

Buku Referensi



Teknik-Teknik Pemilihan Pemasok

Prof. Ir. Sani Susanto
Ir. Paulina K. Ariningsih, S.T., M.Sc., Ph.D.



Buku Referensi

TEKNIK-TEKNIK PEMILIHAN PEMASOK

UU No. 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta

Fungsi dan Sifat Hak Cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Pelindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Buku Referensi

TEKNIK-TEKNIK PEMILIHAN PEMASOK

Prof. Ir. Sani Susanto

Ir. Paulina K. Ariningsih, S.T., M.Sc., Ph.D.

BUKU REFERENSI TEKNIK–TEKNIK PEMILIHAN PEMASOK

Penulis : Prof. Ir. Sani Susanto
Ir. Paulina K. Ariningsih, S.T., M.Sc., Ph.D.
Proofreader : M. Royfan A.
Desain Cover : Ali Hasan Zein
Tata Letak : Titis Y.

Ukuran:
xiv, 122 hlm., Uk.: 15.5x23 cm

ISBN:
978-634-01-2333-3

Cetakan Pertama:
Februari 2026

Hak Cipta 2026 pada Penulis
Copyright © 2026 by Deepublish Publisher
All Right Reserved

PENERBIT DEEPUBLISH
(Grup Penerbitan CV BUDI UTAMA)

Anggota IKAPI (076/DIY/2012)
Jl. Rajawali, Gg. Elang 6, No. 3, Drono, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman
Jl. Kaliurang Km. 9,3 – Yogyakarta 55581
Telp./Faks : (0274) 4533427
Website : www.penerbitdeepublish.com
www.deepublishstore.com
E-mail : cs@deepublish.co.id

Hak cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit.

Isi di luar tanggung jawab percetakan.

KATA PENGANTAR PENERBIT

Puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya, buku ***Buku Referensi Teknik-Teknik Pemilihan Pemasok*** dapat terwujud dan hadir di tengah-tengah masyarakat. Sebagai penerbit yang berkomitmen untuk mencerdaskan, membahagiakan, dan memuliakan umat manusia, kami merasa terhormat dapat berkontribusi dalam penyebaran ilmu pengetahuan dan pendidikan melalui penerbitan karya ini.

Buku *Teknik-teknik Pemilihan Pemasok* membahas secara sistematis dan aplikatif proses pengambilan keputusan pemilihan pemasok dalam konteks manajemen rantai pasok modern yang kompleks dan multikriteria. Di tengah lingkungan bisnis yang semakin kompetitif, tidak pasti, dan berisiko, keputusan pemilihan pemasok tidak lagi dapat ditentukan hanya berdasarkan harga, melainkan harus mempertimbangkan berbagai aspek strategis seperti kualitas, ketepatan pengiriman, dan risiko pasokan. Buku ini memperkenalkan konsep *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) sebagai pendekatan utama dalam menyelesaikan permasalahan pemilihan pemasok. Pembahasan dimulai dari konsep dasar rantai pasok dan posisi strategis keputusan pembelian, kemudian dilanjutkan dengan pengenalan prinsip-prinsip MCDM sebagai landasan pengambilan keputusan rasional dan transparan.

Terima kasih dan penghargaan terbesar kami sampaikan kepada penulis, Prof. Ir. Sani Susanto dan Ir. Paulina K. Ariningsih, S.T., M.Sc., Ph.D., yang telah memberikan kepercayaan, perhatian, dan kontribusi penuh demi kesempurnaan buku ini. Kami berharap karya ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam perkembangan keilmuan di Indonesia.

Semoga buku ini tidak hanya menjadi sumber informasi yang berharga, tetapi juga menginspirasi pembacanya untuk terus berkembang dan berkontribusi dalam membangun bangsa yang lebih baik.

Hormat Kami,
Penerbit Deepublish

PRAKATA

Rantai pasok merupakan rangkaian aktivitas yang menghubungkan pemasok, produsen, distributor, hingga konsumen akhir dalam menyediakan produk dan jasa yang kita gunakan sehari-hari. Mulai dari bahan pangan, pakaian, hingga perangkat teknologi, semuanya hadir melalui proses rantai pasok yang saling terkait. Karena itu, keberhasilan atau kegagalan suatu organisasi sering kali tidak hanya ditentukan oleh kinerjanya sendiri, tetapi juga oleh kinerja mitra-mitra dalam rantai pasok tersebut.

Dalam pengelolaan rantai pasok, berbagai keputusan penting harus diambil, seperti perencanaan produksi, pengelolaan persediaan, distribusi, dan kerja sama dengan mitra usaha. Salah satu keputusan yang paling krusial adalah pemilihan pemasok. Keputusan ini menentukan dari siapa organisasi memperoleh bahan baku, komponen, atau jasa yang dibutuhkan untuk menjalankan operasinya.

Pemilihan pemasok bukan sekadar membandingkan harga, melainkan mempertimbangkan banyak aspek, seperti kualitas, keandalan pengiriman, kapasitas, layanan, dan risiko. Pemasok yang tepat dapat mendukung kelancaran operasi dan keunggulan bersaing, sementara pilihan yang keliru dapat menimbulkan berbagai masalah serius dalam rantai pasok.

Berangkat dari kebutuhan tersebut, buku Pemilihan Pemasok ini ditulis sebagai buku referensi yang membahas berbagai metode pemilihan pemasok secara sistematis. Meskipun bersifat referensial, buku ini diharapkan tetap praktis dan dapat digunakan oleh para dosen, peneliti, praktisi, maupun mahasiswa sebagai panduan dalam memahami dan menerapkan pengambilan keputusan pemilihan pemasok yang melibatkan banyak alternatif dan banyak kriteria.

Dalam proses penulisan buku ini, penulis juga memanfaatkan teknologi *Generative Artificial Intelligence* sebagai alat bantu terbatas, baik dalam pengorganisasian ide, penyempurnaan bahasa, maupun pendampingan teknis dalam penyusunan dan penataan ulang kode komputasi Python. Pendalaman kasus yang disajikan dalam buku ini merupakan hasil pemikiran, penilaian kritis, dan tanggung jawab penuh penulis.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penulisan buku ini. Semoga buku ini dapat memberikan manfaat dan menjadi rujukan yang berguna bagi pengembangan keilmuan dan praktik pengelolaan rantai pasok.

Bandung, Januari 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR PENERBIT	v
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
1. Pengantar Pemilihan Pemasok dalam Rantai Pasok	1
1.1. Rantai Pasok dan Kompleksitas Keputusan	
Organisasi Modern.....	1
1.2. Keputusan Pembelian dalam Rantai Pasok	2
1.3. Pemilihan Pemasok sebagai Masalah Multi-Kriteria.....	3
1.4. Konsep Dasar <i>Multi-Criteria Decision Making</i>	
(MCDM)	4
1.5. Metode MCDM dalam Pemilihan Pemasok.....	5
1.6. Pendekatan Kasus dan Implementasi	
Komputasional	6
Deskripsi Kasus Utama	6
Latar Belakang Perusahaan	6
Permasalahan Keputusan Pemilihan Pemasok	
Perusahaan	7
Pemasok Alternatif.....	7
Kriteria Penilaian.....	8
Tujuan Pengambilan Keputusan	9
Catatan Penutup Bab I	10

2. Simple Additive Weight (SAW)	11
2.1. Konsep Dasar dan Langkah Utama	11
2.2. Implementasi pada Kasus Utama	13
2.3. Kesimpulan untuk SAW	18
Lampiran Komputasi Python	18
Kode	18
Output	21
3. Analytic Hierarchy Process (AHP)	24
3.1. Konsep Dasar dan Langkah Utama	24
3.2. Implementasi pada Kasus Utama	30
3.3. Kesimpulan untuk AHP	39
Lampiran Komputasi Python	40
Kode	40
Output	44
4. Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)	46
4.1. Konsep Dasar dan Langkah Utama	46
4.2. Implementasi pada Kasus Utama	48
4.3. Kesimpulan untuk TOPSIS	54
Lampiran Komputasi Python	55
Kode	55
Output	59
5. Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis (MOORA)	62
5.1. Konsep Dasar dan Langkah Utama	62
5.2. Implementasi pada Kasus Utama	65
5.3. Kesimpulan untuk MOORA	70
Lampiran Komputasi Python	71
Kode	71
Output	74

6. Preference Ranking Organization Method for	
Enrichment Evaluations (PROMETHEE)	76
6.1. Konsep Dasar dan Langkah Utama	76
6.2. Implementasi pada Kasus Utama	85
6.3. Kesimpulan untuk PROMETHEE.....	93
Lampiran Komputasi Python.....	93
Kode.....	94
Output.....	98
7. Simple Multi-Attribute Rating Technique (SMART)	100
7.1. Konsep Dasar dan Langkah Utama	100
7.2. Implementasi pada Kasus Utama	102
7.3. Kesimpulan untuk SMART	107
Lampiran Komputasi Python.....	107
Kode.....	107
Output.....	110
8. Penutup Buku	112
GLOSARIUM	113
DAFTAR PUSTAKA	116
INDEKS.....	119
TENTANG PENULIS	121

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kerangka Umum Manajemen Rantai Pasok	2
Gambar 1. Gambar Diagram Alur Proses Implementasi SAW pada Pemilihan pemasok	14
Gambar 2. Gambar Struktur Hierarki Keputusan	26
Gambar 3. Gambar Contoh Kuesioner Perbandingan Berpasangan untuk Tiga Kriteria ABC	27
Gambar 4. Gambar Diagram Alur AHP untuk Pemilihan pemasok	30
Gambar 5. Gambar Diagram Alir TOPSIS untuk Pemilihan pemasok	49
Gambar 6. Gambar Diagram Alir Penerapan MOORA untuk Pemilihan Pemasok	66
Gambar 7. Gambar Diagram Alir Pemilihan pemasok dengan Metode PROMETHEE.....	92
Gambar 8. Gambar Diagram Alir Pemilihan pemasok dengan metode SMART	106

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kodifikasi dari Pemasok alternatif	7
Tabel 2. Kriteria Evaluasi Pemasok Polypropylene	8
Tabel 3. Daftar Kinerja Masing-masing Pemasok	9

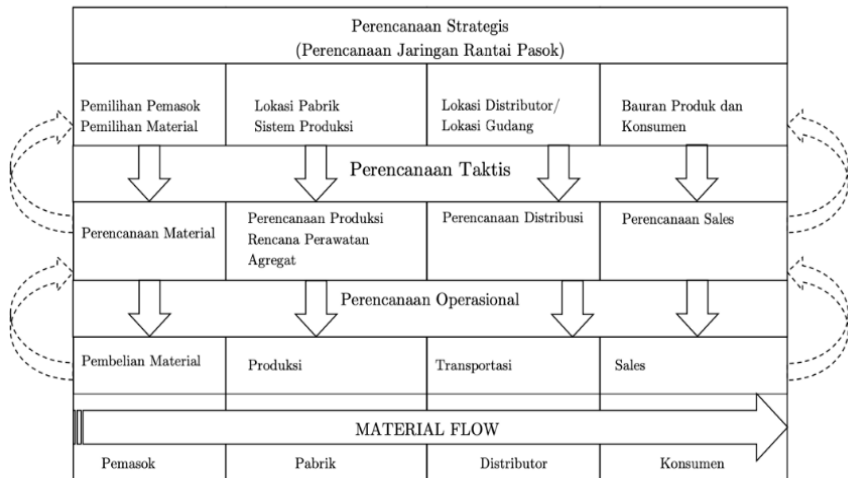
1.

Pengantar Pemilihan Pemasok dalam Rantai Pasok

1.1. Rantai Pasok dan Kompleksitas Keputusan Organisasi Modern

Dalam lingkungan bisnis modern yang semakin kompetitif, tidak pasti, dan bersifat VUCA (*Volatile, Uncertain, Complex, Ambiguous*), perusahaan tidak lagi bersaing sebagai entitas tunggal, melainkan sebagai bagian dari suatu rantai pasok (*supply chain*). Rantai pasok merupakan jaringan organisasi, aktivitas, sumber daya, dan aliran informasi yang terlibat dalam proses pengadaan bahan baku, transformasi menjadi produk, hingga distribusi ke pelanggan akhir. Sitompul *et al.* (2022) menunjukkan kerangka umum rantai pasok seperti pada Gambar x. yang menunjukkan berbagai macam keputusan dan aliran material yang terlibat dalam sebuah rantai pasok. Dari sudut pandang sebuah pabrik, pemilihan pemasok termasuk perencanaan strategis yang terkait dengan perencanaan dan pembelian bahan baku.

Sementara itu, Mukherjee (2017) menempatkan rantai pasok terutama dari sudut pandang *procurement* dan *sourcing*, karena keputusan pengadaan menjadi titik awal yang menentukan biaya, kualitas, risiko, dan keandalan pasokan dalam keseluruhan rantai pasok. Oleh karena itu, pengelolaan proses pembelian dalam manajemen rantai pasok, terutama dalam pemilihan pemasok, tidak semata bersifat operasional, tetapi juga strategis, karena berdampak langsung pada kinerja jangka panjang dan daya saing organisasi.



Gambar 1. Kerangka Umum Manajemen Rantai Pasok
(Sitompul *et al.*, 2022)

Kompleksitas rantai pasok modern tercermin pada banyaknya alternatif keputusan dan beragamnya kepentingan yang harus dipertimbangkan secara simultan. Setiap keputusan strategis hampir selalu melibatkan pertukaran kepentingan (*trade-off*) antartujuan yang sering kali saling bertentangan, seperti antara biaya yang rendah dan kualitas yang tinggi, atau antara kecepatan pengiriman dan risiko pasokan.

1.2. Keputusan Pembelian dalam Rantai Pasok

Mukherjee (2017) menegaskan bahwa pengelolaan rantai pasok pada dasarnya juga ditentukan oleh keputusan-keputusan *procurement* yang strategis, seperti pemilihan pemasok dan pola pengadaan, yang saling berkaitan dan secara kolektif membentuk struktur rantai pasok perusahaan. Keputusan pembelian utama tersebut meliputi:

1. pengenalan kebutuhan (*recognition of need*),
2. penetapan spesifikasi teknis dan kualitas,

3. keputusan *make-or-buy*,
4. identifikasi kandidat pemasok,
5. pemilihan pemasok,
6. alokasi pesanan pada kondisi *multiple sourcing*,
7. pembentukan kontrak dan hubungan jangka panjang.

Rangkaian keputusan ini menunjukkan bahwa pemilihan pemasok berada pada posisi sentral, karena keputusan tersebut memengaruhi keputusan lanjutan dan menentukan struktur serta kinerja rantai pasok secara keseluruhan.

Sebagai contoh, kita merujuk pada dua jenis industri yang sering ditemui di Indonesia: makanan dan otomotif. Pada industri makanan, jika memilih pemasok lokal, maka rantai pasok akan lebih pendek, dengan *lead time* yang lebih pendek dan risiko yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan pemasok impor. Pemilihan pemasok impor akan memperpanjang aliran rantai pasok, meskipun lebih murah namun lebih rentan terhadap disrupsi. Sementara, kita mengetahui bahwa industri otomotif memiliki beberapa komponen dengan teknologi yang penting (*critical*), jika ditetapkan *single sourcing*, atau hanya bergantung pada satu pemasok saja, maka rantai pasok akan memiliki koordinasi dan biaya yang efisien, namun rentan akan kegagalan pemasokan. Namun, jika komponen kritis tersebut diambil dari *multiple sourcing*, maka biaya akan lebih mahal, dan koordinasi akan lebih kompleks, namun akan lebih *resilient* terhadap risiko kegagalan pasokan.

1.3. Pemilihan Pemasok sebagai Masalah Multi-Kriteria

Contoh pada subbab sebelumnya telah menunjukkan bahwa pemilihan pemasok bukanlah persoalan administratif pembelian lewat tender, atau sekadar optimasi biaya, melainkan keputusan strategis yang berdampak pada kualitas produk akhir, ketepatan pengiriman, risiko pasokan, serta keberlanjutan hubungan jangka panjang antara pembeli dan pemasok (*buyer and supplier*). Namun

sayangnya, dalam praktik nyata di industri, hampir tidak mungkin menemukan pemasok yang unggul pada seluruh aspek secara simultan.

Situasi ini serupa dengan pengambilan keputusan investasi, di mana pengambil keputusan dihadapkan pada berbagai alternatif dengan karakteristik yang saling bertentangan, seperti tingkat keuntungan dan risiko. Analogi ini menunjukkan bahwa pemilihan pemasok secara inheren melibatkan *trade-off* antarkriteria, sehingga tidak dapat diselesaikan dengan satu ukuran kinerja tunggal.

Pada pemilihan pemasok, pengambil keputusan harus memilih satu pemasok terbaik dari berbagai alternatif berdasarkan sejumlah kriteria yang sering kali saling bertentangan. Dengan demikian, pemilihan pemasok secara alamiah termasuk ke dalam kategori **Multi-Criteria Decision Making (MCDM)**, atau **Pengambilan Keputusan Multi-Kriteria**, yaitu pengambilan keputusan yang melibatkan banyak alternatif dan banyak kriteria yang sering kali tidak memiliki dampak yang sejalan pada performansi rantai pasok.

1.4. Konsep Dasar *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM)

MCDM merupakan pendekatan pengambilan keputusan secara kuantitatif yang berkembang seiring meningkatnya kompleksitas permasalahan manajerial. Kompleksitas masalah MCDM dipengaruhi oleh banyaknya alternatif yang tersedia, banyaknya kriteria penilaian, serta tingkat ketidakpastian lingkungan pengambilan keputusan.

Dalam konteks pemilihan pemasok, alternatif merujuk pada kandidat pemasok yang dapat dipilih, baik yang bersifat *tangible* (benda berwujud yang dapat dilihat) maupun *intangible* (benda yang tidak terlihat), sementara kriteria mencerminkan karakteristik penilaian seperti biaya, kualitas, keandalan pengiriman, fleksibilitas, risiko, dan aspek keberlanjutan. Penentuan alternatif dan kriteria dapat bersumber dari literatur akademik, praktik terbaik pada industri yang berkesesuaian, maupun pertimbangan manajerial. Hal ini juga

yang menunjukkan bahwa MCDM tetap mengandung unsur seni (*judgement*) meskipun dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan kuantitatif.

Pendekatan MCDM menantang pengambil keputusan untuk menghasilkan keputusan yang rasional dan dapat dipertanggungjawabkan secara objektif kepada para pemangku kepentingan, sejalan dengan asumsi rasionalitas ekonomi bahwa pengambil keputusan berupaya atau bertujuan untuk memaksimalkan manfaat dan meminimalkan risiko yang terjadi dari Keputusan yang diambil tersebut.

1.5. Metode MCDM dalam Pemilihan Pemasok

Untuk menjawab tantangan tersebut, berbagai metode MCDM telah dikembangkan guna membantu pengambil keputusan memilih pemasok secara sistematis, transparan, dan terstruktur lewat metode kuantitatif. Metode-metode yang dibahas dalam buku ini adalah metode yang mudah diaplikasikan dalam praktik manajerial sehari-hari, meliputi:

- *Simple Additive Weighting* (SAW)
- *Analytic Hierarchy Process* (AHP)
- *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS)
- *Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis* (MOORA)
- *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations* (PROMETHEE)
- *Simple Multi-Attribute Rating Technique* (SMART)

Meskipun masing-masing metode memiliki filosofi dan mekanisme perhitungan yang berbeda, seluruhnya bertujuan menghasilkan **peringkat** pemasok alternatif berdasarkan kriteria yang relevan. Dengan demikian, metode-metode tersebut berfungsi sebagai alat bantu pengambilan keputusan yang membantu manajer memilih pemasok yang paling sesuai dengan tujuan strategis rantai pasok perusahaan.

1.6. Pendekatan Kasus dan Implementasi Komputasional

Agar pembahasan metode tidak bersifat abstrak, buku ini menggunakan satu kasus pemilihan pemasok yang konsisten dan realistis, meskipun tidak berupa kasus nyata melainkan hanya kasus hipotetis. Seluruh pemasok dalam kasus tersebut diasumsikan telah memenuhi spesifikasi teknis dasar, namun memiliki perbedaan kinerja pada aspek biaya, kualitas, pengiriman, dan risiko.

Kasus yang sama digunakan untuk seluruh metode MCDM yang dibahas, termasuk tahapan perhitungan dan implementasi komputasional menggunakan bahasa pemrograman Python. Pendekatan ini memungkinkan pembaca memahami tidak hanya konsep dan perbedaan antarmetode, tetapi juga mengevaluasi konsistensi dan ketangguhan hasil pemilihan pemasok ketika dianalisis dengan teknik yang berbeda.

Deskripsi Kasus Utama

Pada subbab ini diberikan sebuah kasus hipotetis MCDM yang dikembangkan berdasarkan kasus nyata yang terjadi di dunia bisnis. Pemilihan pemasok adalah sebuah contoh menarik dan umum ditemukan yang sesuai untuk praktik MCDM. Untuk memutuskan pemasok yang akan diberikan kontrak, sebuah perusahaan pasti memerlukan sejumlah pertimbangan, tidak hanya masalah harga. Tentu saja, perusahaan juga pasti tidak hanya mempertimbangkan satu alternatif (kandidat) dari pemasok.

Latar Belakang Perusahaan

Sebuah perusahaan yaitu, PT Nusapack Plastisindo adalah perusahaan manufaktur yang memproduksi wadah makanan berbahan plastik *polypropylene* untuk industri makanan dan minuman. Produk perusahaan dipasarkan kepada produsen makanan skala nasional yang menuntut kualitas stabil, pengiriman tepat waktu, serta pemenuhan standar keamanan pangan.

Dalam struktur biaya produksi perusahaan, bahan baku Resin Polypropylene menyumbang sekitar 50% dari total biaya material. Oleh karena itu, pemilihan pemasok merupakan keputusan yang sangat strategis bagi keberlangsungan operasional perusahaan.

Permasalahan Keputusan Pemilihan Pemasok Perusahaan

Selama beberapa tahun terakhir, PT Nusapack Plastisindo menghadapi berbagai tantangan dalam pengadaan Resin Polypropylene, antara lain:

- fluktuasi harga bahan baku, yang akan berpengaruh terhadap biaya variabel dan harga produk.
- perbedaan kualitas antarpemasok, karena setiap pemasok memiliki kualitas yang berbeda yang juga tergantung dari harga yang ditetapkan oleh pemasok tersebut.
- keterlambatan pengiriman, yang berpengaruh terhadap kelancaran operasional secara keseluruhan.
- risiko pasokan akibat faktor logistik dan lokasi pemasok, antara lain faktor geografi, persaingan perdagangan, risiko transportasi dan keamanan pengiriman barang.

Untuk meningkatkan kinerja rantai pasok dan mengurangi risiko operasional, manajemen memutuskan untuk menetapkan satu pemasok utama Resin Polypropylene melalui proses pemilihan pemasok berbasis multikriteria.

Pemasok Alternatif

Empat kandidat pemasok dipertimbangkan dalam keputusan ini, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kodifikasi dari Pemasok alternatif

Kode	Karakter pemasok
S1	Pemasok lokal dengan harga menengah dan pengiriman cepat
S2	Pemasok regional dengan kualitas relatif stabil
S3	Pemasok internasional dengan kualitas tinggi namun harga lebih mahal
S4	Pemasok berbiaya rendah dengan risiko keterlambatan pasokan

Keempat pemasok tersebut dinilai mampu memenuhi spesifikasi teknis dasar Resin Polypropylene yang dibutuhkan, namun memiliki kinerja yang berbeda pada aspek biaya, kualitas, pengiriman, dan risiko. Untuk menjaga kualitas keputusan, maka perlu dipastikan bahwa pemenuhan spesifikasi teknis adalah kriteria dasar yang wajib dipenuhi oleh calon pemasok sebelum dapat dipertimbangkan ke tahap selanjutnya. Pemenuhan kriteria dasar akan meminimalisasi risiko kegagalan rantai pasok di masa mendatang.

Kriteria Penilaian

Untuk menjaga kesederhanaan analisis (sesuai tingkat sarjana), manajemen menetapkan empat kriteria utama sebagai dasar evaluasi pemasok, yaitu seperti pada Tabel 2:

Tabel 2. Kriteria Evaluasi Pemasok Polypropylene

Kode	Kriteria	Jenis
C1	Harga bahan baku (Rp/kg)	<i>Cost</i> (seminimal mungkin)
C2	Kualitas bahan baku (skor teknis)	<i>Benefit</i> (sebaik mungkin)
C3	Ketepatan pengiriman (%)	<i>Benefit</i> (setepat mungkin)
C4	Risiko pasokan (skor)	<i>Cost</i> (sekecil mungkin)

Keempat kriteria tersebut mencerminkan *trade-off* utama yang umum dijumpai dalam keputusan pemilihan pemasok di dunia nyata, di mana *cost* atau biaya harus dijaga sekecil mungkin, sementara *benefit* atau keuntungan harus dijaga sebesar mungkin.

Perlu pula diperhatikan bahwa kriteria dasar tidak termasuk dalam kriteria yang dituliskan dalam Tabel 2, karena kriteria dasar (pemenuhan spesifikasi teknis) telah dipenuhi oleh seluruh pemasok alternatif sehingga kinerja dari pemasok alternatif tersebut dapat dikatakan seragam.

Data Kinerja Pemasok

Kinerja masing-masing pemasok terhadap keempat kriteria ditunjukkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Daftar Kinerja Masing-masing Pemasok

Pemasok	Harga (Rp/kg)	Kualitas (1–10)	On-Time Delivery (%)	Risiko (1–10)
S1	18.000	7	95	3
S2	19.000	8	92	2
S3	21.000	9	98	1
S4	16.500	6	85	6

Data ini digunakan secara konsisten dalam seluruh metode yang dibahas pada buku ini. Data pada Tabel 3 juga menunjukkan bahwa S4 lebih murah, namun memiliki risiko yang tinggi, sementara S3 memiliki harga termahal namun memiliki kualitas terbaik. Tabel ini konsisten dengan *trade-off* yang terjadi di dunia nyata antara *cost* dan *benefit*.

Mungkin timbul pertanyaan, jika seluruh pemasok alternatif telah memenuhi spesifikasi teknis, mengapa muncul kinerja kualitas yang berbeda pada Tabel 3. Kita dapat menjawab hal ini dengan menekankan pada analogi kriteria dasar sebagai gerbang pembuka. Misalkan kita ingin memiliki rumah, maka sebuah rumah tentu harus bisa dimasuki penghuninya, maka kita akan memastikan kriteria dasar yaitu: bangunan dengan pintu. Namun, setiap bangunan memiliki bahan pintu yang berbeda dengan bentuk dan ukuran yang berbeda, maka bahan dan ukuran pintu bukanlah kriteria dasar. Dengan analogi tersebut, maka jelas bahwa kinerja kualitas dimungkinkan untuk berbeda antarpemasok alternatif yang sama-sama menawarkan produk yang memenuhi teknis spesifikasi dasar.

Tujuan Pengambilan Keputusan

Tujuan dari kasus ini adalah menentukan pemasok Resin Polypropylene terbaik bagi PT Nusapack Plastisindo dengan mempertimbangkan kombinasi biaya minimum dan kinerja maksimum berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan.

Output yang diharapkan dari setiap metode adalah:

- peringkat pemasok, dan
- pemasok terpilih sebagai pemasok utama.

Pemasok yang (direkomendasikan) terpilih sebagai pemasok utama adalah pemasok yang memiliki peringkat terbaik. Namun perlu dicatat bahwa implementasi teknik MCDM bersifat rekomendasi pemilihan pemasok, beberapa pertimbangan kualitatif dimungkinkan terjadi menyangkut Keputusan akhir dalam pemilihan pemasok. Untuk menghindari perubahan keputusan terpilihnya pemasok, tentu pemilihan kriteria dan alternatif harus dilakukan secara serius.

Catatan Penutup Bab I

Bab pengantar ini menegaskan bahwa pemilihan pemasok merupakan inti keputusan strategis dalam rantai pasok dan secara inheren bersifat multikriteria. Oleh karena itu, pendekatan MCDM menjadi kerangka yang relevan untuk mendukung pengambilan keputusan yang rasional, transparan, dan dapat dipertanggungjawabkan. Bab-bab selanjutnya akan membahas setiap metode MCDM secara sistematis, mulai dari konsep dasar hingga penerapannya pada kasus pemilihan pemasok yang sama.

2.

Simple Additive Weight (SAW)

Metode pertama yang dibahas adalah *Simple Additive Weight* (SAW). Metode SAW juga dikenal sebagai metode penjumlahan bobot sederhana dan merupakan salah satu metode yang paling sederhana dan banyak digunakan dalam pengambilan keputusan berbasis multi kriteria.

2.1. Konsep Dasar dan Langkah Utama

Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Zionts & Wallenius pada tahun 1983 (Kaliszewski & Podkopaev, 2016; Zionts & Wallenius, 1983). SAW bekerja dengan cara memberikan bobot pada masing-masing kriteria keputusan dan menghitung skor total dari setiap alternatif dengan menjumlahkan produk antara nilai alternatif dan bobot kriteria (Taherdoost, 2023). Metode ini sederhana, mudah diterapkan, dan memberikan solusi yang cukup baik dalam berbagai situasi pengambilan keputusan.

Lebih jelasnya beberapa langkah utama yang dapat diringkas sebagai berikut: (Taherdoost, 2023):

1. Menyusun Matriks Keputusan (X) yang Terdiri dari Alternatif dan Kriteria

Matriks keputusan memformalkan data kinerja setiap pemasok alternatif terhadap kriteria yang telah ditetapkan. Matriks ini tentu saja akan memiliki ukuran sebanyak $i \times j$, dengan i = sejumlah alternatif dan j = sejumlah kriteria. Matriks keputusan baru bisa dibuat jika sejumlah alternatif dan kriteria telah ditetapkan oleh pengambil keputusan (manajemen).

2. Menentukan Apakah Kriteria Tersebut *Benefit* atau *Cost*
Benefit atau *cost* akan menentukan apakah skor yang didapatkan akan sebanding (untuk *benefit*) atau berbanding terbalik (*cost*) dengan tujuan.

3. Menormalisasi Matriks Keputusan

Normalisasi diperlukan untuk memastikan tidak adanya pengaruh besarnya jangkauan numerik dari skor kinerja setiap kriterianya. Normalisasi memastikan bahwa nilai rata-rata skor kinerja memiliki nilai maksimal 1.

Untuk setiap elemen x_{ij} yaitu skor pemasok i untuk kriteria j , nilai normalisasi dari x_{ij} adalah r_{ij} . Formula yang digunakan untuk normalisasi berbeda tergantung apakah sebuah kriteria termasuk dari *benefit* atau *cost*.

- ***Benefit***

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max(x_j)}$$

- ***Cost***

$$r_{ij} = \frac{\min(x_j)}{x_{ij}}$$

Hasil akhir dari Langkah ini adalah matriks normalisasi (R).

4. Menentukan Matriks Bobot Kriteria (w)

Penentuan bobot kriteria dilakukan dengan menetapkan tingkat kepentingan kriteria secara relatif dengan kriteria lainnya. Jumlah bobot yang ditetapkan dalam sebuah kasus adalah 1. Matriks w memiliki elemen w_j

5. Menghitung Nilai Preferensi Berdasarkan Skor Kinerja dan Peringkat Alternatif

Nilai preferensi pemasok i atau V_i adalah perkalian matriks dari R dan w yang berkesesuaian, atau dapat dihitung dengan formula:

$$V_i = \sum_{j=1}^J w_j \times r_{ij}$$

2.2. Implementasi pada Kasus Utama

Kasus utama bertujuan untuk memilih pemasok Resin Polypropylene pada PT. Nusapack Plastisindo dengan empat pemasok yang dipertimbangkan yaitu: S1, S2, S3, S4 dan empat kriteria yaitu C1, C2, C3, C4. Dalam kasus MCDM untuk pemilihan pemasok, langkah- langkah untuk menerapkan SAW dapat terlihat pada Gambar 1. Data matriks keputusan telah terdapat pada Tabel 3.

Untuk memperjelas langkah-langkah pada Gambar 1, maka berikut ini adalah hasil implementasi langkah per langkah.

1. Matriks keputusan (X)

Nilai matriks keputusan dapat diambil langsung dari Tabel 3 sebagai berikut:

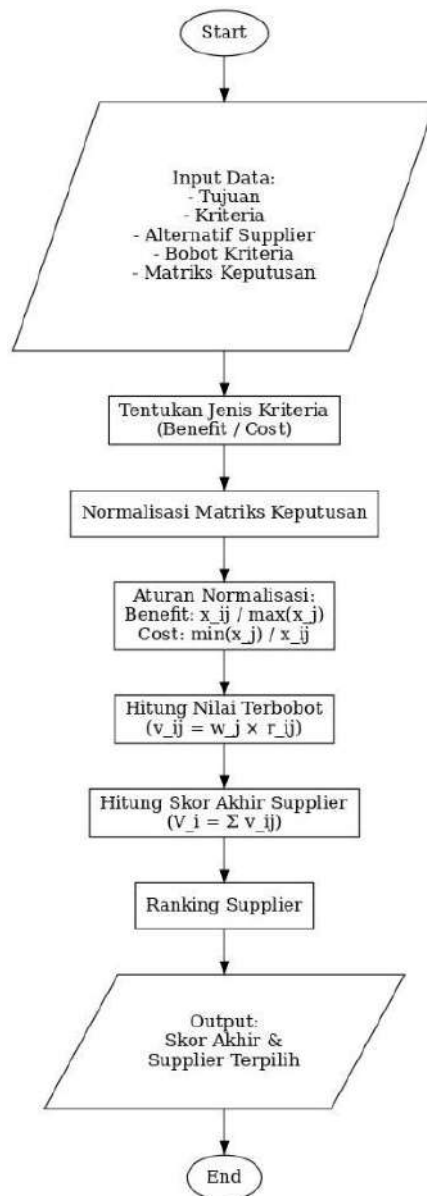
$$X = \begin{bmatrix} 18000 & 7 & 95 & 3 \\ 19000 & 8 & 92 & 2 \\ 21000 & 9 & 98 & 1 \\ 16500 & 6 & 85 & 6 \end{bmatrix}$$

Dalam matriks X terlihat bahwa satu kolom akan mewakili satu kriteria sedangkan satu baris akan mewakili satu kinerja pemasok.

2. Menentukan jenis kriteria

Jenis kriteria dapat diambil dari Tabel 2.

3. Melakukan normalisasi



Gambar 1. Gambar Diagram Alur Proses Implementasi SAW pada Pemilihan pemasok

3.a. Langkah ini dimulai dengan menentukan nilai maksimum atau minimum per kriteria tergantung dari jenisnya

Kriteria	Jenis	Nilai
C1	<i>Cost</i>	min = 16.500
C2	<i>Benefit</i>	max = 9
C3	<i>Benefit</i>	max = 98
C4	<i>Cost</i>	min = 1

3.b. Normalisasi C1

Perhitungan normalisasi C1 sebagai berikut:

- $S1: 16500/18000 = 0.917$
- $S2: 16500/19000 = 0.868$
- $S3: 16500/21000 = 0.786$
- $S4: 16500/16500 = 1.000$

3.c. Normalisasi C2

Perhitungan normalisasi C2 sebagai berikut:

- $S1: 7/9 = 0.778$
- $S2: 8/9 = 0.889$
- $S3: 9/9 = 1.000$
- $S4: 6/9 = 0.667$

3.d. Normalisasi C3

Perhitungan normalisasi C3 sebagai berikut:

- $S1: 95/98 = 0.969$
- $S2: 92/98 = 0.939$
- $S3: 98/98 = 1.000$
- $S4: 85/98 = 0.867$

3.e. Normalisasi C4

Perhitungan normalisasi C4 sebagai berikut:

- $S1 : 1/3 = 0.333$
- $S2 : 1/2 = 0.500$
- $S3 : 1/1 = 1.000$
- $S4 : 1/6 = 0.167$

3.f. Hasil matriks ternormalisasi (R)

$$R = \begin{bmatrix} 0.917 & 0.778 & 0.969 & 0.333 \\ 0.868 & 0.889 & 0.939 & 0.500 \\ 0.786 & 1.000 & 1.000 & 1.000 \\ 1.000 & 0.667 & 0.867 & 0.167 \end{bmatrix}$$

Matriks R disusun sesuai dengan susunan kriteria (kolom) dan alternatif (baris) dengan matriks X .

4. Menentukan bobot kriteria

Dalam kasus ini ditetapkan bahwa bobot masing-masing kriteria adalah sebagai berikut:

$$C1 = 0.172; C2 = 0.471; C3 = 0.284; C4 = 0.074.$$

Total nilai bobot telah sesuai karena < 1 , seperti pada pemeriksaan berikut:

$$0.172 + 0.471 + 0.284 + 0.074 = 1.001 \approx 1.000$$

Bobot tersebut dapat disusun dengan vektor bobot kriteria (w) dengan besaran baris menunjukkan urutan per kriteria.

$$w = \begin{bmatrix} 0.172 \\ 0.471 \\ 0.284 \\ 0.074 \end{bmatrix}$$

5. Menghitung nilai preferensi berdasarkan skor kinerja dan peringkat alternatif

Perkalian matriks yang terbentuk untuk preferensi adalah:

$$V = R \times w = \begin{bmatrix} 0.917 & 0.778 & 0.969 & 0.333 \\ 0.868 & 0.889 & 0.939 & 0.500 \\ 0.786 & 1.000 & 1.000 & 1.000 \\ 1.000 & 0.667 & 0.867 & 0.167 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.172 \\ 0.471 \\ 0.284 \\ 0.074 \end{bmatrix}$$

Berikut ini adalah detail Nilai preferensi pemasok s dilakukan dengan baris matriks pertama (R) dikalikan kolom matriks kedua (w).

5.a. Perhitungan untuk S1 (baris 1 pada R)

$$V_1 = (0.172 \times 0.917) + (0.471 \times 0.778) + (0.284 \times 0.969) + (0.074 \times 0.333)$$

$$V_1 = 0.1577 + 0.3666 + 0.2752 + 0.0246 = \mathbf{0.8241}$$

5.b. Perhitungan untuk S2 (baris 2 pada R)

$$V_2 = (0.172 \times 0.868) + (0.471 \times 0.889) + (0.284 \times 0.939) + (0.074 \times 0.500)$$

$$V_2 = 0.1494 + 0.4189 + 0.2667 + 0.0370 = \mathbf{0.8720}$$

5.c. Perhitungan untuk S3 (baris 3 pada R)

$$V_3 = (0.172 \times 0.786) + (0.471 \times 1.000) + (0.284 \times 1.000) + (0.074 \times 1.000)$$

$$V_3 = 0.1352 + 0.4710 + 0.2840 + 0.0740 = \mathbf{0.9642}$$

5.d. Perhitungan untuk S4 (baris 4 pada R)

$$V_4 = (0.172 \times 1.000) + (0.471 \times 0.667) + (0.284 \times 0.867) + (0.074 \times 0.167)$$

$$V_4 = 0.1720 + 0.3141 + 0.2463 + 0.0124 = \mathbf{0.7448}$$

5.e. Ringkasan skor akhir dan peringkat dalam SAW didapatkan sebagai berikut:

Pemasok	Skor SAW	Peringkat
S3	0.9642	1
S2	0.8720	2
S1	0.8241	3
S4	0.7448	4

5.f. Pemasok yang terpilih menjadi pemasok utama adalah S3 hal ini karena besaran bobot C2 dan C3 yang lebih besar dibandingkan dengan yang lain, yang mana kinerja S3 juga unggul dalam kriteria tersebut.

2.3. Kesimpulan untuk SAW

SAW memerlukan normalisasi untuk memastikan bahwa kriteria memiliki jangkauan yang sama sehingga penentuan peringkat memang berdasarkan bobot saja.

Berdasarkan penerapan metode SAW terhadap pemilihan pemasok bahan baku Polypropylene resin di PT Nusapack Plastisindo, dapat disimpulkan bahwa metode SAW menghasilkan peringkat pemasok berturut-turut S3 (skor tertinggi), S2, S1, S4. Dengan demikian, pemasok S3 terpilih sebagai pemasok utama bagi PT Nusapack Plastisindo berdasarkan metode SAW.

Lampiran Komputasi Python

Komputasi ini dimulai dengan *coding* Python terlebih dahulu lalu akan ditunjukkan *output* dari program tersebut.

Kode

Berikut ini adalah *coding* Python dan hasilnya bagi jalannya langkah-langkah di atas. Kita mulai dengan *coding* Pythonnya:

```
import NumPy as np

# =====
# INFORMASI KASUS
# =====

#informasi kasus tentu saja adalah data yang perlu
d disesuaikan dengan kasus yang dihadapi sehingga dapat diubah
sesuai kebutuhan

goal = "Menentukan supplier PP resin terbaik bagi PT
Nusapack Plastisindo"

criteria = [
    ("C1", "Cost"),
    ("C2", "Quality"),
    ("C3", "Delivery"),
    ("C4", "Risk")
]
```

```

alternatives = ["S1", "S2", "S3", "S4"]

# =====
# LANGKAH 1: MATRIKS KEPUTUSAN
# =====
#matriks keputusan juga berdasarkan data, sehingga dapat
#diubah sesuai keperluan

X = np.array([
    [18000, 7, 95, 3],
    [19000, 8, 92, 2],
    [21000, 9, 98, 1],
    [16500, 6, 85, 6]
], dtype=float)

# =====
# LANGKAH 2: JENIS KRITERIA
# =====
#langkah ini masih berdasarkan data yang perlu disesuaikan
#dengan keperluan

criteria_type = ["cost", "benefit", "benefit", "cost"]

# =====
# LANGKAH 4: BOBOT KRITERIA
# =====

weights = np.array([0.172, 0.471, 0.284, 0.074])\
#weights perlu disesuaikan dengan data

# =====
# FUNGSI NORMALISASI SAW
# =====

def normalize_saw(X, criteria_type):
    R = np.zeros_like(X)
    for j in range(X.shape[1]):
        if criteria_type[j] == "benefit":
            R[:, j] = X[:, j] / X[:, j].max()
        else: # cost
            R[:, j] = X[:, j].min() / X[:, j]
    return R

# =====

```

```

# PRINT OUTPUT
# =====

print("\n=====")
print("METODE SAW - KASUS PT NUSAPACK PLASTISINDO")
print("=====")

# -----
# Tujuan
# -----
print("\nTUJUAN KEPUTUSAN:")
print(goal)

# -----
# Kriteria
# -----
print("\nKRITERIA:")
for c in criteria:
    print(f"{c[0]} - {c[1]}")

# -----
# Alternatif
# -----
print("\nPEMASOK ALTERNATIF:")
for a in alternatives:
    print(a)

# =====
# OUTPUT LANGKAH 1
# =====

print("\n===== LANGKAH 1 =====")
print("Matriks Keputusan (X):")
print(X)

# =====
# OUTPUT LANGKAH 2 & 3
# =====

print("\n===== LANGKAH 2 =====")
print("Jenis Kriteria:")
for c, t in zip(criteria, criteria_type):
    print(f"{c[0]} - {c[1]}: {t.upper()}")

R = normalize_saw(X, criteria_type)

```

```

print("\n===== LANGKAH 3 =====")
print("Matriks Normalisasi (R):")
print(np.round(R, 4))

# =====
# OUTPUT LANGKAH 4
# =====

print("\n===== LANGKAH 4 =====")
print("Bobot Kriteria:")
for c, w in zip(criteria, weights):
    print(f"{c[0]} - {c[1]}: {w}")

# =====
# OUTPUT LANGKAH 5
# =====

scores = R @ weights

ranking = sorted(
    zip(alternatives, scores),
    key=lambda x: x[1],
    reverse=True
)

print("\n===== LANGKAH 5 =====")
print("Nilai Preferensi (Skor Akhir) & Peringkat:")

for i, (alt, score) in enumerate(ranking, start=1):
    print(f"Peringkat {i}: {alt} (Skor = {score:.4f})")

print("\nSUPPLIER TERPILIH SEBAGAI PEMASOK UTAMA:")
print(ranking[0][0])

```

Output

Adapun *output* dari langkah tersebut adalah:

```

=====
METODE SAW - KASUS PT NUSAPACK PLASTISINDO
=====

```

TUJUAN KEPUTUSAN:

Menentukan *supplier* PP resin terbaik bagi PT Nusapack
Plastisindo

KRITERIA:

C1 - *Cost*

C2 - *Quality*

C3 - *Delivery*

C4 - *Risk*

PEMASOK ALTERNATIF:

S1

S2

S3

S4

===== LANGKAH 1 =====

Matriks Keputusan (X):

```
[[1.80e+04 7.00e+00 9.50e+01 3.00e+00]
 [1.90e+04 8.00e+00 9.20e+01 2.00e+00]
 [2.10e+04 9.00e+00 9.80e+01 1.00e+00]
 [1.65e+04 6.00e+00 8.50e+01 6.00e+00]]
```

===== LANGKAH 2 =====

Jenis Kriteria:

C1 - *Cost*: *COST*

C2 - *Quality*: *BENEFIT*

C3 - *Delivery*: *BENEFIT*

C4 - *Risk*: *COST*

===== LANGKAH 3 =====

Matriks Normalisasi (R):

```
[[0.9167 0.7778 0.9694 0.3333]
 [0.8684 0.8889 0.9388 0.5 ]
 [0.7857 1.    1.    1.   ]
 [1.    0.6667 0.8673 0.1667]]
```

===== LANGKAH 4 =====

Bobot Kriteria:

C1 - *Cost*: 0.172

C2 - *Quality*: 0.471

C3 - *Delivery*: 0.284

C4 - *Risk*: 0.074

===== LANGKAH 5 =====

Nilai Preferensi (Skor Akhir) & Peringkat:

Peringkat 1: S3 (Skor = 0.9641)

Peringkat 2: S2 (Skor = 0.8716)

Peringkat 3: S1 (Skor = 0.8240)

Peringkat 4: S4 (Skor = 0.7447)

SUPPLIER TERPILIH SEBAGAI PEMASOK UTAMA:
S3

3.

Analytic Hierarchy Process (AHP)

Analytic Hierarchy Process (AHP) banyak digunakan di berbagai bidang, termasuk manajemen proyek, perencanaan strategis, dan pemilihan pemasok, karena kemampuannya untuk mengintegrasikan penilaian kualitatif dan kuantitatif ke dalam satu kerangka kerja yang koheren (Ho & Ma, 2018; Saaty, 1990a).

3.1. Konsep Dasar dan Langkah Utama

Metode AHP dikembangkan oleh Thomas L. Saaty pada tahun 1970- an (Saaty, 1977, 1990a). AHP lahir dari kebutuhan untuk memberikan kerangka kerja yang dapat membantu dalam pengambilan keputusan yang kompleks, yang melibatkan banyak kriteria yang mungkin saling bertentangan (Saaty, 1990a). Saaty memperkenalkan AHP sebagai alat untuk memecah masalah kompleks menjadi elemen-elemen yang lebih sederhana, menyusunnya dalam bentuk hierarki, dan menggabungkan persepsi subjektif dan objektif ke dalam proses pengambilan keputusan (Saaty, 1990b).

Konsep dasar dalam AHP adalah perbandingan yang konsisten dari satu kriteria atau alternatif terhadap kriteria atau alternatif lainnya, atau yang sering disebut dengan perbandingan berpasangan. Dalam penerapannya, data perbandingan berpasangan antara satu kriteria dengan kriteria lainnya atau suatu alternatif terhadap alternatif lainnya dapat diambil berdasarkan subjektivitas dari pengambil keputusan, namun konsistensi dari perbandingan tersebut yang menghasilkan rekomendasi peringkat yang sah. Hal ini juga menunjukkan Tingkat fleksibilitas dari AHP dalam mengakomodasi

kriteria yang tidak serta-merta mudah untuk dinilai dengan skala yang *rigid* (saklek).

Contoh perbandingan berpasangan yang konsisten adalah sebagai berikut. Misalkan kita ingin memilih restoran untuk acara penting keluarga, maka kita dapat mempertimbangkan kriteria seperti harga dan rasa masakan. Sementara ada tiga alternatif restoran yaitu restoran A, B, dan restoran C dengan kinerja yang berbeda. Jika kita menganggap harga lebih penting dari rasa masakan, maka kita tentunya menganggap bahwa rasa masakan tidak lebih penting daripada harga. Perhatikan bahwa ada konsistensi antara harga >>> rasa masakan, dan rasa masakan <<< harga.

Misalkan untuk rasa masakan, tidak ada angka numerik baku yang dapat menggambarkan rasa masakan, namun kita dapat membandingkan rasa masakan tersebut dan memilih seberapa preferensi kita terhadapnya. Jika kita menganggap bahwa restoran A lebih nikmat dibandingkan restoran B, sedangkan restoran C lebih nikmat dibandingkan dengan restoran A, maka kita tidak bisa menganggap bahwa restoran B lebih nikmat dibandingkan dengan restoran C. Perhatikan bahwa rasa masakan A >>> B, dan C >>> A, maka seharusnya terdapat urutan C >>> A >>> B. Konsistensi ini yang akan dinilai dan menjadi tolok ukur kualitas dari AHP. Jika terdapat perbandingan yang tidak konsisten maka pengambilan data kinerja per kriteria akan perlu diulang sampai diyakinkan bahwa data kinerja adalah konsisten. Dalam AHP, konsistensi ini disebut dengan *consistency ratio* (CR) dan dinyatakan dalam *Consistency Index* (CI).

Untuk lebih jelasnya, mari kita simak langkah-langkah utama yang dapat diringkas sebagai berikut: (Saaty, 1990b):

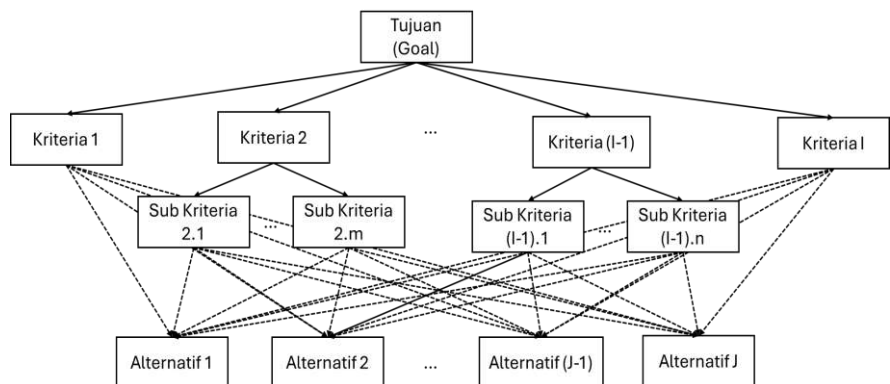
1. Menyusun Struktur Hierarki Keputusan

Struktur hierarki keputusan terdiri dari tujuan utama, kriteria, subkriteria dari tiap kriteria, dan susunan yang paling bawah adalah besaran alternatifnya. Dengan adanya struktur hierarki ini, pengambilan keputusan dan perbandingan berpasangan akan menjadi lebih terfokus pada setiap segmen dari struktur tersebut, sehingga mampu mendapatkan konsistensi yang baik.

Struktur hierarki yang berlapis juga memungkinkan untuk menilai sebuah kriteria keputusan dengan berbagai indikator yang relevan. Seperti kita dapat mengukur kriteria kualitas bahan untuk produk baju dari subkriteria ketebalan bahan, kerapatan tenunan, kelembutan ketika bersentuhan dengan kulit, dan sebagainya.

Tentu saja, perlu diperhatikan bahwa untuk menghindari tumpang tindih antarkriteria dan subkriteria, perlu dipastikan prinsip *mutually exclusive* dan *collectively exhaustive* (Winston, 1997). *Mutually exclusive* yaitu memastikan bahwa antarkriteria dan antarsub-kriteria memiliki keterpisahan konsep yang jelas, satu kriteria atau satu subkriteria adalah ukuran yang eksklusif, tidak dapat dikaitkan dengan yang lain. Sementara *collectively exhaustive* memastikan bahwa tidak ada kriteria atau subkriteria penting yang terlewatkan dalam membuat hierarki keputusan ini.

Gambar 2 menunjukkan struktur hierarki keputusan *multi-layer*. Pada gambar tersebut terlihat bahwa tujuan akan diperoleh berdasarkan kriteria tertentu, dan kriteria dapat dinilai dari subkriteria. Seluruh alternatif akan dinilai berdasarkan kriteria dan atau subkriteria yang berkesesuaian dengan kriteria.



Gambar 2. Gambar Struktur Hierarki Keputusan

2. Menyusun Matriks Perbandingan Berpasangan (*Pairwise Comparison*) Antarkriteria

Perbandingan antarkriteria dilakukan berpasangan untuk dua kriteria sekaligus dengan memberikan skor sesuai dengan skala penilaian Saaty sebagai berikut:

1	Makna Perbandingan Kriteria A dan B
3	A dan B <i>Sama</i> penting
5	A <i>Sedikit lebih</i> penting daripada B
7	A <i>Lebih</i> penting daripada B
9	A <i>Sangat lebih</i> penting daripada B
2,4,6,8	A <i>Mutlak lebih</i> penting daripada B
Kebalikan	Nilai antara
	Nilai kepentingan B terhadap A

Perlu diperhatikan bahwa jika A lebih penting daripada B, maka skor antara A dan B adalah 5, sementara score antara B dan A adalah 1/5 (kebalikannya). Hasil dari langkah ini adalah matriks perbandingan kriteria (A).

Nilai matriks berpasangan juga dapat diambil berdasarkan kuesioner sesuai dengan skala penilaian Saaty. Contoh perbandingan berpasangan antarkriteria adalah seperti pada Gambar 3.

Perbandingan Berpasangan antar Kriteria

Lingkirlah angka yang sesuai. Letak angka yang paling dekat menunjukkan kriteria yang lebih penting.

	Skala Penilaian																	
Kriteria A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriteria B
Kriteria A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriteria C
Kriteria B	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriteria C

Gambar 3. Gambar Contoh Kuesioner Perbandingan Berpasangan untuk Tiga Kriteria ABC

3. Menghitung bobot prioritas kriteria

Tujuan dari langkah ini adalah mengubah matriks perbandingan berpasangan menjadi bobot numerik yang berjumlah 1, hal ini dilakukan dengan normalisasi kolom dan rata-rata baris (teknik aproksimasi vektor eigen utama), dengan detail sebagai berikut:

- 3.a. Menjumlahkan nilai setiap elemen kolom i pada matriks A
- 3.b. Menormalisasi nilai per elemen dengan membagi nilai tiap elemen dalam kolom j , dengan jumlah total per kolom-nya
- 3.c. Mencari rata-rata setiap baris i
- 3.d. Menyusun rata-rata tiap baris menjadi matriks (w) yang telah ternormalisasi dan berjumlah 1.
4. Menguji konsistensi penilaian CI dan CR
Konsistensi penilaian didapatkan dengan beberapa langkah:
 - 4.a. Menghitung perkalian matriks $A \times w = Aw$
 - 4.b. Menghitung nilai eigen λ_i setiap baris kriteria i dengan formula:

$$\lambda_{\max} = \frac{(Aw)_i}{w_i}$$

Dimana nilai $(Aw)_i$ adalah hasil perkalian untuk baris i , dan w_i adalah nilai matriks w pada baris i

- 4.c. Menghitung nilai eigen maksimum $\lambda_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i}{n}$ dengan n adalah jumlah kriteria yang terlibat.
- 4.d. Menghitung *consistency index* (CI), dengan formula:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

- 4.e. Menghitung *consistency ratio* (CR) dengan formula:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Dimana nilai RI adalah *Random Consistency Index*, diambil dari tabel referensi sesuai Saaty (Winston, 1997) sebagai berikut:

Besar Matriks Kriteria	RI
1	0
2	0
3	0.52
4	0.89

Besar Matriks Kriteria	RI
5	1.11
6	1.25
7	1.35
8	1.40
9	1.45
10	1.49

4.f. Menetapkan konsistensi

Perbandingan dianggap konsisten jika nilai $CR < 0.01$

5. Menyusun dan menghitung bobot alternatif rekomendasi terhadap setiap kriteria

Tujuan dari langkah ini adalah menentukan bobot (kinerja) dari alternatif solusi ditinjau dari kriteria tertentu. Pada dasarnya, langkah ini menggunakan langkah yang mirip dengan Langkah 2-3, hanya digunakan untuk menilai kinerja dari alternatif solusi berdasarkan kriteria tertentu. Maka, *output* dari langkah ini adalah mendapatkan vektor prioritas kinerja alternatif untuk setiap kriteria. Langkah-langkahnya untuk setiap kriteria dirinci sebagai berikut, perlu dicatat bahwa langkah ini perlu diulangi untuk seluruh kriteria yang dipertimbangkan dalam langkah 1:

5.a. Menyusun matriks perbandingan berpasangan

5.b. Menjumlahkan setiap kolom

5.c. Menormalisasi matriks

5.d. Menghitung bobot prioritas alternatif

5.f. Menghitung CI dan CR

5.g. Didapatkan vektor kinerja kriteria yang konsisten dengan nilai kinerja per alternatif K_{ij}

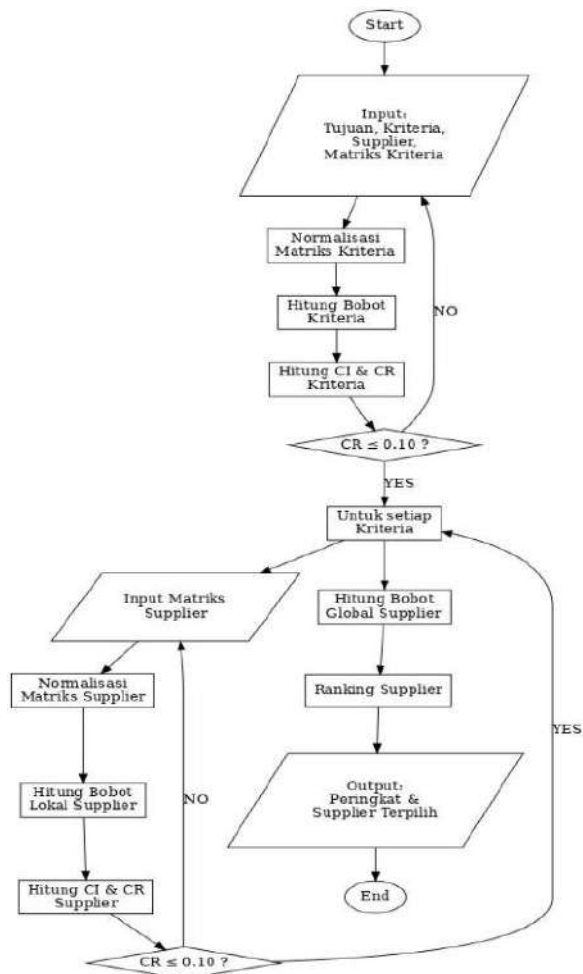
6. Menghitung skor akhir dan menentukan peringkat pemasok
Bertujuan menghasilkan peringkat dan alternatif berdasarkan nilai skor dari setiap alternatifnya.

Skor akhir setiap alternatif, S_i , didapatkan dengan mengalikan bobot kriteria dengan skor kinerja setiap alternatifnya, dengan formula:

$$S_i = \sum_{j=1}^n w_j \times K_{ij}$$

3.2. Implementasi pada Kasus Utama

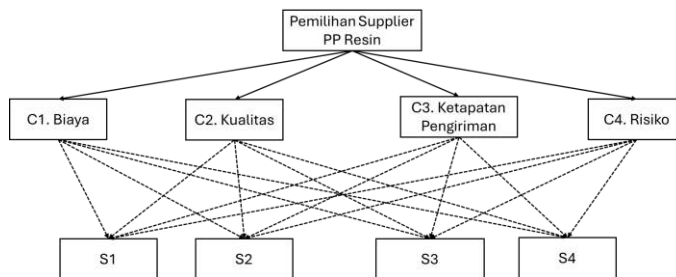
Untuk memperjelas implementasi langkah-langkah utama pada kasus pemilihan pemasok, kita dapat melihat pada Gambar 4 sementara langkah-langkah utama akan dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 4. Gambar Diagram Alur AHP untuk Pemilihan pemasok

1. Menyusun Struktur Hierarki Keputusan

Struktur hierarki keputusan disusun dalam 3 level. Level pertama menetapkan tujuan pengambilan keputusan, dalam hal ini: “Menentukan pemasok Resin Polypropylene terbaik bagi PT Nusapack Plastisindo”. Level kedua adalah menetapkan kriteria evaluasi pengambilan keputusan, yaitu C1, C2, C3, C4. Level 3 adalah menetapkan alternatif keputusan, dalam hal ini adalah keempat pemasok lokal yaitu S1, S2, S3, S4. Dengan gambar struktur seperti berikut.



2. Menyusun Matriks Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria

Dalam Kasus PT Nusapack Plastisindo, logika umum manajemen manufaktur kemasan pangan adalah:

- Quality* sangat krusial (keamanan pangan, *reject*, reputasi).
- Delivery* penting untuk kontinuitas produksi.
- Cost* penting, tetapi tidak boleh mengorbankan kualitas.
- Risk* penting, tetapi cenderung dipertimbangkan setelah kualitas dan pengiriman.
- Dengan logika tersebut, kita tetapkan penilaian perbandingan berpasangan antarkriteria sebagai berikut.

Matriks perbandingan berpasangan ini menunjukkan bahwa *quality* diposisikan sebagai prioritas utama dalam pengambilan keputusan. *Quality* dinilai lebih penting dibandingkan *cost* (nilai 3) dan *delivery* (nilai 2), serta dianggap jauh lebih penting daripada *risk* (nilai 5), yang menegaskan bahwa mutu menjadi faktor dominan meskipun harus menghadapi konsekuensi biaya, waktu, maupun ketidakpastian.

Kriteria	C1	C2	C3	C4
C1-Cost	1	1/3	1/2	3
C2-Quality	3	1	2	5
C3-Delivery	2	1/2	1	4
C4-Risk	1/3	1/5	1/4	1

Di sisi lain, *delivery* dipandang lebih penting daripada *cost* (nilai 2), mengindikasikan bahwa ketepatan dan keandalan waktu masih lebih diutamakan dibanding efisiensi biaya semata. Selanjutnya, *cost* dinilai lebih penting daripada *risk* (nilai 3), yang mencerminkan bahwa pengendalian biaya tetap menjadi perhatian utama dibandingkan potensi risiko. Seluruh nilai kebalikan secara otomatis mengisi sisi simetris matriks, sehingga konsistensi logis dalam struktur perbandingan tetap terjaga.

3. Menghitung Bobot Prioritas Kriteria

3.a. Dijumlahkan bobot per kolom didapatkan sebagai berikut

Kriteria	C1	C2	C3	C4
C1 – Biaya	1	1/3	1/2	3
C2 – Kualitas	3	1	2	5
C3 – Pengiriman	2	1/2	1	4
C4 – Risiko	1/3	1/5	1/4	1
Jumlah Bobot	6.333	2.033	3.750	13.000

3.b. Normalisasi setiap elemen dengan membagi setiap elemen terhadap jumlah bobot kolom yang bersesuaian

3.c. Merata-ratakan setiap baris

Hasil dari 3.b dan 3.c adalah sebagai berikut

Kriteria	C1	C2	C3	C4	Rata-rata baris
C1 – Biaya	0.158	0.164	0.133	0.231	0.172
C2 – Kualitas	0.474	0.492	0.533	0.385	0.471
C3 – Pengiriman	0.316	0.246	0.267	0.308	0.284
C4 – Risiko	0.053	0.098	0.067	0.077	0.074
Jumlah bobot					1.000

Tabel tersebut menunjukkan kualitas merupakan kriteria paling dominan dengan bobot 0,471, menegaskan perannya sebagai faktor utama dalam pengambilan keputusan. *Delivery* berada pada urutan kedua dengan bobot 0,284, yang menunjukkan pentingnya ketepatan dan keandalan pasokan sebagai pendukung utama kualitas. *Cost*, dengan bobot 0,172, tetap memiliki peran yang signifikan namun tidak menjadi prioritas utama, sementara *risk* memiliki pengaruh paling rendah dengan bobot 0,074. Struktur prioritas ini sepenuhnya konsisten dengan karakter industri kemasan pangan, di mana mutu produk dan ketepatan pasokan jauh lebih kritis dibandingkan pertimbangan harga semata.

4. Uji Konsistensi

4.a. Menghitung $A \times w$

$$Aw = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/2 & 3 \\ 3 & 1 & 2 & 5 \\ 2 & 1/2 & 1 & 4 \\ 1/3 & 1/5 & 1/4 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.172 \\ 0.471 \\ 0.284 \\ 0.074 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.693 \\ 1.925 \\ 1.160 \\ 0.296 \end{bmatrix}$$

Hitungan per baris ditampilkan sebagai berikut:

Baris 1 — C1 (Biaya)

$$\begin{aligned} & (1)(0.172) + (1/3)(0.471) + (1/2)(0.284) + (3)(0.074) \\ & = 0.172 + 0.157 + 0.142 + 0.222 \\ & = 0.693 \end{aligned}$$

Baris 2 — C2 (Kualitas)

$$\begin{aligned} & (3)(0.172) + (1)(0.471) + (2)(0.284) + (5)(0.074) \\ & = 0.516 + 0.471 + 0.568 + 0.370 \\ & = 1.925 \end{aligned}$$

Baris 3 — C3 (Pengiriman)

$$\begin{aligned} & (2)(0.172) + (1/2)(0.471) + (1)(0.284) + (4)(0.074) \\ & = 0.344 + 0.236 + 0.284 + 0.296 \\ & = 1.160 \end{aligned}$$

Baris 4 — C4 (Risiko)

$$\begin{aligned} & (1/3)(0.172) + (1/5)(0.471) + (1/4)(0.284) + (1)(0.074) \\ &= 0.057 + 0.094 + 0.071 + 0.074 \\ &= 0.296 \end{aligned}$$

4.b. Menghitung nilai eigen setiap kriteria, dengan hasil sebagai berikut:

Kriteria	$(Aw)_i$	w_i	λ_i
C1 – Biaya	0.693	0.172	4.03
C2 – Kualitas	1.925	0.471	4.09
C3 – Pengiriman	1.160	0.284	4.08
C4 – Risiko	0.296	0.074	4.00

4.c. Menghitung eigen maksimal, sebagai berikut:

$$\lambda_{\max} = \frac{4.03 + 4.09 + 4.08 + 4.00}{4} = \frac{16.20}{4} = 4.05$$

4.d. Menghitung CI dan CR dengan nilai $n=4$

$$CI = \frac{4.05 - 4}{3} = \frac{0.05}{3} = 0.0167$$

Sementara RI adalah 0.90 sehingga $CR = \frac{0.0167}{0.90} = 0.0186$

4.e. Kesimpulan

$$CR < 0.10 \Rightarrow 0.0186 < 0.10 \Rightarrow \textbf{Konsisten}$$

Penilaian perbandingan kriteria pada kasus PT Nusapack Plastisindo menunjukkan bahwa hasil yang diperoleh konsisten secara matematis, sehingga memenuhi persyaratan validitas metode yang digunakan. Selain itu, struktur prioritas yang terbentuk juga logis secara manajerial, karena selaras dengan praktik dan pertimbangan pengambilan keputusan di perusahaan. Dengan demikian, bobot kriteria yang dihasilkan layak digunakan sebagai dasar evaluasi pemasok. Bobot kriteria C1–C4 dinyatakan bersifat final dan tidak memerlukan revisi lebih lanjut.

5. Menilai Pemasok Alternatif terhadap Setiap Kriteria

Penilaian pemasok dilakukan untuk setiap kriteria maka akan ditampilkan secara iteratif untuk setiap kriteria berdasarkan data pada Tabel 2.

5.1. Kriteria C1 – Biaya

Perbandingan dilakukan berdasarkan rasio harga dari tabel kriteria.

Contoh:

- S1 vs S2 $\rightarrow 19.000 / 18.000 \approx 1.06 \rightarrow$ hampir sama $\rightarrow$ dibulatkan 1
- S4 vs S3 $\rightarrow 21.000 / 16.500 \approx 1.27 \rightarrow$ S4 lebih baik $\rightarrow$ nilai 2

Sehingga didapatkan matriks dan perhitungan seperti tabel berikut

Pemasok	Nilai awal				Nilai Ternormalisasi				Rata-rata baris
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	
S1	1	2	3	1/2	0.261	0.131	0.086	0.522	0.277
S2	1/2	1	2	1/3	0.308	0.154	0.077	0.462	0.161
S3	1/3	1/2	1	1/4	0.300	0.200	0.100	0.400	0.096
S4	2	3	4	1	0.240	0.159	0.120	0.481	0.466
Jumlah	3.83	6.50	10.00	2.08					1.000

Hasil penilaian berdasarkan kriteria harga menunjukkan bahwa S4 memiliki bobot tertinggi sebesar 0,466 sehingga menjadi alternatif terbaik dari sisi biaya. S1 berada pada urutan kedua dengan bobot 0,277, diikuti oleh S2 dengan bobot 0,161. Sementara itu, S3 memperoleh bobot terendah sebesar 0,096, yang mengindikasikan bahwa pemasok ini merupakan alternatif dengan harga paling mahal. Urutan prioritas ini sepenuhnya konsisten dengan data harga asli yang digunakan dalam analisis.

5.2. Kriteria C2 – Kualitas

Perbandingan dilakukan berdasarkan rasio skor kualitas, lalu dibulatkan ke skala Saaty agar konsisten dengan AHP.

Contoh logika:

- $S3 \text{ vs } S1 \rightarrow 9 / 7 \approx 1.29 \rightarrow S3 \text{ sedikit lebih baik} \rightarrow 2$
- $S2 \text{ vs } S4 \rightarrow 8 / 6 \approx 1.33 \rightarrow 2$
- $S3 \text{ vs } S4 \rightarrow 9 / 6 = 1.5 \rightarrow 3$

Sehingga didapatkan tabel perhitungan sebagai berikut:

Pemasok	Nilai Awal				Nilai Ternormalisasi				Rata-rata baris
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	
S1	1	1/2	1/2	2	0.182	0.364	0.364	0.091	0.193
S2	2	1	1/2	2	0.125	0.250	0.500	0.125	0.270
S3	2	2	1	3	0.215	0.215	0.429	0.142	0.417
S4	1/2	1/2	1/3	1	0.250	0.250	0.375	0.125	0.121
Jumlah	5.50	4.00	2.33	8.00					1.000

Hasil evaluasi berdasarkan kriteria kualitas menunjukkan bahwa S3 memperoleh bobot tertinggi sebesar 0,417 sehingga dinilai sebagai pemasok dengan kualitas terbaik. S2 berada pada urutan kedua dengan bobot 0,270, mencerminkan kualitas yang tinggi dan stabil, diikuti oleh S1 dengan bobot 0,193. Sementara itu, S4 memiliki bobot terendah sebesar 0,121 yang mengindikasikan kualitas paling rendah di antara alternatif yang tersedia. Urutan ini sepenuhnya konsisten dengan skor kualitas awal yang digunakan dalam penilaian, yaitu 9, 8, 7, dan 6.

5.3. Kriteria C3 – Pengiriman

Seperti pada kriteria lainnya, logika matriks awal didapatkan berbasis rasio yang dibulatkan ke skala Saaty dengan contoh logika sebagai berikut:

- $S3 \text{ vs } S4 \rightarrow 98 / 85 \approx 1.15 \rightarrow 2$
- $S1 \text{ vs } S2 \rightarrow 95 / 92 \approx 1.03 \rightarrow 1$
- $S1 \text{ vs } S4 \rightarrow 95 / 85 \approx 1.12 \rightarrow 2$

Sehingga tabel perhitungannya didapatkan sebagai berikut:

Pemasok	Nilai awal				Nilai Ternormalisasi				Rata-rata baris
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	
S1	1	1	1/2	2	0.222	0.222	0.444	0.111	0.227
S2	1	1	1/2	2	0.222	0.222	0.444	0.111	0.227
S3	2	2	1	3	0.215	0.215	0.429	0.142	0.423
S4	1/2	1/2	1/3	1	0.250	0.250	0.375	0.125	0.122
Jumlah	4.50	4.50	2.33	8.00					1.000

Hasil evaluasi berdasarkan kriteria pengiriman menunjukkan bahwa S3 merupakan pemasok dengan kinerja terbaik dalam ketepatan dan keandalan pengiriman. S1 dan S2 memiliki tingkat kinerja yang relatif setara, sehingga keduanya menempati posisi menengah tanpa perbedaan yang signifikan. Sementara itu, S4 berada pada peringkat terendah, yang mengindikasikan bahwa kinerja pengirimannya paling kurang dibandingkan alternatif pemasok lainnya.

5.4. Kriteria C4 - Risiko

Data dari tabel yang diperbandingkan mengikuti logika berikut ini akan menghasilkan tabel perhitungan yang berkesesuaian sebagai berikut.

- S3 (1) jauh lebih baik dari S4 (6) → 5
- S2 (2) lebih baik dari S1 (3) → 2
- S1 (3) lebih baik dari S4 (6) → 3

Pemasok	Nilai Awal				Nilai Ternormalisasi				Rata-rata baris
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	
S1	1	1/2	1/3	3	0.158	0.316	0.474	0.052	0.171
S2	2	1	1/2	4	0.133	0.267	0.533	0.067	0.284
S3	3	2	1	5	0.163	0.246	0.493	0.099	0.471
S4	1/3	1/4	1/5	1	0.231	0.308	0.385	0.077	0.074
Jumlah	6.33	3.75	2.03	13.00					1.000

Hasil evaluasi berdasarkan kriteria risiko menunjukkan bahwa S3 memiliki tingkat risiko paling rendah sehingga menjadi alternatif terbaik dari sisi manajemen risiko. S2 berada pada urutan kedua dengan tingkat risiko yang relatif lebih terkendali, diikuti oleh S1 pada posisi berikutnya. Sementara itu, S4 menempati peringkat terakhir, yang mengindikasikan tingkat risiko tertinggi di antara seluruh pemasok yang dievaluasi.

Hasil bobot pemasok per kriteria dapat disimpulkan pada tabel berikut ini.

Pemasok	C1 - Biaya	C2 – Kualitas	C3 – Pengiriman	C4 – Risiko
S1	0.277	0.193	0.227	0.171
S2	0.161	0.270	0.227	0.284
S3	0.096	0.417	0.423	0.471
S4	0.466	0.121	0.122	0.074

6. Menghitung Skor Akhir & Menentukan Peringkat Pemasok

Kali ini dipaparkan perhitungan skor akhir yang merupakan perkalian matriks antara matriks bobot kriteria dan matriks bobot pemasok per kriteria.

$$S = \begin{bmatrix} 0.277 & 0.193 & 0.227 & 0.171 \\ 0.161 & 0.270 & 0.227 & 0.284 \\ 0.096 & 0.417 & 0.423 & 0.471 \\ 0.466 & 0.121 & 0.122 & 0.074 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.172 \\ 0.471 \\ 0.284 \\ 0.074 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.2157 \\ 0.2404 \\ 0.3680 \\ 0.1772 \end{bmatrix}$$

Dengan detail perhitungan per baris (per pemasok alternatif) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} S_1 &= (0.172 \times 0.277) + (0.471 \times 0.193) + (0.284 \times 0.227) \\ &\quad + (0.074 \times 0.171) \\ &= 0.0476 + 0.0909 + 0.0645 + 0.0127 = \mathbf{0.2157} \\ S_2 &= (0.172 \times 0.161) + (0.471 \times 0.270) + (0.284 \times 0.227) \\ &\quad + (0.074 \times 0.284) \\ &= 0.0277 + 0.1272 + 0.0645 + 0.0210 = \mathbf{0.2404} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
S_3 &= (0.172 \times 0.096) + (0.471 \times 0.417) + (0.284 \times 0.423) \\
&\quad + (0.074 \times 0.471) \\
&= 0.0165 + 0.1965 + 0.1201 + 0.0349 = \mathbf{0.3680} \\
S_4 &= (0.172 \times 0.466) + (0.471 \times 0.121) + (0.284 \times 0.122) \\
&\quad + (0.074 \times 0.074) \\
&= 0.0801 + 0.0570 + 0.0346 + 0.0055 = \mathbf{0.1772}
\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil akhir metode Analytic Hierarchy Process (AHP), diperoleh peringkat pemasok dengan S3 sebagai alternatif terbaik, diikuti oleh S2, S1, dan S4. Dengan mempertimbangkan seluruh kriteria yang dianalisis secara terintegrasi, S3 ditetapkan sebagai pemasok utama, karena menunjukkan kinerja paling unggul terutama dari sisi kualitas yang tinggi sebagai pemasok internasional. Keputusan ini mencerminkan hasil evaluasi yang objektif, konsisten, dan selaras dengan kebutuhan perusahaan.

3.3. Kesimpulan untuk AHP

AHP memerlukan struktur hierarki yang jelas serta penilaian yang konsisten dalam penilaian perbandingan berpasangan. Kedua tolok ukur ini menjamin kualitas usulan solusi yang dihasilkan oleh AHP. Bagian akhir dari AHP adalah penerapan SAW, sementara AHP menyempurnakan SAW dengan memberikan dasar yang tepat untuk membuat matriks bobot kriteria (w). Hal ini terlihat dalam studi kasus. Dalam penerapan AHP untuk menyelesaikan kasus utama PT. Nusapack Plastisindo, AHP menghasilkan keputusan yang mirip dengan SAW, yaitu rekomendasi S3 sebagai pemasok utama dengan peringkat terbaik, disusul kemudian berturut-turut: S2, S1, dan S4. Konsistensi keputusan ini juga dapat terjadi karena skor kinerja dalam AHP konsisten dengan rentang skor kinerja dalam SAW.

Lampiran Komputasi Python

Dalam subbab komputasi akan dibahas kode yang terlebih dahulu mendefinisikan data, formula perhitungan, lalu mendefinisikan *output*. Kemudian juga akan ditunjukkan *output* yang dikeluarkan oleh kode tersebut.

Kode

Berikut adalah *coding* Python untuk komputasi, dimulai dengan mendefinisikan data kemudian mendefinisikan formula. Terlihat bahwa input yang dibutuhkan untuk fungsi adalah langsung pada matriks perbandingan berpasangan yang telah dinormalisasi, bukan merupakan hasil dari kuesioner pengambil keputusan.

```
import NumPy as np

# =====
# INFORMASI KASUS
# =====

goal = "Menentukan supplier PP resin terbaik bagi PT
Nusapack Plastisindo"

criteria = ["C1 - Cost", "C2 - Quality", "C3 - Delivery",
"C4 - Risk"]
suppliers = ["S1", "S2", "S3", "S4"]

# =====
# LANGKAH 2: MATRIKS PERBANDINGAN KRITERIA
# =====

A_criteria = np.array([
    [1, 1/3, 1/2, 3],
    [3, 1, 2, 5],
    [2, 1/2, 1, 4],
    [1/3, 1/5, 1/4, 1]
])

# =====
# LANGKAH 3: MATRIKS PERBANDINGAN SUPPLIER
# =====
```

```

A_cost = np.array([
    [1, 2, 3, 1/2],
    [1/2, 1, 2, 1/3],
    [1/3, 1/2, 1, 1/4],
    [2, 3, 4, 1]
])

A_quality = np.array([
    [1, 1/2, 1/2, 2],
    [2, 1, 1/2, 2],
    [2, 2, 1, 3],
    [1/2, 1/2, 1/3, 1]
])

A_delivery = np.array([
    [1, 1, 1/2, 2],
    [1, 1, 1/2, 2],
    [2, 2, 1, 3],
    [1/2, 1/2, 1/3, 1]
])

A_risk = np.array([
    [1, 1/2, 1/3, 3],
    [2, 1, 1/2, 4],
    [3, 2, 1, 5],
    [1/3, 1/4, 1/5, 1]
])

# =====
# FUNGSI AHP
# =====

def ahp_weights(A):
    col_sum = A.sum(axis=0)
    norm = A / col_sum
    weights = norm.mean(axis=1)
    return weights, norm

def consistency_ratio(A, weights):
    n = A.shape[0]
    Aw = A @ weights
    lambda_max = np.mean(Aw / weights)
    CI = (lambda_max - n) / (n - 1)
    RI_table = {1:0, 2:0, 3:0.58, 4:0.90}

```

```

    CR = CI / RI_table[n]
    return lambda_max, CI, CR

# =====
# OUTPUT LANGKAH 1
# =====

print("\n===== LANGKAH 1 =====")
print("TUJUAN KEPUTUSAN:")
print(goal)

print("\nKRITERIA:")
for c in criteria:
    print("-", c)

print("\nPEMASOK ALTERNATIF:")
for s in suppliers:
    print("-", s)

# =====
# OUTPUT LANGKAH 2 & 3
# =====

w_criteria, _ = ahp_weights(A_criteria)

print("\n===== LANGKAH 2 =====")
print("Matriks Perbandingan Berpasangan Kriteria:")
print(A_criteria)

print("\n===== LANGKAH 3 =====")
print("Bobot Kriteria:")
for c, w in zip(criteria, w_criteria):
    print(f"{c}: {w:.3f}")

# =====
# OUTPUT LANGKAH 4
# =====

lambda_max, CI, CR = consistency_ratio(A_criteria,
w_criteria)

print("\n===== LANGKAH 4 =====")
print(f"Lambda max: {lambda_max:.4f}")
print(f"CI      : {CI:.4f}")
print(f"CR      : {CR:.4f}")

```

```

print("Konsisten :", "YA" if CR < 0.10 else "TIDAK")

# =====
# OUTPUT LANGKAH 5
# =====

w_cost, _ = ahp_weights(A_cost)
w_quality, _ = ahp_weights(A_quality)
w_delivery, _ = ahp_weights(A_delivery)
w_risk, _ = ahp_weights(A_risk)

print("\n===== LANGKAH 5 =====")
print("Bobot Supplier per Kriteria:")

print("\nCost:")
for s, w in zip(suppliers, w_cost):
    print(s, ":", round(w,3))

print("\nQuality:")
for s, w in zip(suppliers, w_quality):
    print(s, ":", round(w,3))

print("\nDelivery:")
for s, w in zip(suppliers, w_delivery):
    print(s, ":", round(w,3))

print("\nRisk:")
for s, w in zip(suppliers, w_risk):
    print(s, ":", round(w,3))

# =====
# OUTPUT LANGKAH 6
# =====

W_suppliers = np.vstack([
    w_cost,
    w_quality,
    w_delivery,
    w_risk
]).T

final_scores = W_suppliers @ w_criteria

ranking = sorted(
    zip(suppliers, final_scores),

```

```

        key=lambda x: x[1],
        reverse=True
    )

    print("\n===== LANGKAH 6 =====")
    print("Skor Akhir & Peringkat Supplier:")
    for i, (s, score) in enumerate(ranking, start=1):
        print(f"Peringkat {i}: {s} (Skor = {score:.4f})")

    print("\nSUPPLIER TERPILIH SEBAGAI PEMASOK UTAMA:")
    print(ranking[0][0])

```

Output

Adapun *output*-nya adalah sebagai berikut:

```

===== LANGKAH 1 =====
TUJUAN KEPUTUSAN:
Menentukan supplier PP resin terbaik bagi PT Nusapack
Plastisindo

```

KRITERIA:

- C1 - *Cost*
- C2 - *Quality*
- C3 - *Delivery*
- C4 - *Risk*

PEMASOK ALTERNATIF:

- S1
- S2
- S3
- S4

===== LANGKAH 2 =====

Matriks Perbandingan Berpasangan Kriteria:

```

[[1.      0.33333333 0.5      3.      ]
 [3.      1.      2.      5.      ]
 [2.      0.5      1.      4.      ]
 [0.33333333 0.2      0.25     1.      ]]

```

===== LANGKAH 3 =====

Bobot Kriteria:

- C1 - *Cost*: 0.171
- C2 - *Quality*: 0.471
- C3 - *Delivery*: 0.284

C4 - Risk: 0.074

===== LANGKAH 4 =====

Lambda max: 4.0514

CI : 0.0171

CR : 0.0190

Konsisten : YA

===== LANGKAH 5 =====

Bobot *Supplier* per Kriteria:

Cost:

S1: 0.277

S2: 0.161

S3: 0.096

S4: 0.466

Quality:

S1: 0.193

S2: 0.269

S3: 0.417

S4: 0.121

Delivery:

S1: 0.227

S2: 0.227

S3: 0.423

S4: 0.123

Risk:

S1: 0.171

S2: 0.284

S3: 0.471

S4: 0.074

===== LANGKAH 6 =====

Skor Akhir & Peringkat *Supplier*:

Peringkat 1: S3 (Skor = 0.3676)

Peringkat 2: S2 (Skor = 0.2399)

Peringkat 3: S1 (Skor = 0.2154)

Peringkat 4: S4 (Skor = 0.1770)

SUPPLIER TERPILIH SEBAGAI PEMASOK UTAMA:

S3

4.

Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) adalah teknik ketiga yang kita pelajari, yang menekankan pada keseimbangan solusi yang direkomendasikan terhadap jenis kriteria positif dan negatif (nilai ekstrim positif dan negatif dari setiap kriteria).

4.1. Konsep Dasar dan Langkah Utama

TOPSIS dikembangkan oleh Hwang dan Yoon pada tahun 1981 sebagai salah satu metode pengambilan keputusan multikriteria (Hwang & Yoon, 1981; Yu & Pan, 2021). Metode ini didasarkan pada konsep bahwa alternatif yang dipilih harus memiliki jarak terpendek dari solusi ideal positif (*best case*) dan jarak terjauh dari solusi ideal negatif (*worst case*). TOPSIS sangat populer dalam analisis keputusan karena kesederhanaan, efisiensi, (Behzadian *et al.*, 2012) dan kemampuannya untuk memberikan solusi yang seimbang antara kriteria positif dan negatif.

Setelah ditetapkan tujuan (objektif) masalah MCDM dengan TOPSIS, kriteria dan alternatif solusi, maka langkah-langkah untuk menerapkan metode TOPSIS adalah sebagai berikut (Deng *et al.*, 2000):

1. Menyusun matriks keputusan (X) yang berisi kinerja alternatif untuk setiap kriteria.

Matriks ini serupa dengan matriks dari metode SAW.

2. Melakukan normalisasi matriks keputusan

Normalisasi pada TOPSIS didasarkan pada teknik normalisasi vektor yaitu menggunakan nilai akar kuadrat dari penjumlahan seluruh elemen. Untuk setiap elemen x_{ij} dari matriks X nilai normalisasi r_{ij} anggota matriks R didapatkan dengan formula sebagai berikut:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$$

3. Mengalikan matriks normalisasi dengan bobot kriteria

Bobot dari kriteria atau matriks w didapatkan bisa dengan perbandingan berpasangan (seperti metode AHP) atau dari penilaian subjektif oleh pengambil keputusan (seperti metode SAW). Perlu dipastikan bahwa jumlah total bobot adalah 1.

Perkalian matriks R dan w akan menghasilkan matriks V dengan nilai elemen v_{ij} ditentukan sebagai berikut:

$$v_{ij} = w_j \times r_{ij}$$

4. Menentukan solusi ideal positif dan ideal negatif.

Solusi ideal positif dan solusi ideal negatif ditentukan untuk setiap kriteria dan berdasarkan jenis kriteria.

- Jika kriteria adalah tergolong *cost*, maka solusi ideal positif adalah nilai paling minimal, dan solusi ideal negatif adalah nilai paling maksimal
- Jika kriteria adalah tergolong *benefit*, maka solusi ideal positif adalah nilai maksimal dan solusi ideal negatif adalah nilai paling minimal. Hal ini kebalikan dari kriteria *cost*.

Dalam tahapan ini didapatkan dua buah matriks yaitu matriks A^+ yang menyatakan solusi ideal positif, dan matriks A^- yang menyatakan solusi ideal negatif

5. Menghitung jarak setiap alternatif ke solusi ideal positif dan ideal negatif

Jarak setiap alternatif terhadap masing-masing solusi ideal (D_i^+ atau D_i^-) dihitung dengan prinsip Euclidean, maka formula perhitungan untuk setiap pemasok S_i sebagai berikut:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^4 (v_{ij} - A_j^+)^2}$$

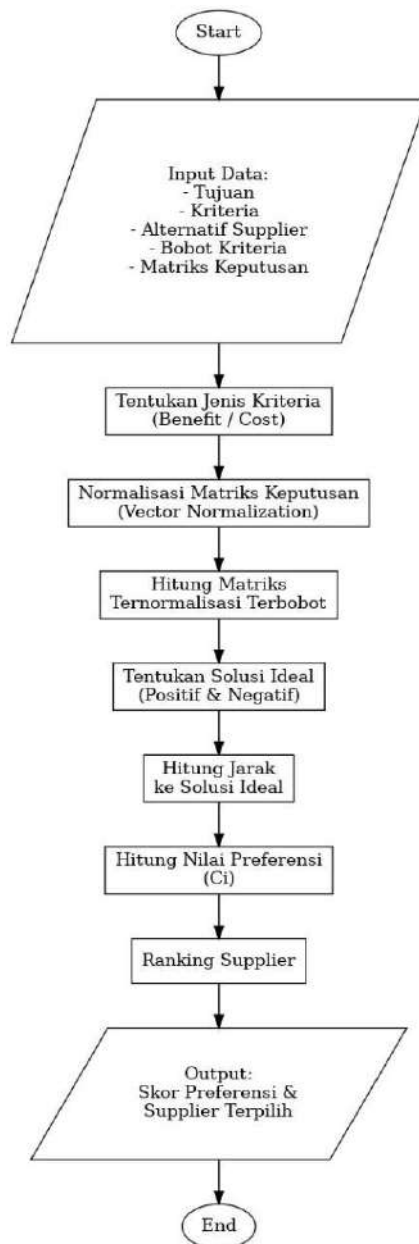
$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^4 (v_{ij} - A_j^-)^2}$$

D_i^+ adalah jarak terhadap solusi ideal positif sementara adalah jarak terhadap solusi ideal negatif.

6. Menghitung nilai preferensi dan menentukan peringkat
Nilai preferensi TOPSIS untuk solusi alternatif i dihitung berdasarkan formula $C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}$ dimana nilai C_i berada pada interval $[0, 1]$. Semakin besar C_i maka alternatif semakin dekat ke solusi ideal. Oleh karena itu, peringkat ditentukan berdasarkan nilai preferensi TOPSIS terbesar.

4.2. Implementasi pada Kasus Utama

Penerapan langkah-langkah tersebut pada kasus pemilihan pemasok akan terlihat pada diagram alir Gambar 5. Tujuan dari keputusan adalah menentukan pemasok resin Polypropylene terbaik bagi PT Nusapack Plastisindo. Adapun kriteria yang terlibat adalah C1, C2, C3, C4 dengan pemasok alternatif S1, S2, S3, S4.



Gambar 5. Gambar Diagram Alir TOPSIS untuk Pemilihan pemasok

1. Matriks keputusan (X) disalin dari tabel 2, sebagai berikut:

$$X = \begin{bmatrix} 18000 & 7 & 95 & 3 \\ 19000 & 8 & 92 & 2 \\ 21000 & 9 & 98 & 1 \\ 16500 & 6 & 85 & 6 \end{bmatrix}$$

2. Melakukan normalisasi matriks keputusan

Untuk mempermudah pembahasan, maka akan dijabarkan langkah per langkah dalam melakukan normalisasi.

- 2.a. Menghitung bagian penyebut (Akar Jumlah Kuadrat) per kriteria

Kriteria C1 – Biaya

$$\sqrt{18000^2 + 19000^2 + 21000^2 + 16500^2} = \sqrt{1,398,250,000} \\ = 37403.6$$

Kriteria C2 – Kualitas

$$\sqrt{7^2 + 8^2 + 9^2 + 6^2} = \sqrt{230} = 15.166$$

Kriteria C3 – Pengiriman

$$\sqrt{95^2 + 92^2 + 98^2 + 85^2} = \sqrt{34218} = 184.99$$

Kriteria C4 – Risiko

$$\sqrt{3^2 + 2^2 + 1^2 + 6^2} = \sqrt{50} = 7.071$$

- 2.b. Menghitung r_{ij}

Proses normalisasi per kriteria adalah sebagai berikut:

Kriteria C1 – Biaya

- Pemasok S1 $r_{11} = 18000/37403.6 = 0.481$
- Pemasok S2 $r_{12} = 19000/37403.6 = 0.508$
- Pemasok S3 $r_{13} = 21000/37403.6 = 0.562$
- Pemasok S4 $r_{14} = 16500/37403.6 = 0.441$

Kriteria C2 – Kualitas

- Pemasok S1 $r_{21} = 7/15.166 = 0.462$
- Pemasok S2 $r_{22} = 8/15.166 = 0.528$
- Pemasok S3 $r_{23} = 9/15.166 = 0.593$
- Pemasok S4 $r_{24} = 6/15.166 = 0.396$

Kriteria C3 – Pengiriman

- Pemasok S1 $r_{31} = 95/184.99 = 0.514$
- Pemasok S2 $r_{32} = 92/184.99 = 0.497$
- Pemasok S3 $r_{33} = 98/184.99 = 0.530$
- Pemasok S4 $r_{34} = 85/184.99 = 0.459$

Kriteria C4 – Risiko

- Pemasok S1 $r_{41} = 3/7.071 = 0.424$
- Pemasok S2 $r_{42} = 2/7.071 = 0.283$
- Pemasok S3 $r_{43} = 1/7.071 = 0.141$
- Pemasok S4 $r_{44} = 6/7.071 = 0.849$

2.c. Membentuk matriks R

Susunan matriks sebagai berikut

$$R = \begin{bmatrix} 0.481 & 0.462 & 0.514 & 0.424 \\ 0.508 & 0.528 & 0.497 & 0.283 \\ 0.562 & 0.593 & 0.530 & 0.141 \\ 0.441 & 0.396 & 0.459 & 0.849 \end{bmatrix}$$

3. Mendapatkan matriks normalisasi bobot keputusan

Bobot yang digunakan dalam contoh ini adalah bobot yang sama dengan yang digunakan dalam SAW yaitu mengikuti $w^T = [0.172, 0.471, 0.284, 0.074]$

$$V = \begin{bmatrix} 0.481(0.172) & 0.462(0.471) & 0.514(0.284) & 0.424(0.074) \\ 0.508(0.172) & 0.528(0.471) & 0.497(0.284) & 0.283(0.074) \\ 0.562(0.172) & 0.593(0.471) & 0.530(0.284) & 0.141(0.074) \\ 0.441(0.172) & 0.396(0.471) & 0.459(0.284) & 0.849(0.074) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0.0827 & 0.2176 & 0.1460 & 0.0314 \\ 0.0874 & 0.2487 & 0.1411 & 0.0209 \\ 0.0967 & 0.2793 & 0.1505 & 0.0104 \\ 0.0759 & 0.1865 & 0.1304 & 0.0629 \end{bmatrix}$$

4. Menentukan solusi ideal positif dan solusi ideal negatif

Mari kita lihat dahulu jenis kriteria. Untuk jenis kriteria ongkos adalah C1 dan C4 sedangkan jenis kriteria *benefit* adalah C2 dan C3. Oleh karena itu, solusi idealnya adalah sebagai berikut:

4. a. Solusi ideal positif

$$A^+ = [0.0759 \quad 0.2793 \quad 0.1505 \quad 0.0104]$$

Perhatikan bahwa solusi ideal positif adalah nilai terkecil dari V untuk kolom pertama yang terasosiasi dengan C1: $\min\{0.0827, 0.0874, 0.0967, 0.0759\} = 0.0759$;

sedangkan untuk kolom kedua adalah nilai terbesar dari V untuk kolom kedua yang terasosiasi dengan C2: $\max\{0.2176, 0.2487, 0.2793, 0.1865\} = 0.2793$.

Menunjukkan bahwa solusi ideal positif ditentukan dari jenis kriterianya, maka berturut turut untuk kolom ketiga dan keempat adalah sesuai dengan C3 yang berjenis *benefit*: $\max\{0.1460, 0.1411, 0.1505, 0.1304\} = 0.1505$; dan C4 yang berjenis

cost: $\min\{0.0314, 0.0209, 0.0104, 0.0629\} = 0.0104$.

4.b. Solusi ideal negatif

$$A^- = [0.0967 \quad 0.1865 \quad 0.1304 \quad 0.0629]$$

Dengan prinsip yang sama untuk solusi ideal negatif, maka nilai untuk kolom pertama sampai keempat mengikuti logika berikut ini:

- Kolom 1:
C1 (*cost*) $\rightarrow \max\{0.0827, 0.0874, 0.0967, 0.0759\} = 0.0967$
- Kolom 2:
C2 (*benefit*) $\rightarrow \min\{0.2176, 0.2487, 0.2793, 0.1865\} = 0.1865$
- Kolom 3:
C3 (*benefit*) $\rightarrow \min\{0.1460, 0.1411, 0.1505, 0.1304\} = 0.1304$
- Kolom 4:
C4 (*cost*) $\rightarrow \max\{0.0314, 0.0209, 0.0104, 0.0629\} = 0.0629$

5. Menghitung jarak setiap solusi

Jarak setiap solusi akan dihitung untuk setiap pemasok terhadap solusi ideal positif dan solusi ideal negatif, sebagai berikut:

5.a. Pemasok S1

$$D_1^+ = \sqrt{(0.0827 - 0.0759)^2 + (0.2176 - 0.2793)^2 + (0.1460 - 0.1505)^2 + (0.0314 - 0.0104)^2}$$

$$= \sqrt{0.00005 + 0.00381 + 0.00002 + 0.00044} = \sqrt{0.00432} = 0.0657$$

$$D_1^- = \sqrt{(0.0827 - 0.0967)^2 + (0.2176 - 0.1865)^2 + (0.1460 - 0.1304)^2 + (0.0314 - 0.0629)^2}$$

$$= \sqrt{0.00020 + 0.00097 + 0.00024 + 0.00099} = \sqrt{0.00240} = 0.0490$$

5.b. Pemasok S2

$$D_2^+ = \sqrt{(0.0827 - 0.0759)^2 + (0.2176 - 0.2793)^2 + (0.1460 - 0.1505)^2 + (0.0314 - 0.0104)^2}$$

$$= \sqrt{0.00013 + 0.00094 + 0.00009 + 0.00011} = \sqrt{0.00127} = 0.0356$$

$$D_2^- = \sqrt{(0.0874 - 0.0759)^2 + (0.2487 - 0.2793)^2 + (0.1411 - 0.1505)^2 + (0.0209 - 0.0104)^2}$$

$$= \sqrt{0.00009 + 0.00387 + 0.00011 + 0.00176} = \sqrt{0.00583} = 0.0764$$

5.c. Pemasok S3

$$D_3^+ = \sqrt{(0.0967 - 0.0759)^2 + (0.2793 - 0.2793)^2 + (0.1505 - 0.1505)^2 + (0.0104 - 0.0104)^2}$$

$$= \sqrt{0.00043} = 0.0207$$

$$D_3^- = \sqrt{(0.0967 - 0.0967)^2 + (0.2793 - 0.1865)^2 + (0.1505 - 0.1304)^2 + (0.0104 - 0.0629)^2}$$

$$= \sqrt{0.00862 + 0.00040 + 0.00275} = \sqrt{0.01177} = 0.1085$$

5.d. Pemasok S4

$$D_4^+ = \sqrt{(0.0759 - 0.0759)^2 + (0.1865 - 0.2793)^2 + (0.1304 - 0.1505)^2 + (0.0629 - 0.0104)^2}$$

$$= \sqrt{0.00862 + 0.00040 + 0.00275} = \sqrt{0.01177} = 0.1085$$

$$D_4^- = \sqrt{(0.0759 - 0.0967)^2 + (0.1865 - 0.1865)^2 + (0.1304 - 0.1304)^2 + (0.0629 - 0.0629)^2}$$

$$= \sqrt{0.00043} = 0.0207$$

5.e. Ringkasan jarak untuk setiap pemasok didapatkan sebagai berikut

Pemasok	D_i^+	D_i^-
S1	0.0657	0.0490
S2	0.0356	0.0764
S3	0.0207	0.1085
S4	0.1085	0.0207

6. Menghitung nilai preferensi

Perhitungan nilai preferensi untuk setiap pemasok adalah sebagai berikut:

6.a. Preferensi pemasok S1

$$C_1 = \frac{0.0490}{0.0657 + 0.0490} = \frac{0.0490}{0.1147} = 0.427$$

6.b. Preferensi pemasok S2

$$C_2 = \frac{0.0764}{0.0356 + 0.0764} = \frac{0.0764}{0.1120} = 0.682$$

6.c. Preferensi pemasok S3

$$C_3 = \frac{0.1085}{0.0207 + 0.1085} = \frac{0.1085}{0.1292} = 0.840$$

6.d. Preferensi pemasok S4

$$C_4 = \frac{0.0207}{0.1085 + 0.0207} = \frac{0.0207}{0.1292} = 0.160$$

Sehingga didapatkan ringkasan nilai preferensi dan peringkat dalam TOPSIS adalah seperti pada tabel berikut. Hal ini menunjukkan bahwa peringkat pemasok terpilih adalah S3 dengan nilai C_i tertinggi, sementara urutan selanjutnya berturut-turut adalah S2, S1, dan S4.

Pemasok	C_i	Peringkat
S3	0.840	1
S2	0.682	2
S1	0.427	3
S4	0.160	4

4.3. Kesimpulan untuk TOPSIS

TOPSIS menggunakan prinsip jarak ke solusi ideal yang berseberangan (positif dan negatif). Dari perspektif pengambilan keputusan rantai pasok, hasil ini menegaskan bahwa TOPSIS tidak hanya mempertimbangkan kinerja absolut suatu pemasok pada satu kriteria tertentu, tetapi juga mengevaluasi posisi relatif setiap

pemasok terhadap kondisi terbaik dan terburuk secara simultan. Dengan demikian, TOPSIS menghasilkan keputusan yang bersifat seimbang dan rasional, serta mudah dipertanggungjawabkan kepada pemangku kepentingan.

Secara keseluruhan, TOPSIS merupakan metode MCDM yang sederhana, efisien, dan intuitif untuk digunakan dalam pemilihan pemasok, khususnya pada kasus di mana pengambil keputusan ingin menekankan kompromi optimal antara berbagai kriteria yang bertentangan. Namun demikian, hasil TOPSIS tetap sangat dipengaruhi oleh penentuan bobot kriteria, sehingga validitas keputusan sangat bergantung pada kualitas penilaian bobot yang diberikan pada tahap awal analisis.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pemasok S3 memperoleh nilai preferensi tertinggi, sehingga direkomendasikan sebagai pemasok terbaik. Hal ini mengindikasikan bahwa S3 memiliki kombinasi kinerja yang paling mendekati kondisi ideal, terutama pada kriteria bertipe *benefit* (kualitas dan pengiriman), sekaligus memiliki kinerja yang relatif baik pada kriteria bertipe *cost* (biaya dan risiko). Peringkat selanjutnya berturut-turut adalah S2, S1, dan S4, yang mencerminkan perbedaan tingkat kedekatan masing-masing pemasok terhadap solusi ideal.

Lampiran Komputasi Python

Komputasi Python terbagi menjadi kode dan *output* solusi. Sementara dalam kode akan dijelaskan adanya kode fungsi input, fungsi untuk perhitungan dan fungsi untuk *printing output*.

Kode

Kita mulai dengan kode terlebih dahulu:

```
import NumPy as np

# =====
# INFORMASI KASUS
# =====
```

```

goal = "Menentukan supplier PP resin terbaik bagi PT
Nusapack Plastisindo"

criteria = [
    ("C1", "Cost"),
    ("C2", "Quality"),
    ("C3", "Delivery"),
    ("C4", "Risk")
]

criteria_type = ["cost", "benefit", "benefit", "cost"]

alternatives = ["S1", "S2", "S3", "S4"]

# Bobot kriteria (konsisten dengan AHP & SAW)
weights = np.array([0.172, 0.471, 0.284, 0.074])

# =====
# LANGKAH 1: MATRIKS KEPUTUSAN
# =====

X = np.array([
    [18000, 7, 95, 3],
    [19000, 8, 92, 2],
    [21000, 9, 98, 1],
    [16500, 6, 85, 6]
], dtype=float)

# =====
# FUNGSI TOPSIS
# =====

def normalize_topsis(X):
    denom = np.sqrt((X ** 2).sum(axis=0))
    return X / denom

def weighted_normalized_matrix(R, weights):
    return R * weights

def ideal_solutions(V, criteria_type):
    A_plus = np.zeros(V.shape[1])
    A_minus = np.zeros(V.shape[1])

    for j in range(V.shape[1]):

```

```

        if criteria_type[j] == "benefit":
            A_plus[j] = V[:, j].max()
            A_minus[j] = V[:, j].min()
        else: # cost
            A_plus[j] = V[:, j].min()
            A_minus[j] = V[:, j].max()

    return A_plus, A_minus

def distance(V, A):
    return np.sqrt(((V - A) ** 2).sum(axis=1))

# =====
# OUTPUT AWAL
# =====

print("\n=====")
print("METODE TOPSIS - KASUS PT NUSAPACK PLASTISINDO")
print("=====")

# -----
# Tujuan
# -----
print("\nTUJUAN KEPUTUSAN:")
print(goal)

# -----
# Kriteria
# -----
print("\nKRITERIA:")
for (c, name), t in zip(criteria, criteria_type):
    print(f"{c} - {name} ({t.upper()})")

# -----
# Alternatif
# -----
print("\nPEMASOK ALTERNATIF:")
for a in alternatives:
    print(a)

# =====
# OUTPUT LANGKAH 1
# =====

print("\n===== LANGKAH 1 =====")

```

```

print("Matriks Keputusan (X):")
print(X)

# =====
# OUTPUT LANGKAH 2
# =====

R = normalize_topsis(X)

print("\n===== LANGKAH 2 =====")
print("Matriks Normalisasi (R):")
print(np.round(R, 4))

# =====
# OUTPUT LANGKAH 3
# =====

V = weighted_normalized_matrix(R, weights)

print("\n===== LANGKAH 3 =====")
print("Matriks Normalisasi Terbobot (V):")
print(np.round(V, 4))

# =====
# OUTPUT LANGKAH 4
# =====

A_plus, A_minus = ideal_solutions(V, criteria_type)

print("\n===== LANGKAH 4 =====")
print("Solusi Ideal Positif (A+):")
print(np.round(A_plus, 4))

print("Solusi Ideal Negatif (A-):")
print(np.round(A_minus, 4))

# =====
# OUTPUT LANGKAH 5
# =====

D_plus = distance(V, A_plus)
D_minus = distance(V, A_minus)

print("\n===== LANGKAH 5 =====")
print("Jarak ke Solusi Ideal Positif (D+):")

```

```

for a, d in zip(alternatives, D_plus):
    print(a, ":", round(d, 4))

print("\nJarak ke Solusi Ideal Negatif (D-):")
for a, d in zip(alternatives, D_minus):
    print(a, ":", round(d, 4))

# =====
# OUTPUT LANGKAH 6
# =====

C = D_minus / (D_plus + D_minus)

ranking = sorted(
    zip(alternatives, C),
    key=lambda x: x[1],
    reverse=True
)

print("\n===== LANGKAH 6 =====")
print("Nilai Preferensi (Closeness Coefficient) & Peringkat:")

for i, (a, c) in enumerate(ranking, start=1):
    print(f"Peringkat {i}: {a} (Ci = {c:.4f})")

print("\nSUPPLIER TERPILIH SEBAGAI PEMASOK UTAMA:")
print(ranking[0][0])

```

Output

Adapun *output* yang ditampilkan oleh program tersebut adalah sebagai berikut

```

=====
METODE TOPSIS - KASUS PT NUSAPACK PLASTISINDO
=====

TUJUAN KEPUTUSAN:
Menentukan supplier PP resin terbaik bagi PT Nusapack
Plastisindo

KRITERIA:
C1 - Cost (COST)
C2 - Quality (BENEFIT)

```

C3 - *Delivery (BENEFIT)*

C4 - *Risk (COST)*

PEMASOK ALTERNATIF:

S1

S2

S3

S4

===== LANGKAH 1 =====

Matriks Keputusan (X):

```
[[1.80e+04 7.00e+00 9.50e+01 3.00e+00]
 [1.90e+04 8.00e+00 9.20e+01 2.00e+00]
 [2.10e+04 9.00e+00 9.80e+01 1.00e+00]
 [1.65e+04 6.00e+00 8.50e+01 6.00e+00]]
```

===== LANGKAH 2 =====

Matriks Normalisasi (R):

```
[[0.4814 0.4616 0.5128 0.4243]
 [0.5081 0.5275 0.4966 0.2828]
 [0.5616 0.5934 0.529 0.1414]
 [0.4413 0.3956 0.4588 0.8485]]
```

===== LANGKAH 3 =====

Matriks Normalisasi Terbobot (V):

```
[[0.0828 0.2174 0.1456 0.0314]
 [0.0874 0.2485 0.141 0.0209]
 [0.0966 0.2795 0.1502 0.0105]
 [0.0759 0.1863 0.1303 0.0628]]
```

===== LANGKAH 4 =====

Solusi Ideal Positif (A+):

```
[0.0759 0.2795 0.1502 0.0105]
```

Solusi Ideal Negatif (A-):

```
[0.0966 0.1863 0.1303 0.0628]
```

===== LANGKAH 5 =====

Jarak ke Solusi Ideal Positif (D+):

S1: 0.0661

S2: 0.0359

S3: 0.0207

S4: 0.1087

Jarak ke Solusi Ideal Negatif (D-):

S1: 0.0487

S2: 0.0762
S3: 0.1087
S4: 0.0207

===== LANGKAH 6 =====

Nilai Preferensi (*Closeness Coefficient*) & Peringkat:

Peringkat 1: S3 ($C_i = 0.8400$)

Peringkat 2: S2 ($C_i = 0.6796$)

Peringkat 3: S1 ($C_i = 0.4245$)

Peringkat 4: S4 ($C_i = 0.1600$)

SUPPLIER TERPILIH SEBAGAI PEMASOK UTAMA:

S3

5.

Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis (MOORA)

Metode *Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis* (MOORA) bertujuan untuk menyederhanakan proses evaluasi dengan mengubah data kriteria menjadi rasio yang memungkinkan perbandingan yang lebih jelas dan objektif antara alternatif. Ini berguna dalam situasi di mana kriteria-kriteria yang berbeda tidak memiliki satuan yang sama atau tidak dapat dibandingkan secara langsung. (Chakraborty, 2011).

5.1. Konsep Dasar dan Langkah Utama

MOORA dikembangkan oleh Brauers dan Zavadskas pada awal 2000-an (Brauers & Zavadskas, 2006, 2012). Metode ini merupakan salah satu teknik dalam pengambilan keputusan multi-kriteria (MCDM) yang dirancang untuk membantu dalam evaluasi dan pemilihan alternatif ketika ada beberapa kriteria yang harus dipertimbangkan. MOORA menggunakan analisis rasio untuk menilai dan membandingkan alternatif berdasarkan berbagai kriteria yang relevan (Singh *et al.*, 2024).

Berikut adalah langkah-langkah untuk menerapkan metode MOORA dalam pemilihan pemasok: (Singh *et al.*, 2024):

1. Menyusun Matriks Keputusan (X)

Matriks keputusan X adalah nilai kinerja setiap alternatif (baris) per kriteria (kolom), yang memiliki elemen x_{ij} .

2. Melakukan Normalisasi Matriks Keputusan

Normalisasi pada MOORA secara matematis identik dengan normalisasi vektor pada TOPSIS, namun pada MOORA, elemen pada matriks keputusan menunjukkan rasio kinerja antaralternatif pada kriteria tertentu. Hasil ini adalah matriks normalisasi MOORA (X^*). Formula yang digunakan untuk mendapatkan nilai ternormalisasi, x_{ij}^* , adalah:

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$$

Tujuan normalisasi matriks keputusan antara lain menghilangkan perbedaan satuan (Rp, skor, %, dan lain-lain) dan membuat semua kriteria berada pada skala yang sebanding.

3. Menghitung Nilai MOORA Setiap Alternatif

Nilai MOORA adalah nilai matriks normalisasi terbobot, yaitu matriks ternormalisasi (X^*) dengan bobot per kriteria. Tentu saja bobot per kriteria dapat ditentukan lewat perbandingan berpasangan seperti pada AHP atau ditentukan secara sepihak (subjektif) oleh pengambil keputusan.

Pada tahap ini difokuskan untuk memasukkan tingkat kepentingan kriteria, dan belum dilakukan optimasi berdasarkan *benefit-cost* (tidak terjadi operasi matematis penjumlahan dan pengurangan).

x_{ij}^{**} adalah nilai elemen pemobotan MOORA untuk elemen x_{ij}^* didapatkan dengan formula sebagai berikut:

$$x_{ij}^{**} = w_j \times x_{ij}^*$$

Hasil dari Langkah ini adalah matriks normalisasi terbobot MOORA (X^{**}).

4. Menentukan Nilai Optimasi Akhir

Nilai optimasi atau MOORA score didapatkan dengan menjumlahkan seluruh nilai pada Matriks Normalisasi

Terbobot (X^{**}) yang berkaitan dengan alternatif tertentu. Hal ini menunjukkan bahwa setiap alternatif akan memiliki nilai optimasi MOORA tertentu, yaitu Y_i , yang dapat dihitung dengan formula (MOORA termodifikasi, MOORA sederhana):

$$Y_i = \sum_{j=1}^n x_{ij}^{**}$$

Formula tersebut langsung dapat digunakan untuk kriteria dengan jenis yang seragam, yaitu seluruhnya *benefit*, seluruhnya *cost*, atau ketika nilai *cost* telah ditransformasi menjadi *benefit* sehingga memiliki orientasi yang searah. Dalam konteks ini, pendekatan yang digunakan berbeda dari MOORA standar, di mana nilai optimasi dihitung dengan cara menjumlahkan kriteria *benefit* dan mengurangi kriteria *cost*. Formula untuk MOORA standar adalah sebagai berikut, yaitu memaksimalkan kriteria *benefit* dan meminimalkan kriteria *cost* secara simultan melalui proses normalisasi rasio dan pembobotan kriteria:

$$Y_i = \sum_{j \in \text{Benefit}} x_{ij}^{**} - \sum_{j \in \text{Cost}} x_{ij}^{**}$$

Ketika ditetapkan MOORA sederhana, di mana pemisahan antara *benefit* dan *cost* tidak dilakukan karena seluruh kriteria telah diseragamkan orientasinya sejak tahap awal. Dengan demikian, nilai optimasi MOORA diperoleh melalui penjumlahan langsung seluruh nilai pada matriks normalisasi terbobot, tanpa proses pengurangan. Pendekatan ini tetap konsisten secara matematis dan metodologis, serta sesuai untuk pengambilan keputusan multikriteria selama asumsi transformasi dan keseragaman jenis kriteria dinyatakan secara eksplisit.

5. Menyusun Perangkat dan Memilih Alternatif Terbaik
Setelah didapatkan nilai MOORA untuk setiap alternatif, maka dapat dilakukan pemeringkatan alternatif. Semakin tinggi nilai optimasi MOORA maka semakin tinggi pula peringkat untuk menjadi rekomendasi solusi.

5.2. Implementasi pada Kasus Utama

Diagram alir penerapan MOORA dengan MOORA score standard untuk kasus pemilihan pemasok tercermin dalam Gambar 6.

Tujuan dari pengambilan keputusan adalah pemilihan pemasok PP Resin untuk PT Nusapack Plastisindo, dengan 4 kriteria: C1, C2, C3, C4 dan 4 pemasok alternatif: S1, S2, S3 S4. Langkah-langkah dari subbab sebelumnya diimplementasikan sebagai berikut:

1. Menentukan Matriks Kriteria (X)

Matriks kriteria disalin dari Tabel 3, sebagai berikut:

$$X = \begin{bmatrix} 18000 & 7 & 95 & 3 \\ 19000 & 8 & 92 & 2 \\ 21000 & 9 & 98 & 1 \\ 16500 & 6 & 85 & 6 \end{bmatrix}$$

2. Melakukan Normalisasi Matriks

Langkah-langkah normalisasi matriks mirip dengan TOPSIS sehingga:

2.a. Menghitung penyebut atau akar kuadrat per kriteria

Kriteria C1 – Biaya

$$\sqrt{18000^2 + 19000^2 + 21000^2 + 16500^2} = \sqrt{1,398,250,000} = 37403.6$$

Kriteria C2 – Kualitas

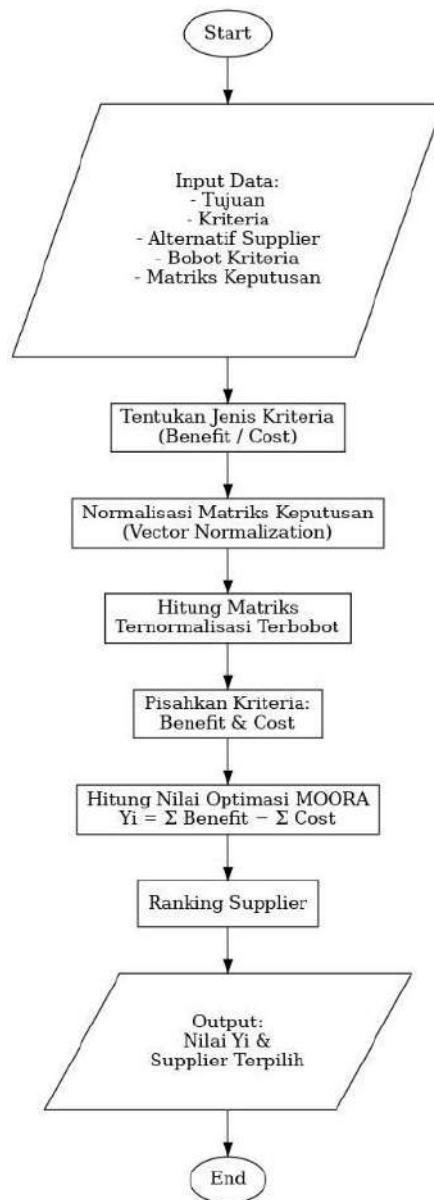
$$\sqrt{7^2 + 8^2 + 9^2 + 6^2} = \sqrt{230} = 15.166$$

Kriteria C3 – Pengiriman

$$\sqrt{95^2 + 92^2 + 98^2 + 85^2} = \sqrt{34218} = 184.99$$

Kriteria C4 – Risiko

$$\sqrt{3^2 + 2^2 + 1^2 + 6^2} = \sqrt{50} = 7.071$$



Gambar 6. Gambar Diagram Alir Penerapan MOORA untuk Pemilihan Pemasok

2.b. Menghitung x_{ij}^*

Proses normalisasi per kriteria adalah sebagai berikut:

Kriteria C1 – Biaya

- Pemasok S1 $x_{11}^* = 18000/37403.6 = 0.481$
- Pemasok S2 $x_{12}^* = 19000/37403.6 = 0.508$
- Pemasok S3 $x_{13}^* = 21000/37403.6 = 0.562$
- Pemasok S4 $x_{14}^* = 16500/37403.6 = 0.441$

Kriteria C2 – Kualitas

- Pemasok S1 $x_{21}^* = 7/15.166 = 0.462$
- Pemasok S2 $x_{22}^* = 8/15.166 = 0.528$
- Pemasok S3 $x_{23}^* = 9/15.166 = 0.593$
- Pemasok S4 $x_{24}^* = 6/15.166 = 0.396$

Kriteria C3 – Pengiriman

- Pemasok S1 $x_{31}^* = 95/184.99 = 0.514$
- Pemasok S2 $x_{32}^* = 92/184.99 = 0.497$
- Pemasok S3 $x_{33}^* = 98/184.99 = 0.530$
- Pemasok S4 $x_{34}^* = 85/184.99 = 0.459$

Kriteria C4 – Risiko

- Pemasok S1 $x_{41}^* = 3/7.071 = 0.424$
- Pemasok S2 $x_{42}^* = 2/7.071 = 0.283$
- Pemasok S3 $x_{43}^* = 1/7.071 = 0.141$
- Pemasok S4 $x_{44}^* = 6/7.071 = 0.849$

2.c. Membentuk matriks R

Susunan matriks sebagai berikut

$$X^* = \begin{bmatrix} 0.481 & 0.462 & 0.514 & 0.424 \\ 0.508 & 0.528 & 0.497 & 0.283 \\ 0.562 & 0.593 & 0.530 & 0.141 \\ 0.441 & 0.396 & 0.459 & 0.849 \end{bmatrix}$$

3. Menghitung Nilai MOORA untuk Setiap Alternatif

Bobot yang digunakan dalam contoh ini adalah bobot yang sama dengan yang digunakan dalam SAW dan TOPSIS yaitu mengikuti $w^T = [0.172, 0.471, 0.284, 0.074]$, sehingga untuk bobot menjadi:

$$X^{**} = \begin{bmatrix} 0.481(0.172) & 0.462(0.471) & 0.514(0.284) & 0.424(0.074) \\ 0.508(0.172) & 0.528(0.471) & 0.497(0.284) & 0.283(0.074) \\ 0.562(0.172) & 0.593(0.471) & 0.530(0.284) & 0.141(0.074) \\ 0.441(0.172) & 0.396(0.471) & 0.459(0.284) & 0.849(0.074) \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 0.0827 & 0.2176 & 0.1460 & 0.0314 \\ 0.0874 & 0.2487 & 0.1411 & 0.0209 \\ 0.0967 & 0.2793 & 0.1505 & 0.0104 \\ 0.0759 & 0.1865 & 0.1304 & 0.0629 \end{bmatrix}$$

4. Menentukan MOORA Score

Pada langkah ini akan dipaparkan dua macam cara perhitungan MOORA Score untuk memberikan gambaran terhadap pembaca mengenai perbandingan metode, yang pertama:

4.1. MOORA Score dengan Metode Standar

Perlu diingat bahwa C1 Biaya dan C4 Risiko termasuk pada jenis kriteria *cost*, sementara C2 Kualitas dan C3 Pengiriman termasuk pada jenis kriteria *benefit*.

Dengan metode standar maka $Y_i = (x^{**}_{i2} + x^{**}_{i3}) - (x^{**}_{i1} + x^{**}_{i4})$, sehingga perhitungan per pemasok alternatif adalah sebagai berikut:

4.1.a. Pemasok S1

$$Benefit = 0.2176 + 0.1460 = 0.3636$$

$$Cost = 0.0827 + 0.0314 = 0.1141$$

$$Y_1 = 0.3636 - 0.1141 = 0.2495$$

4.1.b. Pemasok S2

$$Benefit = 0.2487 + 0.1411 = 0.3898$$

$$Cost = 0.0874 + 0.0209 = 0.1083$$

$$Y_2 = 0.3898 - 0.1083 = 0.2815$$

4.1.c. Pemasok S3

$$Benefit = 0.2793 + 0.1505 = 0.4298$$

$$Cost = 0.0967 + 0.0104 = 0.1071$$

$$Y_3 = 0.4298 - 0.1071 = 0.3227$$

4.1.d. Pemasok S4

$$Benefit = 0.1865 + 0.1304 = 0.3169$$

$$Cost = 0.0759 + 0.0629 = 0.1388$$

$$Y_4 = 0.3169 - 0.1388 = 0.1781$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan matriks $Y^T = [0.2495, 0.2815, 0.3227, 0.1781]$

4.2. MOORA Score metode sederhana

Pada metode ini tidak dilakukan pemisahan jenis kriteria *benefit* dan *cost* sehingga nilai $Y_i = x_{i1} + x_{i2} + x_{i3} + x_{i4}$, dengan perhitungan sebagai berikut:

4.2.a. Pemasok S1

$$Y_1 = 0.0827 + 0.2176 + 0.1460 + 0.0314 = 0.4777$$

4.2.b. Pemasok S2

$$Y_2 = 0.0874 + 0.2487 + 0.1411 + 0.0209 = 0.4981$$

4.2.c. Pemasok S3

$$Y_3 = 0.0967 + 0.2793 + 0.1505 + 0.0104 = 0.5369$$

4.2.d. Pemasok S4

$$Y_4 = 0.0759 + 0.1865 + 0.1304 + 0.0629 = 0.4557$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan matriks $Y^T = [0.4777, 0.4981, 0.5369, 0.4557]$

4.3. Kesimpulan Perbandingan MOORA Score Metode Standar dan Sederhana

Dari perhitungan di 4.2. dan 4.3. terlihat bahwa pada kasus utama ini didapatkan perbedaan antara nilai antara metode perhitungan MOORA Score dengan metode standard maupun metode sederhana, dimana perhitungan sederhana menghasilkan nilai yang lebih besar dibandingkan dengan standard karena asumsi keseluruhan dianggap sebagai positif.

5. Menentukan Peringkat dan Rekomendasi

Pada langkah ini dibandingkan kedua hasil matriks Y^T dari dua teknik perhitungan MOORA Score dengan standar yang sama, yaitu semakin tinggi MOORA Score, maka peringkat akan lebih baik. Untuk lebih mudah perhatikan tabel peringkat yang didapatkan dengan mengurutkan matriks Y^T dari masing-masing perhitungan MOORA Score sebagai berikut:

Pemasok	Perhitungan Standar		Perhitungan Sederhana		Selisih Peringkat
	Score	Peringkat	Score	Peringkat	
S1	0.2495	3	0.4777	3	-
S2	0.2815	2	0.4981	2	-
S3	0.3227	1	0.5369	1	-
S4	0.1781	4	0.4557	4	-

Dari tabel didapatkan bahwa tidak ada selisih peringkat yang dihasilkan dengan menggunakan metode MOORA Score standar maupun sederhana. Dari perhitungan didapatkan bahwa peringkat pemasok tertinggi adalah S3 sehingga pemasok S3 direkomendasikan sebagai pemasok utama.

Hasil perhitungan ini selaras dengan hasil SAW dan TOPSIS karena perbedaan kedua metode ini hanya terletak pada perhitungan normalisasi dan cara perhitungan skor untuk melakukan pemeringkatan saja, sementara input matriks terbobot adalah sama.

5.3. Kesimpulan untuk MOORA

MOORA menggunakan rasio dari matriks terbobot sehingga lebih mudah dipahami dan diinterpretasikan serta intuitif untuk pengambil keputusan.

Pada kasus PT Nusapack Plastisindo, penerapan metode MOORA menghasilkan peringkat pemasok dengan S3 sebagai alternatif terbaik, diikuti oleh S2, S1, dan S4. Berdasarkan nilai optimasi MOORA, S3 ditetapkan sebagai pemasok utama karena memperoleh nilai agregat tertinggi setelah proses normalisasi rasio

dan pembobotan kriteria. Hasil ini menunjukkan bahwa kinerja unggul S3 pada aspek *quality*, *delivery*, dan *risk* mampu mengimbangi harga yang relatif lebih tinggi, sehingga paling sesuai dengan kebutuhan perusahaan.

Lampiran Komputasi Python

Komputasi Python untuk MOORA dituliskan dalam subbab ini dengan terlebih dahulu membahas tentang kode selanjutnya ekspektasi *output* yang dikeluarkan oleh kode tersebut. Komputasi ini dicontohkan untuk implementasi MOORA pada studi kasus pemilihan pemasok di kasus utama dengan metode perhitungan MOORA Score sederhana.

Kode

Berikut ini adalah *coding* Python dan hasilnya bagi jalannya langkah-langkah di atas. Kita mulai dengan *coding* Pythonnya. Kode terdiri dari kode untuk mendefinisikan fungsi dan kode untuk mendefinisikan *output*. Silakan disimak.

```
import NumPy as np

# =====
# INFORMASI KASUS
# =====

goal = "Menentukan supplier PP resin terbaik bagi PT
Nusapack Plastisindo"

criteria = [
    ("C1", "Cost"),
    ("C2", "Quality"),
    ("C3", "Delivery"),
    ("C4", "Risk")
]

alternatives = ["S1", "S2", "S3", "S4"]

# Bobot kriteria (konsisten dengan AHP, SAW, TOPSIS)
```

```

weights = np.array([0.172, 0.471, 0.284, 0.074])

# =====
# LANGKAH 1: MATRIKS KEPUTUSAN
# =====

X = np.array([
    [18000, 7, 95, 3],
    [19000, 8, 92, 2],
    [21000, 9, 98, 1],
    [16500, 6, 85, 6]
], dtype=float)

# =====
# FUNGSI MOORA
# =====

def normalize_moora(X):
    denom = np.sqrt((X ** 2).sum(axis=0))
    return X / denom

# =====
# OUTPUT AWAL
# =====

print("\n=====")
print("METODE MOORA - KASUS PT NUSAPACK PLASTISINDO")
print("=====")

# -----
# Tujuan
# -----
print("\nTUJUAN KEPUTUSAN:")
print(goal)

# -----
# Kriteria
# -----
print("\nKRITERIA:")
for c in criteria:
    print(f"{c[0]} - {c[1]}")

# -----
# Alternatif
# -----

```

```

print("\nPEMASOK ALTERNATIF:")
for a in alternatives:
    print(a)

# =====
# OUTPUT LANGKAH 1
# =====

print("\n===== LANGKAH 1 =====")
print("Matriks Keputusan (X):")
print(X)

# =====
# OUTPUT LANGKAH 2
# =====

X_star = normalize_moora(X)

print("\n===== LANGKAH 2 =====")
print("Matriks Normalisasi (X*):")
print(np.round(X_star, 4))

# =====
# OUTPUT LANGKAH 3
# =====

X_star_star = X_star * weights

print("\n===== LANGKAH 3 =====")
print("Matriks Normalisasi Terbobot (X**):")
print(np.round(X_star_star, 4))

# =====
# OUTPUT LANGKAH 4
# =====

moora_scores = X_star_star.sum(axis=1)

print("\n===== LANGKAH 4=====")
print("Nilai Optimasi MOORA:")
for a, score in zip(alternatives, moora_scores):
    print(f"{a}: {score:.4f}")

# =====
# OUTPUT LANGKAH 5

```

```
# =====

ranking = sorted(
    zip(alternatives, moora_scores),
    key=lambda x: x[1],
    reverse=True
)

print("\n===== LANGKAH 5 =====")
print("Peringkat Supplier Berdasarkan MOORA:")

for i, (a, score) in enumerate(ranking, start=1):
    print(f"Peringkat {i}: {a} (Nilai MOORA = {score:.4f})")

print("\nSUPPLIER TERPILIH SEBAGAI PEMASOK UTAMA:")
print(ranking[0][0])
```

Output

Adapun *output*-nya adalah

```
=====
METODE MOORA – KASUS PT NUSAPACK PLASTISINDO
=====
```

TUJUAN KEPUTUSAN:

Menentukan *supplier* PP resin terbaik bagi PT Nusapack Plastisindo

KRITERIA:

- C1 – *Cost*
- C2 – *Quality*
- C3 – *Delivery*
- C4 – *Risk*

PEMASOK ALTERNATIF:

- S1
- S2
- S3
- S4

```
===== LANGKAH 1 =====
```

Matriks Keputusan (X):

```
[[1.80e+04 7.00e+00 9.50e+01 3.00e+00]
 [1.90e+04 8.00e+00 9.20e+01 2.00e+00]
```

```
[2.10e+04 9.00e+00 9.80e+01 1.00e+00]
[1.65e+04 6.00e+00 8.50e+01 6.00e+00]]
```

===== LANGKAH 2 =====

Matriks Normalisasi (X^*):

```
[[0.4814 0.4616 0.5128 0.4243]
 [0.5081 0.5275 0.4966 0.2828]
 [0.5616 0.5934 0.529 0.1414]
 [0.4413 0.3956 0.4588 0.8485]]
```

===== LANGKAH 3 =====

Matriks Normalisasi Terbobot (X^{**}):

```
[[0.0828 0.2174 0.1456 0.0314]
 [0.0874 0.2485 0.141 0.0209]
 [0.0966 0.2795 0.1502 0.0105]
 [0.0759 0.1863 0.1303 0.0628]]
```

===== LANGKAH 4 =====

Nilai Optimasi MOORA:

S1: 0.4772

S2: 0.4978

S3: 0.5368

S4: 0.4553

===== LANGKAH 5 =====

Peringkat *Supplier* Berdasarkan MOORA:

Peringkat 1: S3 (Nilai MOORA = 0.5368)

Peringkat 2: S2 (Nilai MOORA = 0.4978)

Peringkat 3: S1 (Nilai MOORA = 0.4772)

Peringkat 4: S4 (Nilai MOORA = 0.4553)

SUPPLIER TERPILIH SEBAGAI PEMASOK UTAMA:

S3

6.

Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations (PROMETHEE)

PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*) menggunakan konsep preferensi untuk mengevaluasi dan me-*ranking* alternatif berdasarkan kriteria yang berbeda. Metode ini memungkinkan pengambil keputusan untuk memasukkan preferensi subjektif dalam proses penilaian dan memberikan peringkat yang lebih terperinci serta sistematis.

6.1. Konsep Dasar dan Langkah Utama

PROMETHEE adalah metode pengambilan keputusan multikriteria yang dikembangkan oleh Jean-Pierre Brans dan Ph.D. Vincent Mareschal pada awal 1980-an (Brans *et al.*, 1986; Brans & Vincke, 1985). Metode ini dirancang untuk membantu pengambil keputusan dalam situasi di mana berbagai alternatif harus dievaluasi berdasarkan beberapa kriteria yang sering kali bertentangan satu sama lain (Mateo, 2012). PROMETHEE adalah salah satu metode dalam keluarga metode pengambilan keputusan berbasis preferensi, yang juga termasuk metode seperti AHP (Analytic Hierarchy Process) dan ELECTRE (Brans *et al.*, 1986; Macharis *et al.*, 2004).

Berikut adalah langkah-langkah terperinci untuk menerapkan metode PROMETHEE (Beynon & Barton, 2012):

1. Menentukan Alternatif dan Kriteria Keputusan

Langkah ini bertujuan untuk menetapkan secara eksplisit alternatif yang akan dibandingkan serta kriteria yang

digunakan sebagai dasar evaluasi. Tahapan ini bersifat konseptual, sehingga belum melibatkan perhitungan numerik, namun sangat penting sebagai fondasi awal agar proses pengambilan keputusan selanjutnya berjalan secara sistematis dan terarah.

2. Menentukan Tipe Fungsi Preferensi dan Parameter (*Threshold*)
Tujuan Langkah 2 adalah menetapkan bentuk fungsi preferensi yang digunakan untuk mengukur derajat keunggulan suatu pemasok terhadap pemasok lain pada setiap kriteria. Pada tahap ini belum dilakukan perhitungan preferensi berpasangan maupun perhitungan flow, melainkan hanya menentukan jenis fungsi preferensi yang akan digunakan secara konsisten pada langkah-langkah analisis berikutnya.

Dalam metode PROMETHEE, preferensi digunakan untuk menjelaskan seberapa jauh satu alternatif dianggap lebih baik dibandingkan alternatif lain pada satu kriteria tertentu. Penilaian ini tidak melihat nilai kinerja secara terpisah, tetapi berfokus pada perbedaan kinerja antaralternatif. Oleh karena itu, digunakan selisih kinerja

$$d = f(a) - f(b),$$

yang menunjukkan perbedaan kinerja alternatif a terhadap alternatif b setelah jenis kriteria diseragamkan (*benefit* atau *cost*). Dalam praktik pengambilan keputusan, yang lebih penting bukanlah nilai absolut suatu alternatif, melainkan seberapa besar perbedaannya dibandingkan alternatif lain.

Selisih kinerja tersebut kemudian diubah menjadi **nilai preferensi melalui fungsi $P(d)$** , dengan nilai antara 0 dan 1. Nilai $P(d) = 0$ berarti tidak ada perbedaan yang berarti sehingga kedua alternatif dianggap setara, sedangkan $P(d) = 1$ menunjukkan bahwa satu alternatif jelas lebih baik daripada yang lain. Dengan cara ini, PROMETHEE memungkinkan penilaian yang lebih bertahap dan realistis, tidak sekadar memilih “lebih baik” atau “tidak”.

Pada beberapa jenis fungsi preferensi, digunakan ambang batas (*threshold*) untuk mencerminkan cara manusia menilai perbedaan. **Ambang ketidakpedulian q** menunjukkan bahwa perbedaan kinerja yang sangat kecil masih dianggap tidak penting, sedangkan ambang preferensi p menunjukkan batas di mana perbedaan sudah cukup besar untuk menimbulkan preferensi yang jelas. Hal ini mencerminkan kenyataan bahwa pengambil keputusan tidak selalu peka terhadap perubahan kecil.

Dalam situasi tertentu, terutama ketika data bersifat kontinu dan sensitif, digunakan fungsi **preferensi Gaussian dengan parameter σ** . Parameter ini mengatur seberapa cepat nilai preferensi meningkat, sehingga perubahan preferensi terjadi secara halus dan bertahap, bukan tiba-tiba. Pendekatan Gaussian digunakan agar penilaian lebih stabil dan mendekati cara berpikir manusia dalam membedakan alternatif. Secara keseluruhan, penggunaan selisih kinerja, fungsi preferensi $P(d)$, ambang batas, dan fungsi Gaussian membuat PROMETHEE mampu memodelkan proses pengambilan keputusan secara lebih fleksibel dan mudah dipahami.

Terdapat enam fungsi preferensi dalam metode PROMETHEE yang memiliki konsep yang berbeda. Pemilihan fungsi preferensi ditentukan oleh karakteristik kriteria dan kebijakan pengambil keputusan. Metode PROMETHEE memungkinkan penggunaan fungsi preferensi yang berbeda pada setiap kriteria, sehingga meningkatkan fleksibilitas dan realisme dalam pemodelan pengambilan keputusan. Konsep masing-masing fungsi preferensi adalah sebagai berikut, dalam konsep tersebut juga dituliskan formula yang digunakan untuk Langkah 3:

2.a. Tipe I: Kriteria Umum

Fungsi preferensi Kriteria Umum merupakan bentuk paling sederhana dalam PROMETHEE. Pada fungsi ini, setiap perbedaan kinerja sekecil apa pun langsung dianggap

sebagai preferensi penuh, tanpa mempertimbangkan ambang batas tertentu. Jika kinerja dua alternatif sama atau alternatif pertama tidak lebih baik, maka tidak ada preferensi. Fungsi ini cocok digunakan ketika setiap perbedaan dianggap signifikan dan pengambil keputusan bersifat sangat tegas dalam membedakan alternatif.

Kata Kunci:

Setiap perbedaan sekecil apa pun langsung dianggap sebagai preferensi penuh.

Formula untuk langkah 3:

$$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ 1, & d > 0 \end{cases}$$

2.b. Tipe II: Kriteria U-Shape

Fungsi preferensi Kriteria U-Shape memperkenalkan ambang ketidakpedulian (*indifference threshold*). Perbedaan kinerja yang berada di bawah atau sama dengan ambang ini dianggap tidak signifikan, sehingga tidak menimbulkan preferensi. Namun, jika perbedaan kinerja melebihi ambang tersebut, maka preferensi langsung menjadi penuh. Fungsi ini sesuai untuk kriteria yang perbedaan kecilnya dapat diabaikan, tetapi perbedaan yang cukup besar harus dibedakan secara tegas.

Kata Kunci:

Perbedaan kecil hingga ambang preferensi q dianggap tidak signifikan (*indifferent*).

Formula untuk langkah 3:

$$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ 1, & d > q \end{cases}$$

2.c. Tipe III: Kriteria V-Shape

Pada Kriteria V-Shape, tidak terdapat zona ketidakpedulian. Preferensi mulai muncul segera ketika terdapat perbedaan kinerja, dan meningkat secara linier

hingga mencapai preferensi penuh pada ambang preferensi tertentu. Fungsi ini digunakan ketika setiap perbedaan dianggap relevan, namun tingkat preferensi meningkat secara bertahap seiring bertambahnya selisih kinerja.

Kata Kunci:

Preferensi meningkat secara linier seiring bertambahnya perbedaan, tanpa zona ketidakpedulian.

Formula untuk langkah 3:

$$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ \frac{d}{p}, & 0 < d < p \\ 1, & d \geq p \end{cases}$$

2.d. Tipe IV: Kriteria Level

Fungsi preferensi Kriteria Level membagi preferensi ke dalam tiga tingkat, yaitu tidak ada preferensi, preferensi lemah, dan preferensi penuh. Fungsi ini menggunakan dua ambang batas, yaitu ambang ketidakpedulian dan ambang preferensi. Pendekatan ini mencerminkan kondisi di mana pengambil keputusan mengenali adanya perbedaan, tetapi membedakan tingkat kekuatannya secara diskret, bukan kontinu.

Kata Kunci:

Terdapat tiga tingkat penilaian: tidak ada preferensi, preferensi lemah, dan preferensi penuh.

Formula untuk langkah 3:

$$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ 0.5, & q < d \leq p \\ 1, & d > p \end{cases}$$

2.e. Tipe V: V-Shape with Kriteria Indiferens

Fungsi V-Shape with Kriteria Indiferens merupakan pengembangan dari Kriteria V-Shape dengan penambahan zona ketidakpedulian. Perbedaan kinerja di bawah ambang

ketidakpedulian dianggap tidak signifikan, sedangkan setelah melewati ambang tersebut, preferensi meningkat secara linier hingga mencapai nilai maksimum. Fungsi ini banyak digunakan karena mampu menggabungkan fleksibilitas dan realisme dalam penilaian preferensi.

Kata Kunci:

Menggabungkan zona ketidakpedulian dan peningkatan preferensi secara linier.

Formula untuk langkah 3:

$$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq q \\ \frac{d - q}{p - q}, & q < d < p \\ 1, & d \geq p \end{cases}$$

2.f. Tipe VI: Kriteria Gauss

Fungsi preferensi Kriteria Gauss menggunakan kurva Gaussian untuk memodelkan preferensi yang kontinu dan halus. Preferensi meningkat secara bertahap seiring bertambahnya selisih kinerja, tanpa perubahan yang tiba-tiba. Fungsi ini sangat cocok untuk kriteria yang sensitif terhadap variasi kecil dan ketika pengambil keputusan menginginkan transisi preferensi yang stabil dan alami. Parameter sebaran mengontrol tingkat kelandaian kurva preferensi.

Kata Kunci:

Preferensi meningkat secara halus dan kontinu mengikuti kurva Gaussian, cocok untuk data yang sensitif terhadap fluktuasi kecil.

Formula untuk langkah 3:

$$P(d) = \begin{cases} 0, & d \leq 0 \\ 1 - \exp\left(-\frac{d^2}{2\sigma^2}\right), & d > 0 \end{cases}$$

3. Menghitung derajat preferensi berpasangan untuk setiap kriteria

Pada langkah ini, untuk setiap pasangan alternatif (a, b) pada kriteria ke- j , terlebih dahulu dihitung selisih kinerja dengan formula:

$$d_j(a, b) = f_j(a) - f_j(b)$$

Nilai selisih kinerja yang kemudian dipetakan ke dalam fungsi preferensi:

$$P_j(a, b) = P_j(d_j)$$

dengan $0 \leq P_j(a, b) \leq 1$, yang menyatakan derajat preferensi alternatif a terhadap b pada kriteria ke- j . Adapun hasil dari Langkah 3 ini belum dirangkum dan belum berbobot.

Seperti ditunjukkan pada 2.a. – 2.f., formula derajat preferensi berbeda untuk setiap tipe fungsi preferensi. Hal ini karena setiap fungsi dirancang untuk mewakili cara pandang yang berbeda dalam menilai perbedaan kinerja antaralternatif. Dalam pengambilan keputusan nyata, pengambil keputusan tidak selalu merespons perbedaan kinerja dengan cara yang sama. Pada beberapa kriteria, selisih kecil sudah dianggap penting, sementara pada kriteria lain selisih tersebut masih dapat diabaikan. Perbedaan cara berpikir inilah yang diwujudkan melalui variasi formula fungsi preferensi.

Perbedaan formula juga berkaitan dengan tingkat sensitivitas terhadap selisih kinerja. Fungsi preferensi sederhana menghasilkan perubahan preferensi yang langsung dan tegas, sedangkan fungsi lain dirancang agar preferensi meningkat secara bertahap. Selain itu, keberadaan atau ketiadaan ambang batas (*threshold*) dalam formula mencerminkan adanya toleransi terhadap perbedaan kecil. Ambang ini memungkinkan model meniru cara manusia menilai perbedaan, yaitu tidak selalu peka terhadap perubahan yang sangat kecil.

Dengan demikian, perbedaan formula derajat preferensi bukan bertujuan untuk mempersulit perhitungan, melainkan untuk memberikan fleksibilitas dalam memodelkan perilaku pengambilan keputusan. Melalui berbagai bentuk fungsi preferensi, metode PROMETHEE mampu menyesuaikan perhitungan preferensi dengan karakteristik kriteria dan cara penilaian pengambil keputusan, sehingga hasil pemeringkatan menjadi lebih realistis dan mudah dipahami.

4. Menghitung indeks preferensi agregat antaralternatif

Langkah ini menggabungkan derajat preferensi berpasangan pada seluruh kriteria menjadi satu nilai indeks preferensi agregat untuk setiap pasangan alternatif (a, b) . Indeks ini menyatakan seberapa kuat a lebih disukai daripada b secara keseluruhan.

Dalam metode PROMETHEE, rumus indeks preferensi agregat bersifat sama untuk semua tipe fungsi preferensi. Perbedaan antartipe fungsi preferensi hanya memengaruhi nilai derajat preferensi berpasangan pada masing-masing kriteria, sedangkan proses penggabungan preferensi ke tingkat agregat dilakukan dengan formula yang identik.

Indeks preferensi agregat antara dua alternatif (a, b) dihitung sebagai:

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^n w_j P_j(a, b)$$

Dengan:

- $\pi(a, b)$ adalah indeks preferensi agregat alternatif a terhadap b ,
- w_j adalah bobot kriteria ke- j ,
- $P_j(a, b)$ adalah derajat preferensi pada kriteria ke- j , yang dihitung sesuai tipe fungsi preferensi yang dipilih.

Dengan demikian, meskipun formula $P_j(a, b)$ berbeda untuk setiap tipe fungsi preferensi (Usual, U-Shape, V-Shape, Gaussian, dan sebagainya), formula indeks preferensi agregat

tetap sama. Hal ini memastikan bahwa PROMETHEE memiliki struktur agregasi yang konsisten, sementara fleksibilitas model diperoleh dari pemilihan fungsi preferensi pada tingkat kriteria.

Pendekatan ini memungkinkan pengambil keputusan untuk menyesuaikan cara menilai perbedaan kinerja tanpa mengubah mekanisme agregasi, sehingga metode PROMETHEE tetap sederhana, sistematis, dan mudah dipahami.

5. Menghitung *Leaving Flow* dan *Entering Flow*

Tujuan Langkah 5 adalah mengukur kekuatan preferensi relatif setiap pemasok melalui dua indikator utama, yaitu *leaving flow* (φ^+) dan *entering flow* (φ^-). *Leaving flow* menunjukkan seberapa kuat suatu pemasok mengungguli pemasok lain, sedangkan *entering flow* mencerminkan seberapa kuat pemasok tersebut dikalahkan oleh pemasok lain.

Kedua ukuran ini dihitung berdasarkan indeks preferensi agregat yang diperoleh pada Langkah 4 dan menjadi dasar untuk memahami posisi kompetitif setiap pemasok dalam keseluruhan sistem perbandingan.

Formulasi untuk *leaving flow* dan *entering flow* adalah sebagai berikut:

***Leaving Flow* (φ^+)**

$$\varphi^+(a) = \frac{1}{m-1} \sum_{\substack{b \in A \\ b \neq a}} \pi(a, b)$$

***Entering Flow* (φ^-)**

$$\varphi^-(a) = \frac{1}{m-1} \sum_{\substack{b \in A \\ b \neq a}} \pi(b, a)$$

dengan:

- A : himpunan seluruh alternatif
- m : jumlah alternatif

- $\pi(a, b)$: indeks preferensi agregat alternatif a terhadap alternatif b
- $\varphi^+(a)$: *leaving flow* alternatif a , menunjukkan kekuatan keunggulan terhadap alternatif lain
- $\varphi^-(a)$: *entering flow* alternatif a , menunjukkan tingkat kekalahan terhadap alternatif lain

6. Menghitung *Net Flow* dan Menentukan Peringkat Akhir

Tujuan Langkah 6 adalah menentukan peringkat akhir pemasok dengan menghitung *net flow*, yaitu selisih antara *leaving flow* (φ^+) dan *entering flow* (φ^-). Oleh karena itu *net flow* untuk alternatif i dihitung berdasarkan formula berikut ini

$$\varphi(i) = \varphi^+(i) - \varphi^-(i)$$

Nilai *net flow* mencerminkan posisi relatif setiap alternatif secara keseluruhan. Semakin besar dan positif nilai *net flow*, semakin kuat alternatif tersebut karena lebih banyak mengungguli alternatif lain daripada dikalahkan. Peringkat akhir ditentukan dengan mengurutkan alternatif berdasarkan nilai *net flow* dari yang tertinggi hingga terendah, di mana alternatif dengan nilai tertinggi dinilai sebagai yang terbaik.

6.2. Implementasi pada Kasus Utama

PROMETHEE diimplementasikan pada kasus pemilihan pemasok utama yang telah terdapat di Bab 2 dengan tujuan: memilih pemasok utama Resin Polyethylene untuk PT. Nusapack Plastics dengan 4 kriteria yaitu C1 Biaya, C2 Kualitas, C3 Pengantaran dan C4 Risiko, dan 4 pemasok yaitu S1, S2, S3, S4.

Penerapan PROMETHEE sesuai dengan langkah-langkahnya sebagai berikut, yang mana disusun sesuai dengan Gambar 7 yang menunjukkan diagram alir metode ini pada pemilihan pemasok. Sementara Langkah-langkah PROMETHEE dirinci sebagai berikut.

1. Menentukan Alternatif dan Kriteria Keputusan

Tujuan dari keputusan permasalahan MCDM adalah “menentukan pemasok resin Polypropylene terbaik bagi PT. Nusapack Plastisindo”.

Pemasok alternatifnya adalah seperti pada Tabel 1, yaitu S1, S2, S3, S4.

Kriteria evaluasi yang ditetapkan adalah seperti pada Tabel 2, yaitu C1 (Biaya), C2 (Kualitas), C3 (Ketepatan Pengiriman), C4 (Risiko).

2. Menentukan Tipe Fungsi Preferensi dan Parameter (*Threshold*)

Dalam penelitian ini, seluruh kriteria evaluasi, yaitu C1, C2, C3, C4 ditetapkan menggunakan fungsi preferensi Kriteria Umum (Tipe I) pada metode PROMETHEE. Pemilihan Tipe I berarti tidak digunakan parameter ambang batas (*threshold*), sehingga skala preferensi yang diterapkan bersifat biner, yaitu bernilai 0 atau 1.

Dengan pendekatan ini, setiap perbedaan kinerja antarpemasok, sekecil apa pun, langsung dianggap relevan dalam proses pengambilan keputusan. Pemilihan fungsi preferensi Kriteria Umum (Tipe I) didasarkan pada pertimbangan bahwa seluruh kriteria dapat dibandingkan secara tegas dan objektif, serta tidak memerlukan toleransi terhadap perbedaan kecil. Dalam konteks pemilihan pemasok, baik dari sisi biaya, mutu, ketepatan pengiriman, maupun risiko, setiap keunggulan satu pemasok terhadap pemasok lain dianggap penting dan layak diperhitungkan. Oleh karena itu, penggunaan ambang ketidakpedulian atau ambang preferensi tidak diperlukan.

Dengan konfigurasi ini, untuk setiap pasangan pemasok (S_i, S_j) dan setiap kriteria, evaluasi dilakukan secara sederhana, yaitu menentukan apakah S_i lebih disukai daripada S_j atau tidak. Pendekatan ini menghasilkan model yang mudah dipahami, transparan, dan konsisten, serta sesuai untuk pengambilan keputusan yang menuntut kejelasan dan ketegasan dalam pemeringkatan pemasok.

3. Menghitung Derajat Preferensi Berpasangan untuk Setiap Kriteria

Pada penerapannya kita dapat dibedakan antara jenis kriteria *benefit* maupun *cost*. Input dari derajat preferensi adalah matriks kinerja dari Tabel 3. Kita ingat kembali matriks kinerja sebagai berikut:

$$X = \begin{bmatrix} 18000 & 7 & 95 & 3 \\ 19000 & 8 & 92 & 2 \\ 21000 & 9 & 98 & 1 \\ 16500 & 6 & 85 & 6 \end{bmatrix}$$

Derajat preferensi berpasangan dihitung untuk setiap kriteria sebagai berikut:

3.a. Perhitungan untuk C1 (Biaya)

C1 termasuk kriteria *cost* (minimalisasi) sehingga preferensi 1 adalah jika lebih kecil, dan preferensi 0 jika sebaliknya, maka didapatkan tabel perhitungan sebagai berikut.

	S1	S2	S3	S4
S1	–	1	1	0
S2	0	–	1	0
S3	0	0	–	0
S4	1	1	1	–

Perlu diperhatikan bahwa untuk pasangan $(S3, S1)$, nilai biaya $S3 = 21.000$, biaya $S1 = 18.000$ sehingga $P_1(S3, S1) = 0$ (karena $21000 > 18000$). $P_1(S3, S1)$ adalah nilai perbandingan berpasangan antara S3 dan S1 untuk kriteria 1. Nilai $P_1(S3, S1)$ tentu saja dapat berbeda dengan $P_1(S1, S3)$ karena menyesuaikan dengan perhitungan formula dari fungsi preferensi yang telah ditetapkan pada Langkah 2.

3.b. Perhitungan untuk C2 (Kualitas) – *Benefit* (Maksimalisasi)

C2 termasuk kriteria kualitas (maksimalisasi) sehingga preferensi bernilai 1 diberikan apabila nilai kualitas suatu pemasok lebih besar, dan preferensi bernilai 0 jika sebaliknya. Berdasarkan ketentuan tersebut, diperoleh tabel perhitungan preferensi berpasangan sebagai berikut. Perhatikan untuk pasangan (S1, S3), nilai kualitas S1 = 7, kualitas S3 = 9 sehingga $P_2(S1, S3) = 0$ (karena $7 < 9$).

	S1	S2	S3	S4
S1	–	0	0	1
S2	1	–	0	1
S3	1	1	–	1
S4	0	0	0	–

3.c. Perhitungan untuk C3 (Ketepatan Pengiriman) – *Benefit* (Maksimalisasi)

Perhitungan C3 selaras dengan C3, maka tabel berikut merangkum perhitungannya

	S1	S2	S3	S4
S1	–	1	0	1
S2	0	–	0	1
S3	1	1	–	1
S4	0	0	0	–

3.d. Perhitungan untuk C4 (Risiko)

Perhitungan untuk C4 selaras dengan C1 sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

	S1	S2	S3	S4
S1	–	0	0	1
S2	1	–	0	1
S3	1	1	–	1
S4	0	0	0	–

3.e. Merangkum Vektor Preferensi (Jumlah Preferensi Per Pemasok)

Vektor preferensi dihitung sebagai jumlah preferensi untuk setiap kriteria, didapatkan sebagai berikut.

Pemasok	Cost	Quality	Delivery	Risk
S1	2	1	2	1
S2	1	2	1	2
S3	0	3	3	3
S4	3	0	0	0

Vektor ini tidak wajib untuk ada dalam perhitungan, namun untuk mempermudah langkah selanjutnya, kita perlu menerjemahkan vektor ini menjadi bentuk pasangan sesuai dengan kriteria-nya sebagai berikut. Perhatikan bahwa nilai untuk *cell* (S_2, S_1) dirangkumkan dari $P_1(S_2, S_1), P_2(S_2, S_1), P_3(S_2, S_1)$, dan $P_4(S_2, S_1)$ berturut-turut.

	S1	S2	S3	S4
S1	-	[1 0 1 0]	[1 0 0 0]	[0 1 1 1]
S2	[0 1 0 1]	-	[1 0 0 0]	[0 1 1 1]
S3	[0 1 1 1]	[0 1 1 1]	-	[0 1 1 1]
S4	[1 0 0 0]	[1 0 0 0]	[1 0 0 0]	-

4. Menghitung Indeks Preferensi Agregat Antar-Alternatif

Indeks preferensi agregat dihitung dengan menggunakan bobot kriteria w_j . Untuk menjaga konsistensi, maka digunakan matriks bobot yang sama dengan SAW, AHP, dan metode lainnya sebagai berikut: $w^T = [0.172, 0.471, 0.284, 0.074]$.

Perhitungan untuk indeks preferensi agregat dihitung dengan mengalikan nilai preferensi per kriteria dengan bobotnya sehingga sebagai berikut:

4.a. Baris pada S1

Terdapat tiga perbandingan masing-masing sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\pi(S_1, S_2) &= 0.172(1) + 0.471(0) + 0.284(1) + 0.074(0) = 0.456 \\ \pi(S_1, S_3) &= 0.172(1) + 0.471(0) + 0.284(0) + 0.074(0) = 0.172 \\ \pi(S_1, S_4) &= 0.172(0) + 0.471(1) + 0.284(1) + 0.074(1) = 0.829\end{aligned}$$

4.b. Baris pada S2

$$\begin{aligned}\pi(S_2, S_1) &= 0.172(0) + 0.471(1) + 0.284(0) + 0.074(1) = 0.545 \\ \pi(S_2, S_3) &= 0.172(1) + 0.471(0) + 0.284(0) + 0.074(0) = 0.172 \\ \pi(S_2, S_4) &= 0.172(1) + 0.471(0) + 0.284(0) + 0.074(0) = 0.172\end{aligned}$$

4.c. Baris pada S3

$$\begin{aligned}\pi(S_3, S_1) &= 0.172(0) + 0.471(1) + 0.284(1) + 0.074(1) = 0.829 \\ \pi(S_3, S_2) &= 0.172(0) + 0.471(1) + 0.284(1) + 0.074(1) = 0.829 \\ \pi(S_3, S_4) &= 0.172(0) + 0.471(1) + 0.284(1) + 0.074(1) = 0.829\end{aligned}$$

4.d. Baris pada S4

$$\begin{aligned}\pi(S_4, S_1) &= 0.172(1) + 0.471(0) + 0.284(0) + 0.074(0) = 0.172 \\ \pi(S_4, S_2) &= 0.172(1) + 0.471(0) + 0.284(0) + 0.074(0) = 0.172 \\ \pi(S_4, S_3) &= 0.172(1) + 0.471(0) + 0.284(0) + 0.074(0) = 0.172\end{aligned}$$

4.e. Membuat Rangkuman

Tabel berikut ini adalah ringkasan nilai $\pi(S_i, S_j)$ untuk seluruh pasangan $i \neq j$.

$\pi(S_i, S_j)$	S1	S2	S3	S4
S1	–	0.456	0.172	0.829
S2	0.545	–	0.172	0.829
S3	0.829	0.829	–	0.829
S4	0.172	0.172	0.172	–

Perlu diperhatikan bahwa nilai 0 berarti tidak ada preferensi; nilai lebih besar berarti preferensi lebih kuat, dan tidak dimungkinkan adanya preferensi antarsesama kriteria.

5. Menghitung *Leaving Flow* dan *Entering Flow*

Perhitungan *leaving flow* dan *entering flow* dihitung untuk setiap pemasok alternatif sebagai berikut:

5.a. Perhitungan Pemasok S1

$$\text{Leaving flow: } \varphi^+(S1) = \frac{0.456+0.172+0.829}{3} = 0.486$$

$$\text{Entering flow: } \varphi^-(S1) = \frac{0.545+0.829+0.172}{3} = 0.515$$

5.b. Perhitungan Pemasok S2

$$\text{Leaving flow: } \varphi^+(S2) = \frac{0.545+0.172+0.829}{3} = 0.515$$

$$\text{Entering flow: } \varphi^-(S2) = \frac{0.456+0.829+0.172}{3} = 0.486$$

5.c. Perhitungan Pemasok S3

$$\text{Leaving flow: } \varphi^+(S3) = \frac{0.829+0.829+0.829}{3} = 0.829$$

$$\text{Entering flow: } \varphi^-(S3) = \frac{0.172+0.172+0.172}{3} = 0.172$$

5.d. Perhitungan Pemasok S4

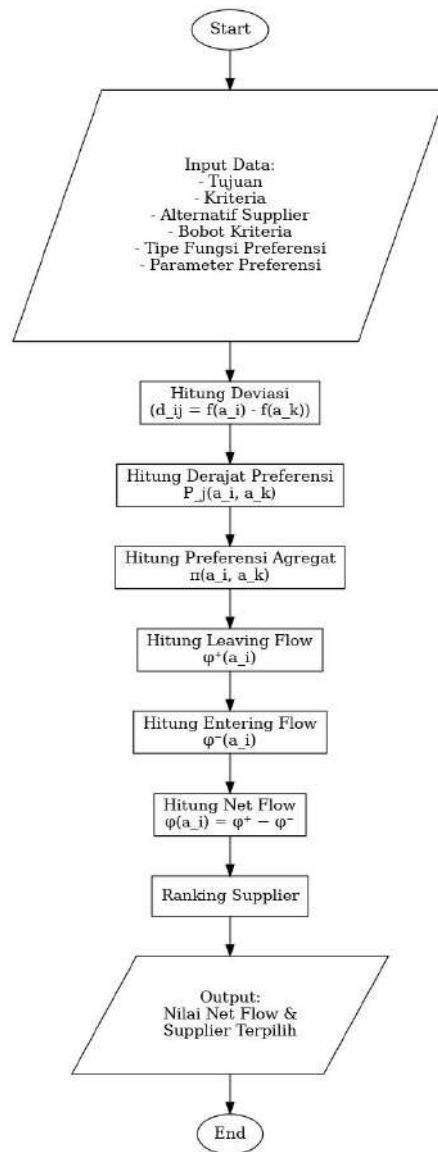
$$\text{Leaving flow: } \varphi^+(S4) = \frac{0.172+0.172+0.172}{3} = 0.172$$

$$\text{Entering flow: } \varphi^-(S4) = \frac{0.829+0.829+0.829}{3} = 0.829$$

6. Menghitung *net flow* dan menentukan peringkat akhir
Perhitungan *net flow* untuk setiap pemasok alternatif adalah sebagai berikut:

Pemasok	φ^+	φ^-	Perhitungan	Peringkat
S1	0.486	0.515	$\varphi(S1)$ $= 0.486$ $- 0.515$ $= -0.029$	3
S2	0.515	0.486	$\varphi(S2)$ $= 0.515$ $- 0.$ $= 0.029$	2
S3	0.829	0.172	$\varphi(S3)$ $= 0.829$ $- 0.172$ $= 0.657$	1
S4	0.172	0.829	$\varphi(S4)$ $= 0.172$ $- 0.829$ $= -0.657$	4

Berdasarkan hasil akhir analisis menggunakan metode PROMETHEE, diperoleh peringkat pemasok dengan S3 sebagai alternatif terbaik, diikuti oleh S2, S1, dan S4.



Gambar 7. Gambar Diagram Alir Pemilihan pemasok dengan Metode PROMETHEE

Nilai *net flow* tertinggi yang dimiliki S3 menunjukkan bahwa pemasok ini lebih banyak mengungguli pemasok lain dibandingkan dikalahkan dalam seluruh perbandingan kriteria. Oleh karena itu, S3 ditetapkan sebagai pemasok utama, yang mencerminkan keunggulan kinerjanya terutama sebagai pemasok internasional dengan kualitas yang tinggi dan konsisten.

6.3. Kesimpulan untuk PROMETHEE

Kesuksesan metode PROMETHEE tergantung pada pemilihan fungsi preferensi disesuaikan dengan sifat masing-masing kriteria serta pertimbangan pengambil keputusan. PROMETHEE juga memungkinkan setiap kriteria dapat menggunakan fungsi preferensi yang berbeda, sehingga model keputusan menjadi lebih fleksibel dan mampu merepresentasikan kondisi nyata secara lebih akurat.

Berdasarkan hasil akhir metode PROMETHEE, diperoleh peringkat pemasok dengan S3 sebagai alternatif terbaik, diikuti oleh S2, S1, dan S4. Dengan mempertimbangkan seluruh preferensi kriteria secara komprehensif, S3 ditetapkan sebagai pemasok utama karena memiliki nilai aliran preferensi tertinggi, yang mencerminkan keunggulan kinerja terutama pada aspek kualitas sebagai pemasok internasional. Keputusan ini menunjukkan bahwa PROMETHEE mampu memberikan pemeringkatan yang konsisten dan mendukung pengambilan keputusan yang objektif.

Lampiran Komputasi Python

Komputasi Python metode PROMETHEE untuk penerapan pemilihan pemasok pada kasus utama disajikan dalam subbab ini. Kode yang dibangun terdiri dari kode untuk input data, kode untuk fungsi perhitungan dan kode untuk *print* hasil sesuai dengan langkah perhitungan.

Pembaca akan perlu menyadari bahwa dalam kode ini tidak dilakukan pemisahan dalam perhitungan preferensi berdasarkan jenis kriteria (*benefit* atau *cost*) dalam penentuan derajat preferensi, yang

mengakibatkan perbedaan nilai indeks preferensi, *leaving* and *entering flow* serta *net flow*. Namun, hasil akhir tetap sama dengan perhitungan manual yang telah ditunjukkan sebelumnya. Hal ini menunjukkan konsistensi dari data dan metode PROMETHEE.

Kode

Sama seperti bab dan teknik sebelumnya kode komputasi Python untuk PROMETHEE dibangun hanya dengan NumPy saja. *Coding* Python untuk PROMETHEE diberikan sesuai dengan diagram alir, dengan kode penyajian *output* juga sesuai dengan langkah-langkah diagram alir, sebagai berikut:

```
import NumPy as np

# =====
# INFORMASI KASUS
# =====

goal = "Menentukan supplier PP resin terbaik bagi PT
Nusapack Plastisindo"

criteria = [
    ("C1", "Cost"),
    ("C2", "Quality"),
    ("C3", "Delivery"),
    ("C4", "Risk")
]

alternatives = ["S1", "S2", "S3", "S4"]

# Bobot kriteria (konsisten dengan AHP, SAW, TOPSIS, MOORA)
weights = np.array([0.172, 0.471, 0.284, 0.074])

# =====
# LANGKAH 1: MATRIKS KEPUTUSAN
# =====

X = np.array([
    [18000, 7, 95, 3],
    [19000, 8, 92, 2],
    [21000, 9, 98, 1],
```

```

    [16500, 6, 85, 6]
], dtype=float)

# =====
# FUNGSI PROMETHEE
# =====

# Fungsi preferensi Usual (Tipe I)
def preference_usual(a, b):
    return 1 if a > b else 0

# =====
# OUTPUT AWAL
# =====

print("\n=====")
print("METODE PROMETHEE - KASUS PT NUSAPACK PLASTISINDO")
print("=====")

# -----
# Tujuan
# -----
print("\nTUJUAN KEPUTUSAN:")
print(goal)

# -----
# Kriteria
# -----
print("\nKRITERIA:")
for c in criteria:
    print(f"{c[0]} - {c[1]}")

# -----
# Alternatif
# -----
print("\nPEMASOK ALTERNATIF:")
for a in alternatives:
    print(a)

# =====
# OUTPUT LANGKAH 1
# =====

print("\n===== LANGKAH 1 =====")
print("Matriks Keputusan (X):")

```

```

print(X)

# =====
# OUTPUT LANGKAH 2
# =====

print("\n===== LANGKAH 2 =====")
print("Fungsi Preferensi:")
print("Semua kriteria menggunakan Usual Preference Function (Tipe I)")
print("P(a,b) = 1 jika  $a > b$ , dan 0 jika  $a \leq b$ ")

# =====
# OUTPUT LANGKAH 3
# =====

n_alt = len(alternatives)
n_crit = len(criteria)

P = np.zeros((n_alt, n_alt, n_crit))

for i in range(n_alt):
    for j in range(n_alt):
        if i != j:
            for k in range(n_crit):
                P[i, j, k] = preference_usual(X[i, k], X[j, k])

print("\n===== LANGKAH 3 =====")
print("Derajat Preferensi Berpasangan (contoh matriks P untuk tiap kriteria dihitung)")
print("Nilai 1 = preferensi penuh, 0 = tidak ada preferensi")

# =====
# OUTPUT LANGKAH 4
# =====

pi = np.zeros((n_alt, n_alt))

for i in range(n_alt):
    for j in range(n_alt):
        if i != j:
            pi[i, j] = np.sum(weights * P[i, j,:])

print("\n===== LANGKAH 4 =====")

```

```

print("Indeks Preferensi Agregat  $\pi(S_i, S_j)$ :")
print(np.round(pi, 3))

# =====
# OUTPUT LANGKAH 5
# =====

phi_plus = np.zeros(n_alt)
phi_minus = np.zeros(n_alt)

for i in range(n_alt):
    phi_plus[i] = np.sum(pi[i,:]) / (n_alt - 1)
    phi_minus[i] = np.sum(pi[:, i]) / (n_alt - 1)

print("\n===== LANGKAH 5 =====")
print("Leaving Flow ( $\phi+$ ):")
for a, val in zip(alternatives, phi_plus):
    print(f"{a}: {val:.3f}")

print("\nEntering Flow ( $\phi-$ ):")
for a, val in zip(alternatives, phi_minus):
    print(f"{a}: {val:.3f}")

# =====
# OUTPUT LANGKAH 6
# =====

phi_net = phi_plus - phi_minus

ranking = sorted(
    zip(alternatives, phi_net),
    key=lambda x: x[1],
    reverse=True
)

print("\n===== LANGKAH 6 =====")
print("Net Flow & Peringkat Akhir:")

for i, (a, val) in enumerate(ranking, start=1):
    print(f"Peringkat {i}: {a} (Net Flow = {val:.3f})")

print("\nSUPPLIER TERPILIH SEBAGAI PEMASOK UTAMA:")
print(ranking[0][0])

```

Output

Adapun *output* dari *running program* tersebut adalah sebagai berikut:

```
=====
METODE PROMETHEE - KASUS PT NUSAPACK PLASTISINDO
=====

TUJUAN KEPUTUSAN:
Menentukan supplier PP resin terbaik bagi PT Nusapack
Plastisindo

KRITERIA:
C1 - Cost
C2 - Quality
C3 - Delivery
C4 - Risk

PEMASOK ALTERNATIF:
S1
S2
S3
S4

===== LANGKAH 1 =====
Matriks Keputusan (X):
[[1.80e+04 7.00e+00 9.50e+01 3.00e+00]
 [1.90e+04 8.00e+00 9.20e+01 2.00e+00]
 [2.10e+04 9.00e+00 9.80e+01 1.00e+00]
 [1.65e+04 6.00e+00 8.50e+01 6.00e+00]]

===== LANGKAH 2 =====
Fungsi Preferensi:
Semua kriteria menggunakan Usual Preference Function (Tipe
I)
 $P(a,b) = 1$  jika  $a > b$ , dan  $0$  jika  $a \leq b$ 

===== LANGKAH 3 =====
Derajat Preferensi Berpasangan (contoh matriks P untuk tiap
kriteria dihitung)
Nilai 1 = preferensi penuh, 0 = tidak ada preferensi

===== LANGKAH 4 =====
Indeks Preferensi Agregat  $\pi(S_i, S_j)$ :
[[0. 0.358 0.074 0.927]
```

[0.643 0. 0.074 0.927]
[0.927 0.927 0. 0.927]
[0.074 0.074 0.074 0.]]

===== LANGKAH 5 =====

Leaving Flow ($\phi+$):

S1: 0.453

S2: 0.548

S3: 0.927

S4: 0.074

Entering Flow ($\phi-$):

S1: 0.548

S2: 0.453

S3: 0.074

S4: 0.927

===== LANGKAH 6 =====

Net Flow & Peringkat Akhir:

Peringkat 1: S3 (*Net Flow* = 0.853)

Peringkat 2: S2 (*Net Flow* = 0.095)

Peringkat 3: S1 (*Net Flow* = -0.095)

Peringkat 4: S4 (*Net Flow* = -0.853)

SUPPLIER TERPILIH SEBAGAI PEMASOK UTAMA:

S3

7.

Simple Multi-Attribute Rating Technique (SMART)

SMART (*Simple Multi-Attribute Rating Technique*) dikembangkan sebagai alternatif sederhana untuk menangani pengambilan keputusan kompleks yang melibatkan banyak atribut atau kriteria. SMART sering digunakan dalam berbagai bidang seperti manajemen rantai pasokan, pemilihan pemasok, manajemen proyek, dan lainnya, karena kesederhanaan dan fleksibilitasnya (Barron & Barrett, 1996; Roberts & Goodwin, 2002).

7.1. Konsep Dasar dan Langkah Utama

Metode SMART adalah salah satu metode pengambilan keputusan multikriteria yang diperkenalkan oleh Ward Edwards pada tahun 1977 (Edwards, 1977; Edwards & Barron, 1994). SMART memberikan kerangka kerja yang sistematis namun mudah digunakan, memungkinkan pengambil keputusan untuk mengevaluasi berbagai alternatif berdasarkan serangkaian kriteria yang telah ditentukan (Ho *et al.*, 2010).

Metode SMART melibatkan beberapa langkah utama yang dirancang untuk mengidentifikasi alternatif terbaik berdasarkan nilai total dari berbagai kriteria yang diberikan bobot. Berikut ini adalah langkah- langkahnya (Edward & Barron, 1994):

1. Menentukan Tujuan, Alternatif, dan Kriteria Keputusan

Langkah ini bertujuan secara eksplisit tujuan, alternatif dan kriteria penilaian sebagai fondasi seluruh perhitungan SMART.

2. Menentukan Bobot Kriteria

Bobot kriteria adalah Tingkat kepentingan relatif setiap kriteria yang akan digunakan dalam perhitungan pada Langkah

berikutnya. Pembobotan dapat menggunakan metode subjektif dari pengambil keputusan. Hanya saja seperti SAW, Ketika menerapkan metode subjektif perlu dipastikan bahwa total bobot untuk kriteria adalah 1. Selain metode subjektif dapat pula digunakan metode perbandingan berpasangan seperti pada AHP.

Hasil pada metode ini adalah matriks bobot kriteria (w).

3. Menentukan Skor Kinerja Alternatif pada Setiap Kriteria
 Skor kinerja setiap pemasok perlu distandarkan agar dapat digabungkan secara aditif pada langkah selanjutnya. Pada Langkah ini tidak perlu memisahkan *benefit/cost* dan digunakan skala utilitas sederhana 0 - 1, sehingga standardisasi skor kinerja dilakukan melalui normalisasi *min-max* yang bersifat mekanis.
 - 3.a. Langkah ini dimulai dengan membuat matriks kinerja (X) dengan elemen x_{ij} yang berisi skor kinerja alternatif i terhadap kriteria j .
 - 3.b. Untuk setiap kriteria j perlu dicari nilai minimum dan maksimumnya
 - 3.c. Menghitung nilai utilitas dari x_{ij} yaitu u_{ij} dengan formula

$$u_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)}$$

- 3.d. Membentuk matriks skor utilitas (U) dari elemen u_{ij}
4. Menghitung Nilai Utilitas Total (Nilai Preferensi) Tiap Alternatif
 Tujuan Langkah 4 adalah menghitung nilai utilitas total setiap pemasok melalui penjumlahan tertimbang antara skor utilitas kinerja yang diperoleh pada Langkah 3 dan bobot kriteria yang dihasilkan pada Langkah 2. Nilai utilitas total ini merepresentasikan tingkat preferensi keseluruhan masing-masing *supplier* dan menjadi dasar utama dalam penentuan peringkat serta pemilihan pemasok terbaik.
 Langkah ini adalah perkalian matriks antara w dan U , dengan hasil utilitas terbobot $U(S_i)$, untuk setiap baris alternatifnya didapatkan dengan formula sebagai berikut:

$$U(S_i) = \sum_{j=1}^4 w_j \cdot u_{ij}$$

5. Menentukan peringkat dan alternatif terbaik

Peringkat ditentukan berdasarkan nilai utilitas total dari *output* Langkah 4. Peringkat ditentukan dari nilai utilitas tertinggi ke terendah. Alternatif dengan peringkat tertinggi akan direkomendasikan sebagai keputusan utama.

7.2. Implementasi pada Kasus Utama

Diagram alir untuk implementasi SMART pada kasus pemilihan pemasok adalah seperti pada Gambar 8. Sementara Langkah-langkah penerapannya sebagai berikut:

1. Menentukan Tujuan, Alternatif, dan Kriteria Keputusan

Tujuan pengambil keputusan adalah Pemilihan Pemasok Utama Resin Polypropylene untuk PT Nusapack Plastisindo.

Alternatifnya adalah S1, S2, S3, dan S4 seperti pada Tabel 1.

Kriteria keputusannya adalah C1 (Biaya), C2 (Kualitas), C3 (Ketepatan Pengiriman), dan C4 (Risiko), seperti pada Tabel 2.

2. Menentukan Bobot Kriteria

Untuk konsistensi lintas metode (AHP, SAW, TOPSIS, MOORA, PROMETHEE), SMART menggunakan bobot yang sama hasil AHP, sehingga perbandingan antarmetode tetap adil, sehingga bisa dirangkum dalam tabel sebagai berikut:

Kode	Bobot
C1	0.172
C2	0.471
C3	0.284
C4	0.074

Perhatikan jumlah total bobot adalah $0.172 + 0.471 + 0.284 + 0.074 = 1.001 \approx 1.000$

3. Menentukan skor kinerja alternatif pada setiap kriteria
- 3.a. Matriks skor kinerja didapatkan dengan menyalin Tabel 3 menjadi matriks X , maka:

$$X = \begin{bmatrix} 18000 & 7 & 95 & 3 \\ 19000 & 8 & 92 & 2 \\ 21000 & 9 & 98 & 1 \\ 16500 & 6 & 85 & 6 \end{bmatrix}$$

- 3.b. Mencari nilai maksimum dan minimum setiap kolom dari matriks X sebagai berikut:

- Kolom 1 yaitu C1: min = 16.500, max = 21.000
- Kolom 2 yaitu C2: min = 6, max = 9
- Kolom 3 yaitu C3: min = 85, max = 98
- Kolom 4 yaitu C4: min = 1, max = 6

- 3.c. Menghitung Skor Utilitas

Pada langkah ini dihitung nilai skor utilitas per elemen sesuai dengan kriterianya, maka ditampilkan detail perhitungan untuk setiap pemasok alternatif (setiap baris) sebagai berikut:

3.c.1. Perhitungan *Supplier 1*

- $u_{11} = (18000 - 16500) / (21000 - 16500) = 0.333$
- $u_{12} = (7 - 6) / (9 - 6) = 0.333$
- $u_{13} = (95 - 85) / (98 - 85) = 0.769$
- $u_{14} = (3 - 1) / (6 - 1) = 0.400$

3.c.2. Perhitungan *Supplier 2*

- $u_{21} = (19000 - 16500) / (21000 - 16500) = 0.556$
- $u_{22} = (8 - 6) / (9 - 6) = 0.667$
- $u_{23} = (92 - 85) / (98 - 85) = 0.538$
- $u_{24} = (2 - 1) / (6 - 1) = 0.200$

3.c.3. Perhitungan *Supplier 3*

- $u_{31} = (21000 - 16500) / (21000 - 16500) = 1.000$
- $u_{32} = (9 - 6) / (9 - 6) = 1.000$
- $u_{33} = (98 - 85) / (98 - 85) = 1.000$
- $u_{34} = (1 - 1) / (6 - 1) = 0.000$

3.c.4. Perhitungan *Supplier 4*

- $u_{41} = (16500 - 16500) / (21000 - 16500) = 0.000$

- $u_{42} = (6-6)/(9-6) = 0.000$
- $u_{43} = (85-85)/(98-85) = 0.000$
- $u_{44} = (6-1)/(6-1) = 1.000$

3.d. Menyusun Matriks Skor Utilitas

$$U = \begin{bmatrix} 0.333 & 0.333 & 0.769 & 0.400 \\ 0.556 & 0.667 & 0.538 & 0.200 \\ 1.000 & 1.000 & 1.000 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 & 1.000 \end{bmatrix}$$

4. Menghitung nilai utilitas total (nilai preferensi) tiap alternatif
Sebagai pengingat, matriks bobot adalah sebagai berikut:

$$w^T = [0.172, 0.471, 0.284, 0.074]$$

Nilai Utilitas total didapatkan dengan perkalian matriks maka sebagai berikut:

$$\begin{aligned} U(S) = U \times w &= \begin{bmatrix} 0.333 & 0.333 & 0.769 & 0.400 \\ 0.556 & 0.667 & 0.538 & 0.200 \\ 1.000 & 1.000 & 1.000 & 0.000 \\ 0.000 & 0.000 & 0.000 & 1.000 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.172 \\ 0.471 \\ 0.284 \\ 0.074 \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 0.4621 \\ 0.5773 \\ 0.9270 \\ 0.0740 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Ditampilkan perhitungan setiap pemasok sebagai berikut:

4.a. Utilitas Total *Supplier* 1

$$\begin{aligned} U(S1) &= (0.172 \times 0.333) + (0.471 \times 0.333) \\ &\quad + (0.284 \times 0.769) + (0.074 \times 0.400) \\ &= 0.0573 + 0.1568 + 0.2184 + 0.0296 = 0.4621 \end{aligned}$$

4.b. Utilitas total *Supplier* 2

$$\begin{aligned} U(S2) &= (0.172 \times 0.556) + (0.471 \times 0.667) \\ &\quad + (0.284 \times 0.538) + (0.074 \times 0.200) \\ &= 0.0956 + 0.3141 + 0.1528 + 0.0148 = 0.5773 \end{aligned}$$

4.c. Utilitas total *Supplier* 3

$$\begin{aligned} U(S3) &= (0.172 \times 1.000) + (0.471 \times 1.000) \\ &\quad + (0.284 \times 1.000) + (0.074 \times 0.000) \\ &= 0.172 + 0.471 + 0.284 + 0.000 = 0.9270 \end{aligned}$$

4.d. Utilitas total *Supplier* 4

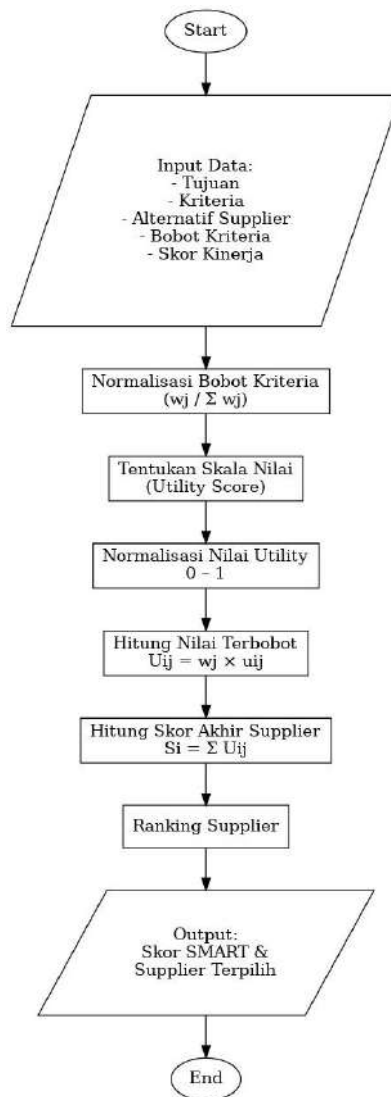
$$\begin{aligned} U(S_4) &= (0.172 \times 0.000) + (0.471 \times 0.000) \\ &\quad + (0.284 \times 0.000) + (0.074 \times 1.000) \\ &= 0.000 + 0.000 + 0.000 + 0.074 = 0.0740 \end{aligned}$$

5. Menentukan peringkat dan alternatif terbaik

Hasil peringkat *supplier* dapat dilihat pada tabel berikut

Peringkat	Utilitas Terbobot	Pemasok alternatif
1	0.9270	S3
2	0.5773	S2
3	0.4621	S1
4	0.0740	S4

Sehingga yang direkomendasikan sebagai pemasok utama adalah S3.



Gambar 8. Gambar Diagram Alir Pemilihan pemasok dengan metode SMART

7.3. Kesimpulan untuk SMART

Metode SMART relatif sederhana dan menggunakan metode perhitungan matematis yang praktis dan langkah-langkah yang pendek, sehingga mempermudah dalam pelaksanaannya, namun tidak mengurangi kualitas solusi yang dihasilkan. Metode ini berbeda dengan SAW hanya pada perhitungan nilai preferensi tiap alternatif, dimana SMART menggunakan nilai utilitas sedangkan metode SAW menggunakan perkalian dengan bobot kriteria.

Pada kasus PT Nusapack Plastisindo, penerapan metode SMART menghasilkan peringkat pemasok dengan S3 sebagai alternatif terbaik, diikuti oleh S2, S1, dan S4. Berdasarkan nilai utilitas total yang diperoleh, S3 ditetapkan sebagai pemasok utama karena memiliki nilai preferensi tertinggi sebagai hasil dari penjumlahan tertimbang skor kinerja pada seluruh kriteria penilaian. Hasil ini menunjukkan bahwa metode SMART mampu memberikan keputusan yang sederhana, transparan, dan konsisten dengan kebutuhan perusahaan.

Lampiran Komputasi Python

Berikut ini adalah *coding* Python sesuai dengan dan hasilnya bagi jalannya langkah-langkah di atas serta diagram alir.

Kode

Kita mulai dengan *coding* Pythonnya:

```
import NumPy as np

# =====
# INFORMASI KASUS
# =====

goal = "Menentukan supplier PP resin terbaik bagi PT
Nusapack Plastisindo"

criteria = [
    ("C1", "Cost"),
    ("C2", "Quality"),
```

```

        ("C3", "Delivery"),
        ("C4", "Risk")
    ]

alternatives = ["S1", "S2", "S3", "S4"]

# Bobot kriteria (konsisten dengan AHP, SAW, TOPSIS, MOORA,
# PROMETHEE)
weights = np.array([0.172, 0.471, 0.284, 0.074])

# =====
# LANGKAH 1: MATRIKS KEPUTUSAN
# =====

X = np.array([
    [18000, 7, 95, 3],
    [19000, 8, 92, 2],
    [21000, 9, 98, 1],
    [16500, 6, 85, 6]
], dtype=float)

# =====
# FUNGSI SMART
# =====

def min_max_normalization(X):
    X_min = X.min(axis=0)
    X_max = X.max(axis=0)
    return (X - X_min) / (X_max - X_min)

# =====
# OUTPUT AWAL
# =====

print("\n=====")
print("METODE SMART - KASUS PT NUSAPACK PLASTISINDO")
print("=====")

# -----
# Tujuan
# -----
print("\nTUJUAN KEPUTUSAN:")
print(goal)

# -----

```

```

# Kriteria
# -----
print("\nKRITERIA:")
for c in criteria:
    print(f"{c[0]} - {c[1]}")

# -----
# Alternatif
# -----
print("\nPEMASOK ALTERNATIF:")
for a in alternatives:
    print(a)

# =====
# OUTPUT LANGKAH 1
# =====

print("\n===== LANGKAH 1 =====")
print("Matriks Keputusan (X):")
print(X)

# =====
# OUTPUT LANGKAH 2
# =====

print("\n===== LANGKAH 2 =====")
print("Bobot Kriteria:")
for c, w in zip(criteria, weights):
    print(f"{c[0]} - {c[1]}: {w}")

# =====
# OUTPUT LANGKAH 3
# =====

U = min_max_normalization(X)

print("\n===== LANGKAH 3 =====")
print("Matriks Skor Utilitas (0-1) - Normalisasi Min-Max:")
print(np.round(U, 4))

# =====
# OUTPUT LANGKAH 4
# =====

utility_scores = U @ weights

```

```

print("\n===== LANGKAH 4 =====")
print("Nilai Utilitas Total:")
for a, val in zip(alternatives, utility_scores):
    print(f"{a}: {val:.4f}")

# =====
# OUTPUT LANGKAH 5
# =====

ranking = sorted(
    zip(alternatives, utility_scores),
    key=lambda x: x[1],
    reverse=True
)

print("\n===== LANGKAH 5 =====")
print("Peringkat Supplier Berdasarkan SMART:")

for i, (a, val) in enumerate(ranking, start=1):
    print(f"Peringkat {i}: {a} (Nilai Utilitas = {val:.4f})")

print("\nSUPPLIER TERPILIH SEBAGAI PEMASOK UTAMA:")
print(ranking[0][0])

```

Output

Adapun *output*-nya sebagai berikut

```

=====
METODE SMART – KASUS PT NUSAPACK PLASTISINDO
=====

```

TUJUAN KEPUTUSAN:

Menentukan *supplier* PP resin terbaik bagi PT Nusapack Plastisindo

KRITERIA:

- C1 – *Cost*
- C2 – *Quality*
- C3 – *Delivery*
- C4 – *Risk*

PEMASOK ALTERNATIF:

S1

S2

S3

S4

===== LANGKAH 1 =====

Matriks Keputusan (X):

```
[[1.80e+04 7.00e+00 9.50e+01 3.00e+00]
 [1.90e+04 8.00e+00 9.20e+01 2.00e+00]
 [2.10e+04 9.00e+00 9.80e+01 1.00e+00]
 [1.65e+04 6.00e+00 8.50e+01 6.00e+00]]
```

===== LANGKAH 2 =====

Bobot Kriteria:

C1 - *Cost*: 0.172

C2 - *Quality*: 0.471

C3 - *Delivery*: 0.284

C4 - *Risk*: 0.074

===== LANGKAH 3 =====

Matriks Skor Utilitas (0-1) - Normalisasi Min-Max:

```
[[0.3333 0.3333 0.7692 0.4 ]
 [0.5556 0.6667 0.5385 0.2 ]
 [1.    1.    1.    0.   ]
 [0.    0.    0.    1.   ]]
```

===== LANGKAH 4 =====

Nilai Utilitas Total:

S1: 0.4624

S2: 0.5773

S3: 0.9270

S4: 0.0740

===== LANGKAH 5 =====

Peringkat *Supplier* Berdasarkan SMART:

Peringkat 1: S3 (Nilai Utilitas = 0.9270)

Peringkat 2: S2 (Nilai Utilitas = 0.5773)

Peringkat 3: S1 (Nilai Utilitas = 0.4624)

Peringkat 4: S4 (Nilai Utilitas = 0.0740)

SUPPLIER TERPILIH SEBAGAI PEMASOK UTAMA:

S3

8.

Penutup Buku

Dalam buku ini telah dibahas enam metode pengambilan keputusan yang digunakan secara luas dalam pemilihan pemasok, yaitu *Simple Additive Weighting (SAW)*, *Analytic Hierarchy Process (AHP)*, *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)*, *Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis (MOORA)*, *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations (PROMETHEE)*, dan *Simple Multi-Attribute Rating Technique (SMART)*, dengan studi kasus pemilihan pemasok bahan baku pada sebuah industri manufaktur.

Lebih jauh, hasil pembahasan dalam buku ini menegaskan bahwa keberhasilan pemilihan pemasok tidak semata ditentukan oleh kecanggihan metode yang digunakan, melainkan oleh kualitas informasi, pemahaman konteks rantai pasok, dan kejelasan tujuan keputusan. Metode pemilihan pemasok pada hakikatnya merupakan alat bantu keputusan, bukan pengganti penilaian manajerial, sehingga tetap memerlukan interpretasi yang cermat dari pengambil keputusan.

Selain keenam metode pemilihan pemasok yang dipaparkan dalam buku ini, masih terdapat berbagai pendekatan lain yang dapat dikembangkan dan diaplikasikan, termasuk metode hibrida, pendekatan *fuzzy*, maupun integrasi dengan optimisasi dan simulasi. Oleh karena itu, penulis berharap pembahasan lanjutan mengenai metode pemilihan pemasok lainnya dapat disajikan pada edisi berikutnya dari serial buku ini, dengan studi kasus rantai pasok yang semakin beragam, kontekstual, dan relevan dengan tantangan industri modern.

GLOSARIUM

Analytic Hierarchy Process (AHP)

Metode pengambilan keputusan multi-kriteria yang menggunakan struktur hierarki dan perbandingan berpasangan untuk menentukan bobot kriteria dan alternatif.

Benefit (Kriteria Keuntungan)

Jenis kriteria di mana nilai yang lebih besar menunjukkan kinerja yang lebih baik (misalnya kualitas dan ketepatan pengiriman).

Bobot Kriteria

Nilai numerik yang menunjukkan tingkat kepentingan relatif suatu kriteria dibandingkan kriteria lainnya dalam pengambilan keputusan.

Consistency Index (CI)

Ukuran matematis dalam AHP untuk menilai tingkat konsistensi penilaian perbandingan berpasangan.

Consistency Ratio (CR)

Rasio antara *Consistency Index* dan *Random Index* yang digunakan untuk menentukan apakah penilaian AHP dapat diterima secara konsisten.

Cost (Kriteria Biaya)

Jenis kriteria di mana nilai yang lebih kecil menunjukkan kinerja yang lebih baik (misalnya harga dan risiko).

Decision Matrix (Matriks Keputusan)

Matriks yang memuat nilai kinerja setiap alternatif terhadap setiap kriteria.

Delivery (Ketepatan Pengiriman)

Kriteria yang mencerminkan kemampuan pemasok dalam mengirimkan barang tepat waktu sesuai jadwal.

Hierarchy (Hierarki Keputusan)

Struktur bertingkat dalam AHP yang terdiri atas tujuan, kriteria, subkriteria (jika ada), dan alternatif.

Multi-Criteria Decision Making (MCDM)

Pendekatan pengambilan keputusan yang melibatkan banyak alternatif dan banyak kriteria yang sering kali saling bertentangan.

MOORA (Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis)

Metode MCDM yang menggunakan normalisasi rasio untuk mengoptimalkan beberapa tujuan secara simultan.

Normalisasi

Proses mengubah nilai kriteria ke dalam skala yang sebanding agar dapat dibandingkan secara adil.

Pairwise Comparison (Perbandingan Berpasangan)

Teknik dalam AHP untuk membandingkan dua kriteria atau dua alternatif secara langsung.

PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations)

Metode MCDM berbasis outranking yang membandingkan alternatif berdasarkan fungsi preferensi.

Quality (Kualitas)

Kriteria yang mencerminkan mutu bahan atau produk yang disuplai oleh pemasok.

Risk (Risiko Pasokan)

Kriteria yang menggambarkan tingkat ketidakpastian atau potensi gangguan pasokan dari pemasok.

SAW (*Simple Additive Weighting*)

Metode MCDM yang menentukan peringkat alternatif berdasarkan penjumlahan terbobot dari nilai kriteria yang telah dinormalisasi.

SMART (*Simple Multi-Attribute Rating Technique*)

Metode MCDM sederhana yang menggunakan penilaian langsung dan bobot kriteria untuk menentukan skor alternatif.

Supplier (Pemasok)

Pihak yang menyediakan bahan baku, komponen, atau jasa kepada perusahaan.

Supply Chain (Rantai Pasok)

Jaringan organisasi, aktivitas, dan aliran informasi yang menghubungkan pemasok hingga konsumen akhir.

TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*)

Metode MCDM yang memilih alternatif berdasarkan kedekatan dengan solusi ideal positif dan jarak dari solusi ideal negatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Barron, F. H., & Barrett, B. E. (1996). Decision *Quality* Using Ranked Attribute Weights. *Management Science*, 42(11), 1515–1523. <https://doi.org/10.1287/mnsc.42.11.1515>
- Behzadian, M., Khanmohammadi Otaghsara, S., Yazdani, M., & Ignatius, J. (2012). A state-of the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with Applications*, 39(17), 13051–13069. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.05.056>
- Beynon, M. J., & Barton, H. (2012). PROMETHEE: TECHNICAL DETAILS AND DEVELOPMENTS, AND ITS ROLE IN PERFORMANCE MANAGEMENT. In L. Moutinho & K.-H. Huarng, *Quantitative Modelling in Marketing and Management* (pp. 449–467). WORLD SCIENTIFIC. https://doi.org/10.1142/9789814407724_0019
- Brans, J. P., & Vincke, Ph. (1985). Note—A Preference Ranking Organisation Method: (The PROMETHEE Method for Multiple Criteria Decision-Making). *Management Science*, 31(6), 647–656. <https://doi.org/10.1287/mnsc.31.6.647>
- Brans, J. P., Vincke, Ph., & Mareschal, B. (1986). How to select and how to rank projects: The Promethee method. *European Journal of Operational Research*, 24(2), 228–238. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(86\)90044-5](https://doi.org/10.1016/0377-2217(86)90044-5)
- Brauers, W. K. M., & Zavadskas, E. K. (2006). The MOORA method and its application to privatization in a transition economy. 35, 445–469.
- Brauers, W. K. M., & Zavadskas, E. K. (2012). Robustness of MULTIMOORA: A Method for Multi-Objective Optimization. *Informatica*, 23(1), 1–25. <https://doi.org/10.15388/Informatica.2012.346>
- Chakraborty, S. (2011). Applications of the MOORA method for decision making in manufacturing environment. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*,

- 54(9–12), 1155–1166. <https://doi.org/10.1007/s00170-010-2972-0>
- Deng, H., Yeh, C.-H., & Willis, R. J. (2000). Inter-company comparison using modified TOPSIS with objective weights. *Computers & Operations Research*, 27(10), 963–973. [https://doi.org/10.1016/S0305-0548\(99\)00069-6](https://doi.org/10.1016/S0305-0548(99)00069-6)
- Edwards, W. (1977). How to Use Multiattribute Utility Measurement for Social Decisionmaking. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 7(5), 326–340. <https://doi.org/10.1109/TSMC.1977.4309720>
- Edwards, W., & Barron, F. H. (1994). SMARTS and SMARTER: Improved Simple Methods for Multiattribute Utility Measurement. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 60(3), 306–325. <https://doi.org/10.1006/obhd.1994.1087>
- Ho, W., & Ma, X. (2018). The state-of-the-art integrations and applications of the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 267(2), 399–414. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.09.007>
- Ho, W., Xu, X., & Dey, P. K. (2010). Multi-criteria decision making approaches for *supplier* evaluation and selection: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 202(1), 16–24. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.05.009>
- Hwang, C.-L., & Yoon, K. (1981). Multiple Attribute Decision Making (Vol. 186). Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-48318-9>
- Kaliszewski, I., & Podkopaev, D. (2016). Simple additive weighting—A metamodel for multiple criteria decision analysis methods. *Expert Systems with Applications*, 54, 155–161. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2016.01.042>
- Macharis, C., Springael, J., De Brucker, K., & Verbeke, A. (2004). PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis. *European Journal of Operational Research*, 153(2), 307–317. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00153-X](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00153-X)
- Mateo, J. R. S. C. (2012). PROMETHEE. In J. R. San Cristóbal Mateo, Multi Criteria Analysis in the Renewable Energy Industry (pp. 23–32). Springer London. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-2346-0_5

- Mukherjee, K. (2017). *Supplier Selection: An MCDA-based Approach*. Springer, New Delhi.
- Olson, D. L. (2004). Comparison of weights in TOPSIS models. *Mathematical and Computer Modelling*, 40(7–8), 721–727. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2004.10.003>
- Roberts, R., & Goodwin, P. (2002). Weight approximations in multi-attribute decision models. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 11(6), 291–303. <https://doi.org/10.1002/mcda.320>
- Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234–281. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)
- Saaty, T. L. (1990a). An Exposition of the AHP in Reply to the Paper “Remarks on the Analytic Hierarchy Process.” *Management Science*, 36(3), 259–268. <https://doi.org/10.1287/mnsc.36.3.259>
- Saaty, T. L. (1990b). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9–26. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-I](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-I)
- Singh, R., Pathak, V. K., Kumar, R., Dikshit, M., Aherwar, A., Singh, V., & Singh, T. (2024). A historical review and analysis on MOORA and its fuzzy extensions for different applications. *Heliyon*, 10(3), e25453. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25453>
- Sitompul, C., Ariningsih, P.K., Setiawan, F., Iswari, T. (2022) *Logistik Kontemporer di Masyarakat 5.0*, Penerbit Erlangga, Yogyakarta
- Taherdoost, H. (2023). Analysis of Simple Additive Weighting Method (SAW) as a MultiAttribute Decision-Making Technique: A Step-by-Step Guide. *Journal of Management Science & Engineering Research*, 6(1), 21–24. <https://doi.org/10.30564/jmser.v6i1.5400>
- Winston, W. L. (1997). *Operations research: applications and algorithms* 3rd edition. Belmont Calif: Duxbury Press
- Yu, D., & Pan, T. (2021). Tracing knowledge diffusion of TOPSIS: A historical perspective from citation network. *Expert Systems with Applications*, 168, 114238. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.114238>
- Zionts, S., & Wallenius, J. (1983). An Interactive Multiple Objective Linear Programming Method for a Class of Underlying Nonlinear Utility Functions. *Management Science*, 29(5), 519–529. <https://doi.org/10.1287/mnsc.29.5.519>

INDEKS

A

AHP, 5, 24, 25, 30, 36, 39, 41, 47, 56, 63,
71, 76, 89, 94, 101, 102, 108, 112,
113, 114, 117, 118
Alternatif pemasok, 37

B

Bobot kriteria, 34, 56, 71, 94, 100, 108

C

Consistency Index (CI), 25, 113
Consistency Ratio (CR), 113
Cost, 8, 12, 15, 18, 22, 31, 32, 33, 40, 44,
45, 56, 59, 68, 69, 71, 74, 89, 94, 98,
107, 110, 111, 113

D

Decision Matrix, 113
Delivery, 9, 18, 22, 31, 32, 33, 40, 44,
45, 56, 60, 71, 74, 89, 94, 98, 108,
110, 111, 114

G

Gram negatif, ix, x

H

Hierarki keputusan, 25, 26, 31, 114

M

MCDM, v, 4, 5, 6, 10, 13, 46, 55, 62, 86,
114, 115
MOORA, 5, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68,
69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 94, 102,
108, 112, 114, 116, 118

N

Normalisasi, 12, 15, 21, 22, 32, 47, 58,
60, 63, 65, 73, 75, 109, 111, 114

P

Pairwise Comparison, 27, 114
PROMETHEE, 5, 76, 77, 78, 83, 84, 85,
86, 92, 93, 94, 95, 98, 102, 108, 112,
114, 116, 117
PubMed, x

Q

Quality, 18, 22, 31, 32, 40, 44, 45, 56,
59, 71, 74, 89, 94, 98, 107, 110, 111,
114, 116

R

Rantai pasok, vii, 1

Risk, 18, 22, 31, 32, 40, 44, 45, 56, 60,
71, 74, 89, 94, 98, 108, 110, 111, 114

S

SAW, 5, 11, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 21,
39, 46, 47, 51, 56, 67, 70, 71, 89, 94,
101, 102, 107, 108, 112, 115, 118

SMART, 5, 100, 102, 106, 107, 108, 110,
111, 112, 115

Supplier, 43, 44, 45, 74, 75, 103, 104,
105, 110, 111, 115, 118

T

TOPSIS, 5, 46, 47, 48, 49, 54, 55, 56, 57,
59, 63, 65, 67, 70, 71, 94, 102, 108,
112, 115, 116, 117, 118

TENTANG PENULIS



Sani Susanto adalah Guru Besar Fakultas Teknologi Rekayasa (dahulu Fakultas Teknologi Industri) dan Fakultas Ekonomi Universitas Katolik Parahyangan. Di universitas ini ia tergabung pada Pusat Studi Rantai Pasok, Pusat Studi I-SUSTAIN (*Interdisciplinary Research Center for Circular*

Economy and Sustainability), dan Pusat Studi CoE SMED (*Centre of Excellence in Small and Medium Enterprises Development*) Ia dilahirkan di Jakarta pada tanggal 27 Juni 1961, dan menyelesaikan Program Sarjana Matematika (1987). Pendidikan Sarjana Sosial Ekonomi Pertanian dari Universitas Padjadjaran (1991), Program Magister Teknik Industri (1992) dari Institut Teknologi Bandung, serta *Program Doctor of Philosophy* dalam bidang *Industrial Engineering and Engineering Management* dari Monash University (1998) serta Pendidikan Profesi Program Profesi Insinyur dari Universitas Katolik Parahyangan (2021). Publikasinya dalam bentuk karya ilmiah yang terbit di prosiding nasional dan internasional, jurnal nasional dan internasional (*International Journal of Production Planning and Control, Computers & Industrial Engineering, Applied Soft Computing, International Journal of Technology IJTech, International Journal of Simulation Systems Science and Technology, World Transaction on Engineering and Technology Education, Global Journal in Engineering Education*), serta dalam bentuk buku.

Saat ini aktif menjadi Wakil Ketua Majelis Kehormatan Etik – Persatuan Insinyur Indonesia periode 2024-2027, anggota Majelis Uji Kompetensi Badan Kejuruan Teknik Industri – Persatuan Insinyur Indonesia, serta *Reviewer* Direktorat Sumber Daya Pendidikan Tinggi untuk Jabatan Akademik Lektor Kepala dan Guru Besar (2021-2024).



Paulina K. Ariningsih adalah akademika di Teknik Industri, Universitas Katolik Parahyangan, yang bergabung dalam Pusat Studi Rantai Pasok. Ia menyelesaikan pendidikan Doktorat di bidang Strategi dari University of Nottingham, Ningbo Campus, setelah sebelumnya menamatkan pendidikan Magister dan Sarjana dalam bidang ilmu Teknik Industri dari Universitas Gadjah Mada.

Setelah studi sarjana, penulis pernah bekerja dalam bidang marketing dan logistik serta *procurement* di Perusahaan FMCG multi nasional di Indonesia. Hal ini salah satu yang mendorong minat keilmuannya di manajemen rantai pasok, dan pengambilan keputusan yang irasional, termasuk pada penerapan konsep dan metode pengambilan keputusan dalam konteks praktis. Selain pada minat peta jalur penelitian nya yang terkini, yaitu pengembangan strategi dan optimasi pada rantai pasok kesehatan.

Dalam mendukung kegiatan Tridarma perguruan tinggi, penulis terlibat aktif dalam penulisan buku ajar dalam bidang rantai pasok serta memiliki publikasi dalam bidang rantai pasok pada sejumlah jurnal internasional dan nasional bereputasi. Penulis juga telah mendapatkan pendanaan penelitian dan pengabdian, baik dari internal Universitas Katolik Parahyangan maupun dari luar. Selain itu, penulis juga terlibat aktif dalam kegiatan profesi keilmuan, terutama dalam bidang manajemen rantai pasok, di tingkat nasional maupun internasional, sebagai pengurus maupun sebagai anggota.

Buku *Teknik-teknik Pemilihan Pemasok* membahas secara sistematis dan aplikatif proses pengambilan keputusan pemilihan pemasok dalam konteks manajemen rantai pasok modern yang kompleks dan multikriteria. Di tengah lingkungan bisnis yang semakin kompetitif, tidak pasti, dan berisiko, keputusan pemilihan pemasok tidak lagi dapat ditentukan hanya berdasarkan harga, melainkan harus mempertimbangkan berbagai aspek strategis seperti kualitas, ketepatan pengiriman, dan risiko pasokan.

Buku ini memperkenalkan konsep *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) sebagai pendekatan utama dalam menyelesaikan permasalahan pemilihan pemasok. Pembahasan dimulai dari konsep dasar rantai pasok dan posisi strategis keputusan pembelian, kemudian dilanjutkan dengan pengenalan prinsip-prinsip MCDM sebagai landasan pengambilan keputusan rasional dan transparan.

Secara khusus, buku ini mengulas enam metode MCDM yang paling umum dan relevan dalam praktik manajerial, yaitu *Simple Additive Weighting* (SAW), *Analytic Hierarchy Process* (AHP), *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS), *Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis* (MOORA), *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations* (PROMETHEE), dan *Simple Multi-Attribute Rating Technique* (SMART). Setiap metode dijelaskan secara bertahap mulai dari konsep dasar, langkah perhitungan matematis, hingga interpretasi hasil.

Keunggulan utama buku ini terletak pada penggunaan satu pendalaman kasus terpadu pemilihan pemasok bahan baku industri manufaktur, yang diterapkan secara konsisten pada seluruh metode. Pendekatan ini memungkinkan pembaca membandingkan hasil, konsistensi, serta karakteristik masing-masing metode secara kritis. Selain itu, setiap metode dilengkapi dengan implementasi komputasional menggunakan bahasa pemrograman Python, sehingga pembaca tidak hanya memahami konsep, tetapi juga mampu menerapkannya secara praktis dan *reproducible*.

Ditulis sebagai buku referensi, karya ini ditujukan bagi dosen, mahasiswa, peneliti, dan praktisi industri yang membutuhkan panduan komprehensif dalam memahami dan menerapkan teknik pemilihan pemasok berbasis multikriteria. Buku ini diharapkan dapat menjadi jembatan antara teori pengambilan keputusan kuantitatif dan praktik nyata pengelolaan rantai pasok di dunia industri.

Penerbit Deepublish (CV BUDI UTAMA)

Jl. Kaliurang Km 9,3 Yogyakarta 55581

Telp/Fax : (0274) 4533427

Anggota IKAPI (076/DIY/2012)

✉ cs@deepublish.co.id

📞 Penerbit Deepublish

📧 @penerbitbuku_deepublish

🌐 www.penerbitdeepublish.com

