuk semua data. Berdasarkan penjelasan di atas, metode mean yang sesuai adalah metode mean geometrik.

Ketika dirata-ratakan menurut metode rata-rata geometrik, nilai masing-masing pakar dikalikan dan hasil perkaliannya diambil akarnya sesuai dengan jumlah pakar. Secara matematis, rumusan metode nilai rata-rata geometrik dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\mu_{ij} = \sqrt[n]{a_{ij1} a_{ij2} \dots a_{ijn}} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

μ_{ij} : *geometric mean* baris ke-i kolom ke-j

a_{ij1} = nilai elemen matriks baris ke-i kolom ke-j untuk responden 1, dimana responden = 1

4. Menghitung bobot elemen. Jika perbandingan berpasangan telah lengkap, vector prioritas w yang disebut sebagai *eigen vector* dihitung dengan rumus:

$$A \cdot w = \lambda_{maks} \cdot w \dots \dots \dots (4)$$

Dimana:

A = matriks perbandingan berpasangan

λ_{maks} = *eigen value* terbesar dari A

Eigen vector merupakan bobot prioritas suatu matriks yang kemudian digunakan dalam penyusunan supermatriks.

5. Menghitung rasio konsistensi. Rasio inkonsistensi harus 10% atau menjadi i kurang. Jika nilainya melebihi dari 10%, data keputusan harus ditinjau perbaikan. Dalam prakteknya konsistensi tersebut ini tidak mungkin diperoleh. Dalam matriks konsistensi, secara praktis $\lambda_{maks} = n$, sedangkan pada matriks tidak akan membawa setiap variasi dari w_{ij} akan membawa perubahan pada nilai λ_{maks} . Deviasi λ_{maks} dari n merupakan suatu parameter *Consistency Index* (CI) sebagai berikut:

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} \dots \dots \dots (5)$$

Dimana:

CI = *Consistency Index*

maks = nilai eigen terbesar

n = jumlah elemen yang dibandingkan

6. Nilai CI tidak memiliki arti jika ada standar untuk menunjukkan apakah CI menunjukkan matriks yang konsisten. Saaty (2008) memberikan pasokan dengan melakukan perbandingan secara acak atas 500 buah sampel. Saaty berpendapat bahwa suatu matriks yang dihasilkan perbandingan yang dilakukan secara acak merupakan suatu matriks yang mutlak tidak konsisten. Dari matriks acak tersebut nilai *Consistency Index*, yang disebut *Random Index* (RI). Dengan membandingkan CI dan RI maka didapatkan patokan untuk menentukan tingkat konsistensi suatu matriks, yang disebut *Consistency Ratio* (CR), dengan rumus:

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots \dots \dots (6)$$

Dimana:

CR = *Consistency Ratio*

CI = *Consistency Index*

RI = *Random Index*

Nilai RI merupakan nilai random index yang dikeluarkan oleh *Oarkridge Laboratory*

7. Membentuk Supermatriks

Supermatriks merupakan hasil vector prioritas dari perbandingan berpasangan antar *clutser*, kriteria dan alternatif. Supermatriks terdiri dari tiga tahapan, yaitu supermatriks tidak tertimbang (*Unweighted Supermatrix*) dan supermatriks unit (*Limiting Supermatrix*)

- a. Tahap *Unweighted Supermatrix*

Unwighted Supermatrix dibuat berdasarkan perbandingan berpasangan antar *clutser*, kriteria dan alternatif dengan cara memasukkan *vector* prioritas (*eigen vector*) kolom ke dalam *matriks* yang sesuai denganselnya.

b. Tahap *Weighted Supermatrix*

Weighted Supermatrix diperoleh dengan cara mengecilkkan semua elemen pada *unweighted supermatrix* dengan nilai yang terdapat dalam matriks clutser yang sesuai sehingga setiap kolom memiliki jumlah satu.

c. Tahap *Limiting Supermatrix*

Tahap berikutnya untuk memperoleh *limiting supermatrix*, *weighted supermatrix* dinaikkan bobotnya. Menaikkan bobot *unweighted supermatrix* dilakukan dengan cara mengalikan supermatriks tersebut dengan dirinya sendiri sampai beberapa kali. Ketika bobot pada setiap kolom mempunyai nilai yang sama, maka *limmiting supermatrix* sudah didapatkan.

2.10. Kelebihan dan Kekurangan *Analytic Network Process* (ANP)

Analytic Network Process (ANP) merupakan salah satu pendekatan untuk keputusan multi atribut berdasarkan alasan, pengetahuan, dan pengalaman dari para ahli di bidangnya. Beberapa kelebihan ANP (Saaty, 1996) adalah:

- d. ANP adalah komprehensif yang memungkinkan menyertakan semua kriteria yang relevan, baik berwujud maupun intangible, yang sering terdapat dalam proses pengambilan keputusan.
- e. Model AHP adalah suatu kerangka pengambilan keputusan yang mengasumsikan hubungan hirarki multi arah (*uni-directional hierarchial relationship*) antar level-level keputusan, sedangkan ANP memungkinkan untuk suatu hubungan yang lebih kompleks antara tingkat keputusan dan atribut, tanpa membutuhkan struktur hirarki yang baku.
- f. Dalam masalah-masalah pengambilan keputusan, sangat penting untuk mempertimbangkan hubungan ketergantungan antar kriteria karena adanya karakteristik ketergantungan dalam masalah kehidupan nyata. Metodologi ANP memasukkan pertimbangan ketergantungan antara dua level dari kriteria dengan demikian ANP merupakan alat pengambilan keputusan multikriteria yang atraktif. Hal ini membuat ANP lebih baik dari AHP yang gagal

untuk memasukkan ketergantungan antar enabler, kriteria dan sub-kriteria.

- g. Metodologi ANP sangat membantu ketika mempertimbangkan karakteristik kualitatif dan kuantitatif yang harus dipertimbangkan ketergantungan nonlinier antar atribut
- h. ANP secara unik memberikan skor sintesis yang merupakan indikator peringkat relatif alternatif yang tersedia untuk pengambilan keputusan.

Kekurangan ANP (Saaty, 1996):

- a. Mengidentifikasi atribut yang relevan yang disebut kepentingan relatif dalam proses pengambilan keputusan. Diperlukan diskusi dan refleksi yang mendalam sebagai tambahan. Akuisisi data untuk metodologi ANP adalah proses terpusat dan ini akan membutuhkan waktu yang lama.
- b. ANP membutuhkan perhitungan dan matrik-matrik perbandingan berpasangan tambahan yang lebih banyak disamping proses AHP. Oleh karena itu, perlunya perbandingan berpasangan atribut yang baik.
- c. Perbandingan berpasangan atribut bersifat subjektif sehingga menghasilkan hasil yang akurat dan tergantung pada pengetahuan keahlian

2.11. Metode *Technique For Others Reference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS)

TOPSIS digunakan sebagai metode solusi masalah dengan banyak kriteria. Dalam bukunya menurut Marbun dan Sinaga (2018) metode TOPSIS menawarkan solusi dari sejumlah alternatif dengan alternatif terbaik dan alternatif terburuk dalam alternatif masalah. Metode ini menggunakan jarak untuk membuat perbandingan.

TOPSIS mengevaluasi alternatif berdasarkan skor prioritas kedekatan relatif alternatif dengan solusi ideal positif. Alternatif-alternatif yang telah dievaluasi kemudian dijadikan sebagai acuan pengambil keputusan untuk memilih solusi terbaik yang diinginkan. Metode ini banyak digunakan untuk menyelesaikan pengambilan keputusan secara praktis. Hal ini disebabkan konsepnya sederhana dan mudah dipahami, efisien secara komputasi, dan

memiliki kemampuan untuk mengukur kinerja relatif alternatif keputusan (Kusumadewi, Sri; dkk, 2006). Hasil solusi ideal negatif dan solusi ideal positif dari setiap kriteria ditentukan, dan setiap alternatif dipertimbangkan berdasarkan informasi tersebut. Solusi ideal positif didefinisikan sebagai jumlah dari semua nilai terbaik yang dapat untuk setiap atribut yang dicapai sedangkan solusi ideal negatif terdiri dari semua nilai terburuk dicapai untuk setiap atribut.

Berikut adalah langkah-langkah dari metode TOPSIS:

- a. Membuat matriks keputusan yang ternormalisasi

Persamaan yang digunakan untuk mentransformasikan setiap elemen x_{ij} terbentuk dari rumus 2.1

$$R_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{m=1}^m x_{2ij}}} \dots \dots \dots (1)$$

Dengan,

- $i = 1, 2, 3, \dots, m$; dan $j = 1, 2, \dots, n$

- r_{ij} adalah elemen dari matriks keputusan yang ternormalisasi R.

- x_{ij} adalah elemen matriks dari keputusan X

- b. Membuat matriks keputusan yang ternormalisasi terbobot.

Dengan bobot $w_i = (w_1, w_2, w_3, \dots, w_n)$ dimana w_j adalah bobot dari kriteria ke- j dan $\sum_j^n W_j = 1$ maka normalisasi bobot matriks V seperti pada Rumus 2.2

$$V_{ij} = W_j \times r_{ij} \dots \dots \dots (2)$$

dengan:

- v_{ij} adalah elemen dari matriks keputusan yang ternormalisasi terbobot V

- w_j adalah bobot dari kriteria ke- j

- r_{ij} adalah elemen dari matriks keputusan yang ternormalisasi R

- c. Menentukan nilai solusi ideal positif dan solusi ideal negatif. Solusi ideal dinotasikan A^+ , sedangkan solusi ideal negatif dinotasikan A^- .

Persamaan untuk menentukan solusi ideal dapat dilihat pada Persamaan 2.3

$$A^+ = (y_1^+ y_2^+ \dots y_n^+) \dots \dots \dots (3)$$

$$A^- = (y_1^-, y_2^-, \dots, y_n^-)$$

- d. Menentukan jarak antara nilai setiap alternatif dengan matriks solusi ideal positif dan matriks solusi ideal negatif.

Separation measure merupakan pengukuran jarak jauh dari suatu alternatif ke solusi dan solusi ideal negatif. Perhitungan matematisnya adalah sebagai berikut:

- jarak alternatif (D_i^+) dengan solusi ideal positif dirumuskan pada persamaan 2.4

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_i^+ - y_{ij})^2} \dots \dots \dots (4)$$

- jarak alternatif (D_i^-) dengan solusi ideal positif dirumuskan pada persamaan 2.5

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_i^-)^2} \dots \dots \dots (5)$$

- e. Menghitung nilai preferensi untuk setiap alternatif

Untuk mencari nilai preferensi (V_i) setiap alternatif dirumuskan dalam persamaan 2.6

$$V_i = \frac{D_i^-}{D_i^- + D_i^+} \dots \dots \dots (6)$$

Dimana $i = 1, 2, 3, \dots, m$ dengan:

V_i adalah nilai preferensi dari setiap kriteria

D_i^+ adalah jarak alternatif ke- i dari solusi ideal positif,

D_i^- adalah jarak alternatif ke- i dari solusi ideal negatif.

2.12. Kekurangan dan Kelebihan Metode TOPSIS

Menurut Windarto (2017) metode TOPSIS dapat memberikan manfaat yaitu sebagai berikut:

1. Metode TOPSIS adalah metode pengambilan keputusan yang memiliki model sederhana, desain yang logis dan mudah dipahami.
2. Metode TOPSIS dapat mengukur kinerja relatif dalam bentuk perhitungan aritmatika yang lebih mudah dan cepat

Kekurangan metode TOPSIS:

1. Belum ada penentuan bobot prioritas terkait dengan kriteria, yang berguna untuk meningkatkan validitas. Nilai bobot perhitungan kriteria, kemudian

digunakan metode ANP yang dapat digabungkan untuk menentukan bobot dan keputusan maksimum.

2. Tidak adanya mediator seperti hirarki jika diproses secara terpisah maka keakuratan pengambilan keputusan biasanya tidak membuat keputusan yang sempurna.
3. Metode TOPSIS sering digunakan pada asumsi pada tingkat kepentingan relatif terhadap setiap jawaban dan digunakan kombinasi dengan metode lain untuk menyelesaikan asumsi tersebut. Contohnya adalah dengan menggunakan metode AHP atau ANP untuk mendapatkan bobot yang mewakili kepentingan relatif dari setiap ukuran.