

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Pakar

Secara umum, sistem pakar adalah sistem yang berusaha mengadopsi pengetahuan manusia ke komputer agar komputer dapat menyelesaikan masalah seperti yang biasa dilakukan oleh para ahli. Dengan sistem pakar ini, orang awam pun dapat menyelesaikan masalah yang cukup rumit yang sebenarnya hanya dapat diselesaikan dengan bantuan para ahli. Bagi para ahli, sistem pakar ini juga akan membantu aktivitasnya sebagai asisten yang sangat berpengalaman (Kusumadewi, 2003).

Ada beberapa definisi tentang sistem pakar, antara lain: (Kusumadewi, 2003)

1. Menurut Durkin: Sistem pakar adalah suatu program komputer yang dirancang untuk memodelkan kemampuan penyelesaian masalah yang dilakukan oleh seorang pakar.
2. Menurut Ignizio: Sistem pakar adalah suatu model dan prosedur yang berkaitan, dalam suatu domain tertentu, yang mana tingkat keahliannya dapat dibandingkan dengan keahlian seorang pakar.
3. Menurut Giarratano dan Riley: Sistem pakar adalah suatu sistem komputer yang bisa menyamai atau meniru kemampuan seorang pakar.
4. Menurut Martin dan Oxman: Sistem pakar adalah sistem berbasis komputer yang menggunakan pengetahuan, fakta, dan teknik penalaran dalam memecahkan masalah yang biasanya hanya dapat dipecahkan oleh seorang pakar dalam bidang tersebut.
5. Menurut Prof. Edward Feigenbaum: Sistem Pakar adalah suatu program komputer cerdas yang menggunakan *knowledge* (pengetahuan) dan prosedur inferensi untuk menyelesaikan masalah yang cukup sulit sehingga membutuhkan seorang yang ahli untuk menyelesaikannya.

Sistem pakar dibuat pada wilayah pengetahuan tertentu untuk suatu kepakaran tertentu yang mendekati kemampuan manusia di salah satu bidang. Sistem pakar mencoba mencari solusi yang memuaskan sebagaimana yang dilakukan oleh seorang pakar. Selain itu sistem pakar juga dapat memberikan penjelasan terhadap langkah yang diambil dan memberikan alasan atas saran atau kesimpulan yang ditemukannya. Biasanya sistem pakar hanya digunakan untuk memecahkan masalah yang memang sulit untuk dipecahkan dengan pemrograman biasa, mengingat biaya yang diperlukan untuk membuat sistem pakar jauh lebih besar dari pembuatan sistem biasa.

Secara umum, sistem pakar adalah sistem yang berusaha mengadopsi pengetahuan manusia ke komputer yang dirancang untuk memodelkan kemampuan menyelesaikan masalah seperti layaknya seorang pakar. Dengan sistem pakar ini, orang awam pun dapat menyelesaikan masalahnya atau sekedar mencari suatu informasi berkualitas yang sebenarnya hanya dapat diperoleh dengan bantuan para ahli di bidangnya. Sistem pakar ini juga akan dapat membantu aktivitas para pakar sebagai asisten yang berpengalaman dan mempunyai pengetahuan yang dibutuhkan.

Dalam penyusunannya, sistem pakar mengkombinasikan kaidah-kaidah penarikan kesimpulan (*inference rules*) dengan basis pengetahuan tertentu yang diberikan oleh satu atau lebih pakar dalam bidang tertentu. Kombinasi dari kedua hal tersebut disimpan dalam komputer, yang selanjutnya digunakan dalam pengambilan keputusan untuk penyelesaian masalah tertentu.

2.1.1 Sejarah Sistem Pakar

Sistem pakar mulai dikembangkan pada pertengahan tahun 1960-an oleh komunitas AI. Periode penelitian kecerdasan buatan ini didominasi oleh suatu keyakinan bahwa nalar yang digabung dengan komputer canggih akan menghasilkan prestasi pakar atau manusia pakar. Sistem pakar yang pertama kali muncul adalah *General-purpose Problem Solver* (GPS) yang dikembangkan oleh Newel dan Simon. GPS (dan program-program yang serupa) ini mengalami kegagalan karena cakupannya terlalu luas sehingga terkadang justru meninggalkan pengetahuan-pengetahuan penting yang seharusnya disediakan (Sinaga, 2010).

Pada pertengahan tahun 1960-an, terjadi pergantian dari program serba bisa (*general-purpose*) ke program yang spesial (*special-purpose*) dengan dikembangkannya DENDRAL oleh E. Feigenbaum dari Universitas Stanford dan kemudian diikuti oleh MYCIN.

Pada pertengahan tahun 1970-an, beberapa *expert system* mulai muncul. Sebuah pengetahuan kunci yang dipelajari saat itu adalah kekuatan dari *expert system* berasal dari pengetahuan spesifik yang dimilikinya, bukan dari formalisme-formalisme khusus dan pola penarikan kesimpulan yang digunakannya.

Awal 1980-an teknologi *expert system* yang mula-mula dibatasi oleh suasana akademis mulai muncul sebagai aplikasi komersial, khususnya XCON, XSEL (dikembangkan dari R-1 pada *Digital Equipment Corp.*), dan CATS-1 (dikembangkan oleh *General Electric*).

Sistem pakar untuk melakukan diagnosis kesehatan telah dikembangkan sejak pertengahan tahun 1970. Sistem pakar untuk melakukan diagnosis pertama dibuat oleh Bruce Buchanan dan Edward Shortliffe di Stanford University. Sistem ini diberi nama MYCIN.

MYCIN merupakan program interaktif yang melakukan diagnosis penyakit meningitis dan infeksi bacremia serta memberikan rekomendasi terapi antimikroba. MYCIN mampu memberikan penjelasan atas penalarannya secara detail. Dalam uji coba, MYCIN mampu menunjukkan kemampuan seperti seorang spesialis. Meskipun MYCIN tidak pernah digunakan secara rutin oleh dokter, MYCIN merupakan inferensi yang bagus dalam kecerdasan buatan yang lain (Kusrini, 2006).

2.1.2 Tujuan Sistem Pakar

Tujuan dari sistem pakar adalah untuk memindahkan kemampuan (*transferring expertise*) dari seorang ahli atau sumber keahlian yang lain ke dalam komputer dan kemudian memindahkannya dari komputer kepada pemakai yang tidak ahli (bukan pakar). Proses ini meliputi empat aktivitas yaitu:

1. Akuisi pengetahuan (*knowledge acquisition*) yaitu kegiatan mencari dan mengumpulkan pengetahuan dari para ahli atau sumber keahlian yang lain.
2. Representasi pengetahuan (*knowledge representation*) adalah kegiatan

menyimpan dan mengatur penyimpanan pengetahuan yang diperoleh dalam komputer. Pengetahuan berupa fakta dan aturan disimpan dalam komputer sebagai sebuah komponen yang disebut basis pengetahuan.

3. Inferensi pengetahuan (*knowledge inferencing*) adalah kegiatan melakukan inferensi berdasarkan pengetahuan yang telah disimpan didalam komputer.
4. Pemindahan pengetahuan (*knowledge transfer*) adalah kegiatan pemindahan pengetahuan dari komputer ke pemakai yang tidak ahli.

2.1.3 Ciri-Ciri Sistem Pakar

Sistem pakar merupakan program-program praktis yang menggunakan strategi heuristik yang dikembangkan oleh manusia untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan yang spesifik (khusus), maka umumnya sistem pakar bersifat: (Kusrini, 2006)

1. Memiliki informasi yang handal.
2. Mudah dimodifikasi
3. Heuristik dalam menggunakan pengetahuan untuk mendapatkan penyelesaiannya.
4. Dapat digunakan dalam berbagai jenis komputer.
5. Memiliki kemampuan untuk beradaptasi.
6. Terbatas pada bidang yang spesifik.
7. Dapat memberikan penalaran untuk data-data yang tidak lengkap.
8. Dapat mengemukakan rangkaian alasan.
9. Berdasarkan pada *rule* atau kaidah tertentu.
10. Dirancang untuk dapat dikembangkan secara bertahap.
11. Outputnya bersifat nasihat atau anjuran.
12. Output tergantung dari dialog dengan *user*.
13. *Knowledge base* dan *Inference engine* terpisah.

2.1.4 Struktur Sistem Pakar

Sistem pakar disusun oleh dua bagian utama, yaitu:

1. Lingkungan Pengembangan (*Development environment*). Lingkungan pengembangan sistem pakar digunakan untuk memasukkan pengetahuan pakar ke dalam lingkungan sistem pakar.
2. Lingkungan Konsultasi (*Consultation environment*). Lingkungan konsultasi

digunakan oleh pengguna yang bukan pakar guna memperoleh pengetahuan pakar.

Komponen-komponen yang ada pada sistem pakar adalah sebagai berikut:

1. Subsistem penambahan pengetahuan. Bagian ini digunakan untuk memasukkan pengetahuan, mengkonstruksi atau memperluas pengetahuan dalam basis pengetahuan. Pengetahuan itu bisa berasal dari: ahli, buku, database, penelitian dan gambar.
2. Basis pengetahuan. Berisi pengetahuan-pengetahuan yang dibutuhkan untuk memahami, memformulasikan dan menyelesaikan masalah.
3. Motor inferensi (*Inference engine*). Program yang berisi metodologi yang digunakan untuk melakukan penalaran terhadap informasi-informasi dalam basis pengetahuan dan blackboard, serta digunakan untuk memformulasikan konklusi. Ada 3 elemen utama dalam motor inferensi, yaitu:
 - a. *Interpreter*: mengeksekusi item-item agenda yang terpilih dengan menggunakan aturan- aturan dalam basis pengetahuan yang sesuai.
 - b. *Scheduler*: akan mengontrol agenda.
 - c. *Consistency enforcer*: akan berusaha memelihara kekonsistenan dalam mempresentasikan solusi yang bersifat darurat.
4. *Blackboard*. Merupakan area dalam memori yang digunakan untuk merekam kejadian yang sedang berlangsung termasuk keputusan sementara. Ada 3 tipe keputusan yang dapat direkam, yaitu:
 - a. Rencana: bagaimana menghadapi masalah.
 - b. Agenda: aksi-aksi yang potensial yang sedang menunggu untuk dieksekusi.
 - c. Solusi: calon aksi yang akan dibangkitkan.
5. Antarmuka. Digunakan untuk media komunikasi antara *user* dan program
6. Subsistem penjelasan. Digunakan untuk melacak respon dan memberikan penjelasan tentang kelakuan sistem pakar secara interaktif melalui pertanyaan:
 - a. Mengapa suatu pertanyaan ditanyakan oleh sistem pakar?
 - b. Bagaimana konklusi dicapai?
 - c. Mengapa ada alternatif yang dibatalkan?
 - d. Rencana apa yang digunakan untuk mendapatkan solusi?

7. Sistem penyaring pengetahuan. Sistem ini digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem pakar itu sendiri untuk melihat apakah pengetahuan-pengetahuan yang ada masih cocok untuk digunakan dimasa mendatang.

2.1.5 Keuntungan dan Kelemahan Sistem Pakar

Adapun keuntungan dari sistem pakar yaitu: (Kusrini, 2006)

1. Memungkinkan orang awam bisa mengerjakan pekerjaan para ahli.
2. Bisa melakukan proses secara berulang secara otomatis.
3. Menyimpan pengetahuan dan keahlian para pakar.
4. Mampu mengambil dan melestarikan keahlian para pakar (terutama yang termasuk keahlian langka).
5. Mampu beroperasi dalam lingkungan yang berbahaya.
6. Memiliki kemampuan untuk bekerja dengan informasi yang tidak lengkap dan mengandung ketidakpastian. Pengguna bisa merespon dengan jawaban 'tidak tahu' atau 'tidak yakin' pada satu atau lebih pertanyaan selama konsultasi dan sistem pakar tetap akan memberikan jawaban.
7. Tidak memerlukan biaya saat tidak digunakan, sedangkan pada pakar manusia memerlukan biaya sehari-hari.
8. Dapat digandakan (diperbanyak) sesuai kebutuhan dengan waktu yang minimal dan sedikit biaya.
9. Dapat memecahkan masalah lebih cepat daripada kemampuan manusia dengan catatan menggunakan data yang sama.
10. Menghemat waktu dalam pengambilan keputusan.
11. Meningkatkan kualitas dan produktivitas karena dapat member nasehat yang konsisten dan mengurangi kesalahan.
12. Meningkatkan kapabilitas sistem terkomputerisasi yang lain. Integrasi Sistem Pakar dengan sistem komputer lain membuat lebih efektif, dan bisa mencakup lebih banyak aplikasi.
13. Mampu menyediakan pelatihan. Pengguna pemula yang bekerja dengan sistem pakar akan menjadi lebih berpengalaman. Fasilitas penjelas dapat berfungsi sebagai guru.

Selain memiliki banyak keuntungan, sistem pakar juga memiliki kelemahan, diantaranya: (Arhami, 2005)

1. Biaya yang diperlukan untuk membuat, memelihara, dan mengembangkannya sangat mahal.
2. Sulit dikembangkan, hal ini erat kaitannya dengan ketersediaan pakar di bidangnya dan kepakaran sangat sulit diekstrak dari manusia karena sangat sulit bagi seorang pakar untuk menjelaskan langkah mereka dalam menangani masalah.
3. Pendekatan oleh setiap pakar untuk suatu situasi atau problem bisa berbeda-beda, meskipun sama-sama benar.
4. Transfer pengetahuan dapat bersifat subjektif dan bias.
5. Sistem pakar tidak 100% benar karena seseorang yang terlibat dalam pembuatan sistem pakar tidak selalu benar. Oleh karena itu perlu diuji ulang secara teliti sebelum digunakan.
6. Kurangnya rasa percaya pengguna dapat menghalangi pemakaian sistem pakar.

2.1.6 Konsep Dasar Sistem Pakar

Turban 1995 (dalam Arhami, 2005), menyatakan bahwa konsep dasar sistem pakar mengandung beberapa unsur, yaitu: keahlian/kepakaran, ahli/pakar, pengalihan keahlian/kepakaran, *inferensi*, aturan dan kemampuan menjelaskan.

1. Kepakaran (*Expertise*)

Kepakaran merupakan suatu hal yang luas, untuk tugas khusus dimana pengetahuan diperoleh dari pelatihan, membaca dan pengalaman. Kepakaran itu sendiri meliputi pengetahuan tentang:

- a. Fakta-fakta tentang bidang permasalahan.
- b. Teori-teori tentang bidang permasalahan.
- c. Aturan-aturan dan prosedur-prosedur menurut bidang permasalahan umumnya.
- d. Aturan-aturan (*heuristic*) tentang apa yang harus dikerjakan dalam suatu situasi tertentu.
- e. Strategi global untuk memecahkan permasalahan semacam ini.
- f. Pengetahuan tentang pengetahuan (*meta knowledge*).

2. Pakar (*Expert*)

Dalam mendefinisikan apa yang dimaksud dengan seorang pakar merupakan hal yang sulit karena harus diperhatikan juga tentang derajat atau tingkat dari kepakaran (pertanyaannya adalah berapa banyak kepakaran yang harus dimiliki oleh seseorang sebelum berhak dikatakan sebagai seorang pakar).

Kepakaran dari seorang manusia meliputi kegiatan-kegiatan berikut ini yaitu:

- a. Mengenali dan memformulasikan permasalahan.
- b. Memecahkan permasalahan secara cepat dan tepat.
- c. Menerangkan pemecahannya.
- d. Belajar dari pengalaman.
- e. Merestrukturisasi pengetahuan.
- f. Memecahkan aturan-aturan.
- g. Menentukan relevansi.

3. Pengalihan Kepakaran (*Transferring Expertise*)

Tujuan dari sebuah sistem pakar adalah untuk memindahkan kepakaran dari seorang pakar ke dalam sebuah komputer dan kemudian kepada manusia lainnya (bukan pakar). Proses ini melibatkan empat kegiatan, yaitu:

- a. Akuisisi pengetahuan (dari pakar atau sumber lain)
- b. Representasi pengetahuan (pada komputer)
- c. Inferensi pengetahuan
- d. Pemandahan pengetahuan ke *user*

4. Inferensi (*Inferencing*)

Inferensi merupakan bentuk yang unik dari sistem pakar karena kemampuannya dalam melakukan penalaran (“berpikir”). Semua hal yang diberikan oleh sistem pakar akan disimpan pada basis pengetahuan, kemudian program yang ada dapat mengakses ke dalam *database*. Komputer diprogram sehingga dapat mengambil kesimpulan. Inferensi ditampilkan pada suatu komponen yang disebut mesin inferensi dimana mencakup prosedur-prosedur mengenai pemecahan masalah.

a. Aturan-aturan (*Rule*)

Banyak peralatan (*tool*) sistem pakar yang komersial dan sistem yang siap jadi (*ready-made*) adalah sistem yang berbasis *rule* (*rule-based system*),

yaitu pengetahuan disimpan terutama dalam bentuk *rule*, sebagai prosedur-prosedur pemecahan masalah.

Contoh *rule* pada sistem ini adalah sebagai berikut:

**JIKA mesin sedang tidak bekerja dan
bahan bakar kurang dari 38 liter DAN
alat pengukur berfungsi
MAKA sistem bahan bakarnya rusak.**

b. Kemampuan menjelaskan (*Explanation Capability*)

Bentuk unik lainnya dari sistem pakar adalah kemampuannya untuk menjelaskan saran atau rekomendasi yang diberikannya. Penjelasan dan pembenaran tersebut dilakukan dalam subsistem yang disebut subsistem pembenaran (*justifier*) atau penjelasan (*explanation*). Bagian dari sistem ini memungkinkan sistem untuk memeriksa penalaran yang dibuatnya sendiri dan menjelaskan operasi-operasinya. Karakteristik dan kemampuan yang dimiliki oleh sistem pakar membuatnya berbeda dari sistem konvensional.

2.2 Metode Pemecahan Masalah (Metode Inferensi)

Suatu perkalian inferensi yang menghubungkan suatu permasalahan dengan solusinya disebut dengan rantai (*chain*). Suatu rantai yang dicari atau dilewati/dilintasi dari suatu permasalahan untuk memperoleh solusinya disebut *forward chaining*. Cara lain untuk menggambarkan *forward chaining* ini adalah dengan penalaran dari fakta menuju konklusi yang terdapat dari fakta.

Suatu rantai yang dilintasi dari hipotesa kembali ke fakta yang mendukung hipotesa tersebut adalah *backward chaining*. Cara lain menggambarkan *backward chaining* adalah dalam hal tujuan yang dapat dipenuhi dengan pemenuhan sub tujuannya. Terdapat berbagai cara pemecahan masalah didalam sistem pakar. Beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah arah penelusuran dan topologi penelusuran.

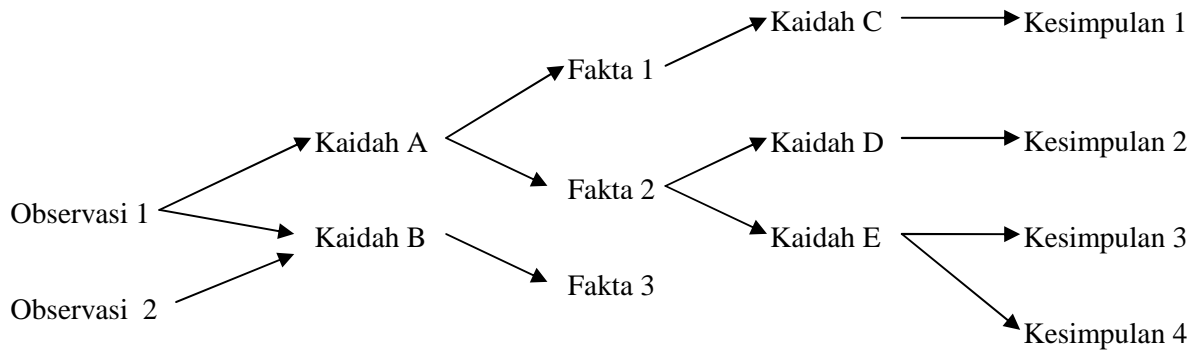
1. Arah penelusuran/pelacakan

Arah penelusuran dibagi dua yaitu:

1. *Forward chaining*

Strategi dari sistem ini adalah dimulai dari inputan beberapa fakta, kemudian menurunkan beberapa fakta dari aturan-aturan yang cocok pada

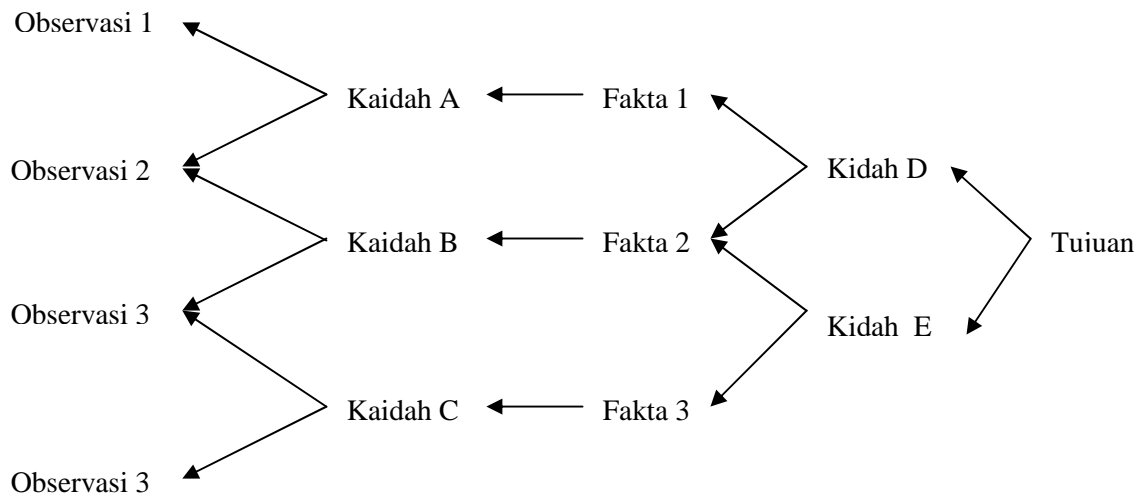
knowledge base dan melanjutkan prosesnya sampai jawaban sesuai. *Forward chaining* dapat dikatakan sebagai penelusuran deduktif.



Gambar 2.1 Diagram Pelacakan ke Depan

2. Backward chaining

Strategi penarikan keputusan yang didasarkan dari hipotesa atau dugaan yang didapat dari informasi yang ada. Ciri dari strategi ini adalah pertanyaan *user*. Memperoleh fakta biasanya diajukan dalam bentuk “YA” atau “TIDAK”.



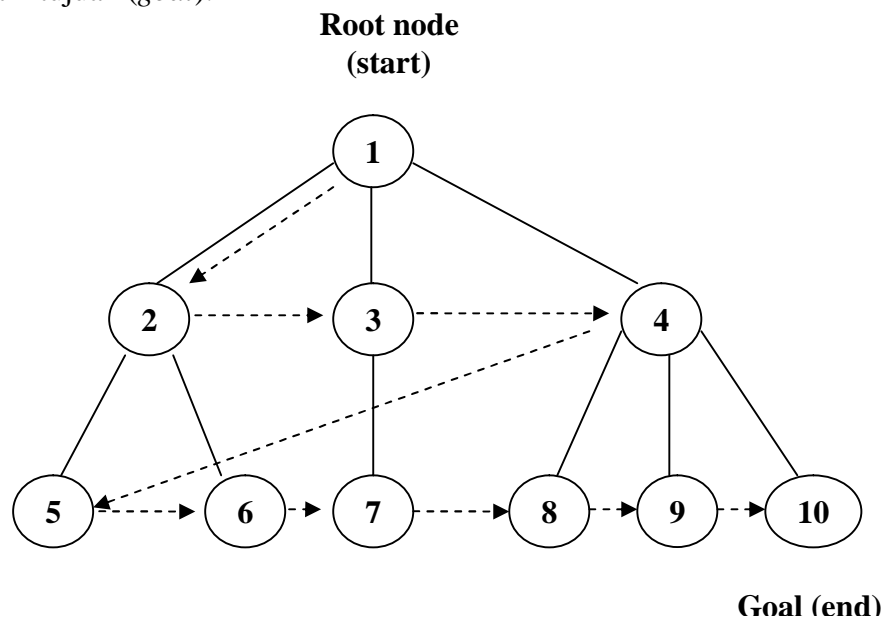
Gambar 2.2 Diagram Pelacakan ke Belakang

Ada empat faktor metode menentukan mana arah yang lebih baik digunakan dari dua arah penelusuran yaitu:

- a. Jumlah keadaan awal dan keadaan akhir akan lebih mudah bila bergerak dari kumpulan keadaan yang lebih sedikit ke kumpulan yang lebih banyak.
 - b. Besar kecilnya factor percabangan lebih baik menuju ke arah yang faktor percabangannya sedikit.
 - c. Proses penalaran program sangatlah penting untuk menuju ke arah yang lebih condong dengan cara pemikiran pemakai.
 - d. Kejadian yang memicu rangkaian tindakan pemecahan masalah. Jika kejadian ini adalah kedatangan fakta baru, maka dipilih *forward chaining*, tetapi jika kejadian ini adalah suatu pertanyaan yang membutuhkan tanggapan, akan lebih baik jika dipilih *backward chaining*.
2. Topologi penelusuran/pencarian

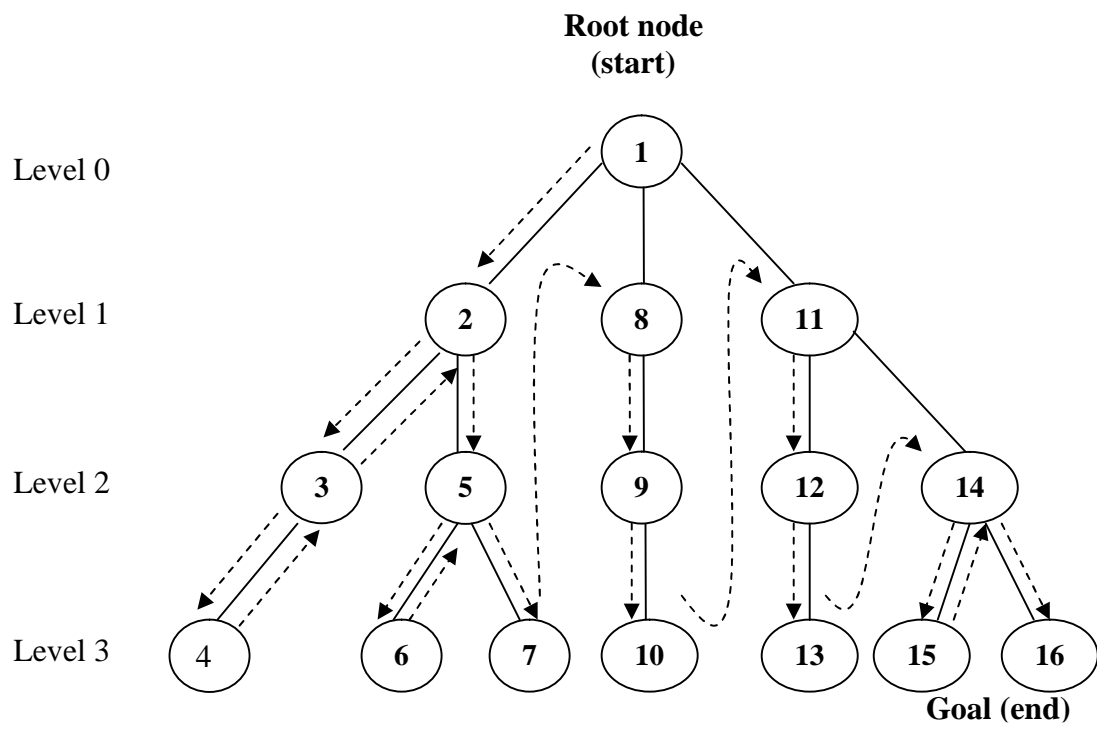
a. *Breadth first search*

Metode penelusuran ini memeriksa semua node (simpul) pohon pencarian, dimulai dari simpul akar. Simpul-simpul dalam tingkat diperiksa seluruhnya sebelum pindah ke simpul di tingkat selanjutnya. Proses ini bekerja dari kiri ke kanan, baru bergerak ke bawah. Ini berlanjut sampai ke titik tujuan (*goal*).



Gambar 2.3 Bread-first Search

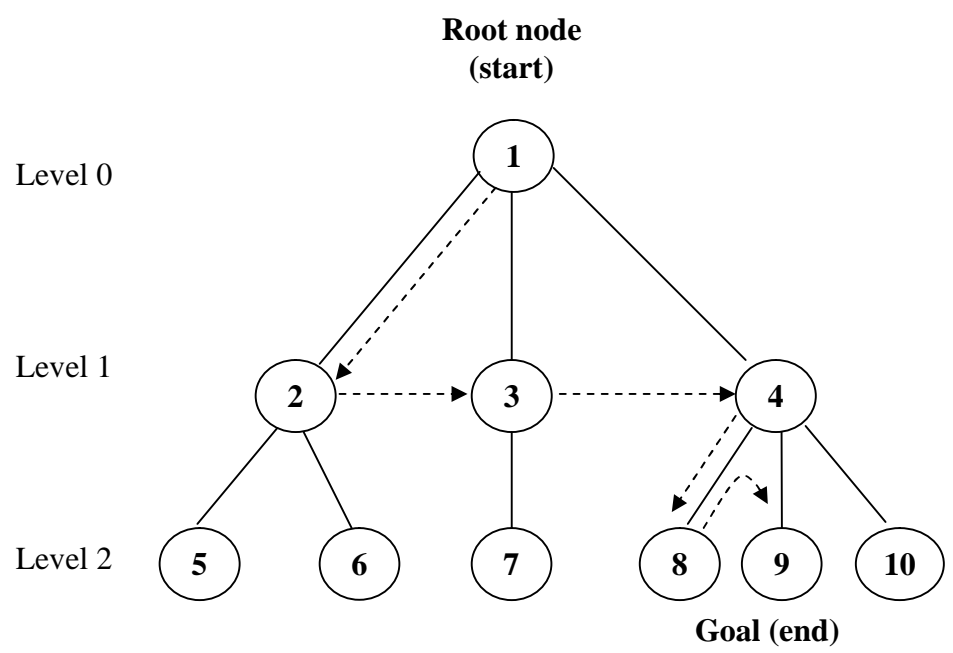
- b. *Depth first search* Metode ini memulai penelusuran dari node sampai simpul akar, selanjutnya menuju ke bawah dulu baru bergerak ke samping dari kiri ke kanan, proses ini berlanjut sampai ditemukan simpul tujuan.



Gambar 2.4 Depth-first Search

c. *Best first search*

Metode *best first search* ini bekerja berdasarkan kombinasi kedua metode sebelumnya. Penelitian pada tugas akhir ini menggunakan metode tersebut.



Gambar 2.5 Best-first Search

2.3 Metode Certainty Factor

Teori *Certainty Factor* diusulkan oleh Shortlife dan Buchanan pada tahun 1975 untuk mengakomodasi ketidakpastian pemikiran (*inexact reasoning*) seorang pakar. Seorang pakar, sering kali menganalisis informasi yang ada dengan ungkapan seperti “mungkin”, “kemungkinan besar”, “hampir pasti”. Untuk mengakomodasi hal ini kita menggunakan *Certainty Factor* guna menggambarkan tingkat keyakinan pakar terhadap masalah yang sedang dihadapi.

Secara umum, rule direpresentasikan dalam bentuk sebagai berikut:

$$\text{IF } E_1 [\text{AND} / \text{OR}] E_2 [\text{AND} / \text{OR}] \dots E_n \text{ THEN } H \text{ (CF} = \text{CF}_i) \dots\dots\dots(2.1)$$

keterangan:

- $E_1 \dots E_n$: fakta-fakta (evidence) yang ada
- H : hipotesa atau konklusi yang dihasilkan
- CF : tingkat keyakinan (*Certainty Factor*) terjadinya hipotesa H akibat adanya fakta – fakta E_1 s/d E_n .

2.3.1 Metode Perhitungan Certainty Factor

Saat ini ada dua model yang sering digunakan untuk menghitung tingkat keyakinan (CF) dari sebuah *rule* adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan metode ‘*Net Belief*’ yang diusulkan oleh E. H. Shortliffe dan B. G. Buchanan. yaitu:

$$CF(\text{Rule}) = MB(H, E) - MD(H, E) \dots\dots\dots(2.2)$$

$$MB(H|E) = \begin{cases} 1 & \text{if } P(H) = 1 \\ \frac{\max[P(H|E), P(H)] - P(H)}{1 - P(H)} & \text{otherwise} \end{cases} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$MD(H|E) = \begin{cases} 1 & \text{if } P(H) = 0 \\ \frac{\min[P(H|E), P(H)] - P(H)}{-P(H)} & \text{otherwise} \end{cases} \dots\dots\dots(2.4)$$

keterangan:

- $P(H)$ = probabilitas kebenaran hipotesa H
- $P(H|E)$ = probabilitas bahwa H benar karena fakta E
- $P(H)$ dan $P(H|E)$ merepresentasikan keyakinan dan ketidak yakinan pakar.

2. Menggunakan menggali dari hasil wawancara dengan pakar. Nilai $CF(\text{Rule})$ serta bobot dari masing-masing fakta didapat dari interpretasi istilah dari pakar menjadi nilai CF serta bobot tertentu, seperti contoh pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Interpretasi Nilai CF

Uncertain Term	CF
Definitely not	- 1.0
Almost certainly not	- 0.8
Probably not	- 0.6
Maybe not	- 0.4
Unknown	- 0.2 to 0.2
Maybe	0.4
Probably	0.6
Almost certainly	0.8
Definitely	1.0

Tabel 2.2 Interpretasi Nilai Bobot

Istilah	Bobot
Kurang Berpengaruh	0.1 s/d 0.4
Berpengaruh	0.5 s/d 0.7
Sangat Berpengaruh	0.8 s/d 1

2.4 Penentuan Jenis Plastik Berdasarkan Sifat Plastik Terhadap Jenis Makanan yang Akan Dikemas

Beberapa jenis kemasan yang digunakan sebagai bahan pengemas suatu produk yaitu terdiri dari (Winarno, F.G., 2005):

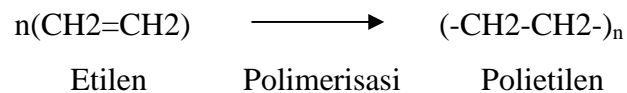
- a. Kemasan primer adalah kemasan yang langsung bersentuhan dengan makanan, sehingga bisa saja terjadi migrasi komponen bahan kemasan ke makanan yang berpengaruh terhadap rasa, bau dan warna.
- b. Kemasan sekunder adalah kemasan lapis kedua setelah kemasan primer, dengan tujuan untuk lebih memberikan perlindungan kepada produk.
- c. Kemasan tersier adalah kemasan lapis ketiga setelah kemasan sekunder, dengan tujuan untuk memudahkan proses transportasi agar lebih praktis dan efisien. Kemasan tersier bisa berupa kotak karton atau peti kayu.

2.4.1 Jenis Plastik

Berikut jenis-jenis plastik yang dapat digunakan dalam pengemasan makanan:

1. Polietilen

Polietilen adalah polimer dari monomer etilen yang dibuat dengan proses polimerisasi adisi dari gas etilen yang diperoleh dari hasil samping industri minyak dan batubara. Proses polimerisasi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu polimerisasi dalam bejana bertekanan tinggi (1000atm - 3000atm) menghasilkan molekul makro dengan banyak percabangan yakni campuran dari rantai lurus dan bercabang. Cara kedua, polimerisasi dengan bejana bertekanan rendah (10-40 atm) menghasilkan molekul makro berantai lurus dan tersusun paralel. Reaksi yang terjadi adalah :



Polietilen merupakan film yang lunak, transparan dan fleksibel, mempunyai kekuatan benturan dan kekuatan sobek yang baik. Pemanasan polietilen akan menyebabkan plastik ini menjadi lunak dan cair pada suhu 110°C. Sifat permeabilitasnya yang rendah dan sifat mekaniknya yang baik, maka polietilen dengan ketebalan 0.001 – 0.01 inchi banyak digunakan untuk mengemas bahan pangan.

Plastik polietilen termasuk golongan termoplastik sehingga dapat dibentuk menjadi kantung dengan derajat kerapatan yang baik.

Berdasarkan densitasnya, maka plastik polietilen dibedakan atas :

a. Polietilen densitas rendah (LDPE= *Low Density Polyethylene*)

LDPE dihasilkan dengan cara polimerisasi pada tekanan tinggi, mudah dikelim dan harganya murah. Dalam perdagangan dikenal dengan nama alathon, dylan dan fortiflex. Kekakuan dan kuat tarik dari LDPE lebih rendah daripada HDPE (modulus Young 20000-30000 psi, dan kuat tarik 1200-2000 psi), tapi karena LDPE memiliki derajat elongasi yang tinggi (400-800%) maka plastik ini mempunyai kekuatan terhadap kerusakan dan ketahanan untuk putus yang tinggi. Titik lelehnya berkisar antara 105°C-115°C. Digunakan untuk film, mangkuk, botol dan wadah/kemasan.

- b. Polietilen densitas menengah (MDPE = *Medium Density Polyethylene*)
MDPE lebih kaku dari LDPE dan titik lelehnya lebih tinggi dari LDPE, yaitu antara 115-125°C, mempunyai densitas 0.927-0.940 g/cm³.
- c. Polietilen Densitas Tinggi (HDPE = *High Density Polyethylene*)
HDPE dihasilkan dengan cara polimerisasi pada tekanan dan suhu yang rendah (10atm, 50-70°C). HDPE lebih kaku dibanding LDPE dan MDPE, tahan terhadap suhu tinggi sehingga dapat digunakan untuk produk yang akan disterilisasi. Dalam perdagangan dikenal dengan nama alathon, alkahtene, blapol, carag, fi-fax, hostalon.
- d. *Linear-low-density polyethylene* (LLDPE) yaitu kopolimer etilen dengan sejumlah kecil butana, heksana atau oktana, sehingga mempunyai cabang pada rantai utama dengan interval (jarak) yang teratur. LLDPE lebih kuat daripada LDPE dan sifat *heat sealing*-nya juga lebih baik.

Sifat-sifat polietilen adalah :

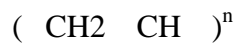
1. Penampakkannya bervariasi dari transparan, berminyak sampai keruh (translusid) tergantung proses pembuatan dan jenis resin.
 2. Fleksible sehingga mudah dibentuk dan mempunyai daya rentang yang tinggi.
 3. *Heat seal* (dapat dikelim dengan panas), sehingga dapat digunakan untuk laminasi dengan bahan lain. Titik leleh 120°C.
 4. Tahan asam, basa, alkohol, deterjen dan bahan kimia.
 5. Kedap terhadap air, uap air dan gas.
 6. Dapat digunakan untuk penyimpanan beku hingga suhu -50°C.
 7. Transmisi gas tinggi sehingga tidak cocok untuk pengemasan bahan yang beraroma.
 8. Tidak sesuai untuk bahan pangan berlemak
 9. Mudah lengket sehingga sulit dalam proses laminasi, tapi dengan bahan bahan antiblok sifat ini dapat diperbaiki.
 10. Dapat dicetak
2. Poliester atau Polietilen Tereftalat (PET)
PET adalah hasil kondensasi polimer etilen glikol dan asam tereftalat, dan dikenal dengan nama dagang mylar. Jenis plastik ini banyak digunakan dalam

laminasi terutama untuk meningkatkan daya tahan kemasan terhadap kikisan dan sobekan sehingga banyak digunakan sebagai kantung-kantung makanan.

Sifat-sifat plastik PET adalah :

- a. Tembus pandang (transparan), bersih dan jernih
 - b. Tahan terhadap suhu tinggi (300°C)
 - c. Permeabilitasnya terhadap uap air dan gas rendah
 - d. Tahan terhadap pelarut organik seperti asam-asam organik dari buah-buahan, sehingga dapat digunakan untuk mengemas minuman sari buah.
 - e. Tidak tahan terhadap asam kuat, fenol dan benzil alkohol.
 - f. Kuat dan tidak mudah sobek
 - g. Tidak mudah dikelim dengan pelarut
3. Polipropilen (PP)

Polipropilen adalah polimer dari propilen dan termasuk jenis plastik olefin, dengan rumus bangun sebagai berikut :



CH₃

Polipropilen mempunyai nama dagang Bexophane, Dynafilm, Luparen, Escon, Olefane dan Profax.. Sifat-sifat dan penggunaannya sangat mirip dengan polietilen, yaitu :

- a. Ringan (densitas 0.9 g/cm³)
- b. Mudah dibentuk
- c. Tembus pandang dan jernih dalam bentuk film, tapi tidak transparan dalam bentuk kemasan kaku
- d. Lebih kuat dari PE. Pada suhu rendah akan rapuh, dalam bentuk murninya mudah pecah pada suhu -30°C sehingga perlu ditambahkan PE atau bahan lain untuk memperbaiki ketahanan terhadap benturan. Tidak dapat digunakan untuk kemasan beku.
- e. Lebih kaku dari PE dan tidak mudah sobek sehingga mudah dalam penanganan dan distribusi

- f. Daya tembus (permeabilitasnya) terhadap uap air rendah, permeabilitas terhadap gas sedang, dan tidak baik untuk bahan pangan yang mudah rusak oleh oksigen.
- g. Tahan terhadap suhu tinggi sampai dengan 150°C, sehingga dapat dipakai untuk mensterilkan bahan pangan.
- h. Mempunyai titik lebur yang tinggi, sehingga sulit untuk dibentuk menjadi kantung dengan sifat kelim panas yang baik.
- i. Polipropilen juga tahan lemak, asam kuat dan basa, sehingga baik untuk kemasan minyak dan sari buah. Pada suhu kamar tidak terpengaruh oleh pelarut kecuali oleh HCl.
- j. Pada suhu tinggi PP akan bereaksi dengan benzen, siklen, toluen, terpentin dan asam nitrat kuat.

Sifat-sifat polipropilen dapat diperbaiki dengan memodifikasi menjadi OPP (*oriented polypropylene*), yaitu pembuatannya dilakukan dengan menarik ke satu arah, atau menjadi BOPP (*Biaxial Oriented Polypropylene*), jika ditarik dari dua arah.

4. Polistiren

Polistiren ditemukan pada tahun 1839 oleh E.Simon, tapi secara komersial baru diproduksi di Jerman tahun 1935 dengan nama dagang Bextrene, Carinex, Dylene, Fostarene, Kardel, Vestyran, Lustrex, Restirolo, Luran dan Lorkalene.

Sifat-sifat umum polistiren adalah :

- a. Kekuatan tariknya tinggi dan tidak mudah sobek
- b. Titik leburnya rendah (88°C), lunak pada suhu 90-95°C
- c. Tahan terhadap asam dan basa kecuali asam pengoksidasi
- d. Terurai dengan alkohol pada konsentrasi tinggi, ester, keton, hidrokarbon aromatik dan klorin
- e. Permeabilitas uap air dan gas sangat tinggi, baik untuk kemasan bahan segar
- f. Permukaan licin, jernih dan mengkilap serta mudah dicetak
- g. Bila kontak dengan pelarut akan keruh
- h. Mudah menyerap pemlastis, jika ditempatkan bersama-sama dengan plastik lain menyebabkan penyimpangan warna

- i. Mempunyai afinitas yang tinggi terhadap debu dan kotoran
- j. Baik untuk bahan dasar laminasi dengan logam (aluminium)

Oriented Polistiren (OPS) banyak digunakan untuk kemasan buah-buahan dan sayuran yang memerlukan permeabilitas uap air dan gas yang tinggi. Bentuk lain adalah kopolimer stiren dengan karet butadien (SB), kopolimer stiren dengan akrilonitril (SAN) dan kopolimer akrilonitril butadien stiren (ABS). Nama dagang ABS : Abson, Cycolac, Royalite dan Sulvac. ABS adalah termoplastik yang bersifat tidak transparan (*translucent*), tidak berwarna putih tapi kekuningan, dan dalam kemasan berperan sebagai *thermoforming*.

5. Nilon atau Poliamida (PA)

Poliamida diperoleh dengan cara kondensasi polimer (polikondensasi) dari asam amino atau diamina dengan asam dua karboksilat (di-acid). Asam amino dan asam karboksilat mempunyai banyak jenis, sehingga nilon yang dihasilkan juga berbagai macam, misalnya :

- a. Nilon 6 yang tahan terhadap abrasi
- b. Nilon 11 dan nilon 12, tahan terhadap oksigen, air dan dapat direkat pada suhu rendah

Dahulu digunakan untuk industri tekstil, tapi saat ini sudah digunakan sebagai film kemasan, dengan nama dagang Nypel, Ultramid, X-tal, Zytel, Capran dan Rilsan. Poliamida tergolong termoplastik non etilen dengan sifat-sifat sebagai berikut :

- a. Bersifat inert, tahan panas dan mempunyai sifat-sifat mekanis yang istimewa (*elongation, tensile strength, tear strength, folding endurance*)
- b. Tahan terhadap asam encer dan basa, tidak tahan asam kuat dan pengoksidasi
- c. Tidak berasa, tidak berbau dan tidak beracun
- d. Larut dalam asam formal dan penol
- e. Cukup kedap gas, tetapi tidak kedap air
- f. Dapat mengkerut karena perubahan kelembaban, atau dapat mengembang dan menyerap air hingga 8%

- g. Tahan terhadap suhu tinggi, dan baik digunakan untuk kemasan bahan yang dimasak di dalam kemasannya, seperti nasi instan, serta untuk produk-produk yang disterilisasi, dan untuk kemas hampa

Nilon dilapiskan secara kombinasi dengan bahan lain sehingga diperoleh sifat kemasan yang inert dan permeabilitasnya rendah. Nilon dapat digunakan untuk semua jenis makanan kecuali susu dan produk-produk susu.

6. Polivinil Klorida (PVC)

Reaksi polimerisasi vinil klorida ditemukan pada tahun 1835 oleh Regnault, dan fabrikasinya dimulai tahun 1931. Nama-nama dagang PVC adalah Elvax, Geon, Postalit, Irvinil, Kenron, Marvinol, Opalon, Rucoblend, Vinoflex. Kemasan PVC dapat berupa kemasan kaku atau kemasan bentuk. Beberapa jenis PVC adalah :

a. *Plasticized Vinyl Chlorida*

Bahan pemlastis yang digunakan adalah resin (poliester, epoksi) dan non resin (ptalat dan posfat). Digunakan untuk kemasan daging segar, ikan, buah-buahan dan sayuran.

b. *Vinyl Copolymer*

Vinyl copolimer mirip dengan plastized vinil klorida, hanya resinnya berupa polimer, sehingga dapat digunakan untuk kemasan *blister pack*, kosmetika dan sari buah.

c. *Oriented Film*

PVC jenis *oriented film* mempunyai sifat yang luwes (lunak) dan tidak mudah berkerut.

Sifat-sifat umum kemasan PVC adalah sebagai berikut :

- a. Tembus pandang, ada juga yang keruh
- b. Permeabilitas terhadap uap air dan gas rendah
- c. Tahan minyak, alkohol dan pelarut petroleum, sehingga dapat digunakan untuk kemasan, mentega, margarin dan minyak goreng
- d. Kekuatan tarik tinggi dan tidak mudah sobek
- e. Dipengaruhi oleh hidrokarbon aromatik, keton, aldehida, ester, eter aromatik, anhidrat dan molekul-molekul yang mengandung belerang, nitrogen dan fosfor. Tidak terpengaruh oleh asam dan basa, kecuali asam

pengoksidasi, akan tetapi pemlastis akan terhidrolisa oleh asam dan basa pekat.

f. Densitas 1.35-1.4 g/cm³

Bahan penstabil yang diizinkan untuk pembuatan kemasan PVC adalah dioktil-tin mercaptoasetat dan maleat.

2.4.2 Sifat Plastik Terhadap Produk Makanan

Sebagian besar bahan baku plastik berasal dari gas alam dan minyak bumi. Melalui proses polimerisasi, gas dan minyak bumi diubah menjadi plastik. Agar plastik memiliki sifat yang optimal, maka ditambahkan beberapa zat aditif, seperti *plasticizer*, penstabil/ *stabilizer*, pewarna, pelumas, pengawet, antioksidan, bahan antistatik dan lain sebagainya. Terdapat empat komponen utama yang mempengaruhi sifat plastik terhadap makanan, yakni potensi migrasi zat plastik meningkat seiring dengan meningkatnya lama kontak, suhu kontak, adanya jenis bahan pangan yang agresif, dan kerapatan plastik (permeabilitas/ daya tembus) (Retno Pratiwi, 2010).

1. Lama Kontak

Lamanya penyimpanan makanan di dalam kemasan dapat mempengaruhi rasa, bau, bahkan warna yang terdapat pada makanan akibat bahan kemasan yang bermigrasi ke makanan. Maka dibutuhkan plastik yang memiliki ketebalan susunan monomer yang besar agar penyimpanan dalam plastik tidak merubah sifat makanan tersebut. Diantara plastik yang dapat digunakan pada jangka waktu tertentu.

Tabel 2.3 Jangka Pemakaian Plastik Berdasarkan Densitas (Budiawan, 2004)

No	Jenis Plastik	Densitas	Jangka Pemakaian
1	LDPE	0.93 g/cm ³	< 3 bulan
2	HDPE	0.941 g/cm ³	< 4 bulan
3	PET	1.58 g/cm ³	< 18 bulan
4	PP	0.9 g/cm ³	3–4 minggu
5	PS	1.04 g/cm ³	< 9 bulan
6	PVC	1.35 g/cm ³	< 12 bulan
7	Nylon	1.4 g/cm ³	<14 bulan

2. Pengaruh Suhu

Produk pangan mudah bereaksi terhadap perubahan suhu dan kelembaban. Perubahan ini akan mengakibatkan kerusakan fisik, kimia, maupun mikrobiologis pada produk. Kantung plastik yang digunakan sebagai pengemas produk segar harus memiliki sifat fisik dan mekanik yang baik agar dapat tetap menjaga kualitas produk yang dikemas.

Tabel 2.4 Sifat Plastik Berdasarkan Suhu (Budiawan, 2004)

No	Suhu	Jenis Plastik
1	Suhu rendah (<i>freezer</i>) $>30^{\circ}\text{C}$	LDPE, HDPE, PET, PP, PVC, Nylon, PS
2	Suhu Ruangan	LDPE, HDPE, PET, PP, PVC, Nylon, PS
3	Suhu Tinggi (panas) $< 60^{\circ}\text{C}$	HDPE, PET, PVC, Nylon

3. Jenis Makanan

Kandungan makanan yang akan dikemas dapat mempengaruhi sifat plastik. Interaksi keduanya terjadi karena adanya kontak langsung antara bahan kemasan dengan produk pangan yang adanya di dalamnya. Migrasi merupakan salah satu mekanisme yang digunakan untuk menjelaskan interaksi antara kemasan dengan produk terkemas. Walaupun migrasi dapat berasal pula dari bahan pangan ke dalam kemasan, yang lebih dikhawatirkan adalah migrasi dari bahan kemasan ke dalam pangan (Pratiwi Retno 2010).

Potensi migrasi meningkat seiring dengan meningkatnya lama kontak, suhu kontak, dan luas permukaan kontak, semakin tinggi konsentrasi komponen aditif dalam bahan kemasan, dan adanya bahan pangan yang agresif. Potensi migrasi menurun bila bahan kemasan berbobot molekul tinggi, kontak antara pangan dan kemasan tidak langsung atau kering, daya difusi bahan kemasan rendah (inert), dan adanya lapisan pembatas yang inert (Pratiwi Retno 2010).

Simulan pangan digunakan sebagai pengganti pangan pada uji migrasi kemasan. Uji dengan pangan langsung terkadang sulit dilakukan karena produk pangan merupakan matriks yang sangat kompleks. Menurut McCort-Tipton and Pesselman (1999), simulan pangan adalah larutan yang dapat menyerupai aksi pelepasan komponen dari pangan yang berair, asam, beralkohol, dan berlemak.

Makanan terdiri dari beberapa komposisi yang sangat kompleks, sehingga sulit untuk memperoleh jumlah migrasi kemasan ke produk tersebut (makanan). Oleh karena itu digunakan simulan pangan yang merupakan single komponen untuk mewakili komposisi pangan yang bertujuan untuk memudahkan melihat dan menghitung jumlah migrasi dari bahan kemasan.

Dalam buku Pedoman Uji migrasi yang dikeluarkan oleh BPOM menyebutkan bahwa menurut aturan Uni Eropa (EU) batas migrasi menjadi dua yaitu batas migrasi total dan batas migrasi spesifik. Batas migrasi total adalah perpindahan seluruh zat yang berpindah dari kemasan ke dalam pangan dalam simulan tertentu sesuai jenis atau tipe pangan dengan batas maksimal sebesar 60mg/kg pangan. Sementara batas migrasi spesifik adalah jumlah maksimum suatu zat spesifik yang diperbolehkan berpindah dari suatu FCS (*Food Contact Substance*) dari kemasan ke dalam pangan dan dipresentasikan sebagai perpindahan senyawa spesifik (FCS) tersebut ke dalam simulan pangan.

Simulan pangan yang direkomendasikan *Food and Drug Administration* (FDA) dan *European Union* (EU) diklasifikasikan tipe pangannya yakni pangan berair, asam, berlemak, dan beralkohol. Secara umum, FDA merekomendasikan simulan etanol 10% untuk pangan berair dan asam, etanol 10% atau 50% untuk pangan beralkohol, dan minyak makan, HB307 (campuran trigliserida sintesis), atau Miglyol 812 (minyak kelapa yang difraksinasi) untuk makanan berlemak. FDA juga mengatur tentang beberapa simulan pengganti untuk pangan berlemak, bila penggunaan minyak makan tidak praktis. Simulan tersebut terdiri dari etanol 95% dan 50%, tergantung polimer yang diuji. Alternatif simulan pangan yang disarankan oleh FDA antara lain air destilasi dan asam asetat 3% untuk pangan berair dan asam; dan etanol 50% atau 95% atau heptana untuk pangan berlemak (McCort-Tipton and Pesselman, 1999). EU membagi penggunaan simulan pangan menjadi empat bagian, yaitu air destilasi untuk pangan berair ($\text{pH} > 4,5$); asam asetat 3% untuk pangan asam ($\text{pH} < 4,5$); etanol 10% untuk pangan beralkohol dan minyak zaitun rectified, campuran triiserida sintesis, minyak bunga matahari, atau minyak jagung untuk pangan berlemak.

Menurut Warsiki (2013) proses migrasi dapat berlangsung dipengaruhi oleh empat faktor yaitu tipe pangan, struktur bahan kemasan, suhu, dan waktu

tertentu. Tipe pangan yang tercantum dalam Peraturan Kepala BPOM RI No.HK 00.05.55.6497 tentang batas kemasan pangan mengacu pada tipe pangan yang digunakan di US FDA. Tipe pangan tersebut diklasifikasikan menjadi pangan berair, asam, beralkohol, dan berlemak. Hal ini sangat penting diketahui untuk menentukan simulant pangan yang akan direkomendasikan pada saat pengujian batas migrasi. Simulant pangan yang direkomendasikan adalah

- Pangan berair/asam/beralkohol rendah : etanol 10%
- Pangan beralkohol tinggi : 50%
- Pangan berlemak : larutan etanol air atau minyak pangan

Mengacu pada peraturan dari Uni Eropa dalam 82/711/EEC untuk berbagai tipe pangan dan simulan pangan pada tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5 Tipe Pangan dan Simulan Pangan menurut Uni Eropa

Tipe Pangan	Simulant Pangan	Singkatan
Pangan berair (pH > 4.5)	Air destilasi atau air lain yang serupa	Simulant A
Pangan asam (pH < 4.5)	Asam asetat 3% (w/v)	Simulant B
Pangan beralkohol	Etanol 10%, disesuaikan dengan kandungan alcohol sebenarnya dari pangan tersebut jika melebihi 10% (v/V)	Simulant C
Pangan berlemak	Simulant pangan berlemak	Simulant D
Pangan kering	Tidak ada	Tidak ada

Simulan A, B, dan C disebut *aqueous food stimulant* karena berbasis air, sedangkan Simulan D disebut *fatty food stimulant*. Dalam penelitian Warsiki (2008) menyebutkan bahwa total migrasi bahan kemasan yang digunakan untuk sop torbun yang menggunakan Simulan A, B, dan C masih di bawah ketentuan *Commission Directive 90/128/EEC* (1990). Sedangkan untuk Simulan menggunakan alcohol 95%, memberikan hasil yang cukup tinggi, tiga kali lipat dari yang diperbolehkan. Dalam pembahasannya menyebutkan bahwa 95% alcohol dalam air mempresentasikan larutan penguji pengganti minyak atau lemak, dimana alkohol berkonsentrasi tinggi cukup agresif dalam melarutkan lapisan enamel kemasan.

Dari hasil penelitian maka dapat diuraikan dalam tabel berikut ini

Tabel 2.6 Jenis Pangan dan Jenis Plastik yang Cocok

Jenis Pangan	Jenis Plastik yang Cocok
Pangan berair/ basah	LDPE, HDPE, PET, PP, PVC, Nylon
Pangan asam	LDPE, HDPE, PP, PVC, Nylon
Pangan beralkohol	LDPE, HDPE, PVC
Pangan berlemak	PET, PP, PVC, Nylon

4. Permeabilitas (Daya Tembus)

Kerapatan monomer yang menyusun pada plastik, dapat mempengaruhi kualitas dari makanan yang akan dikemas. Hubungan jenis bahan pengemas dengan daya awet bahan pangan yang dikemas ditentukan berdasarkan permeabilitasnya. Permeabilitas merupakan transfer molekul air atau gas melalui kemasan baik dari produk ke lingkungan ataupun sebaliknya. Permeabilitas uap air kemasan merupakan kecepatan atau laju transmisi uap air melalui suatu unit luasan bahan dengan ketebalan tertentu akibat adanya perbedaan tekanan uap air antara produk dengan lingkungan pada suhu dan kelembaban tertentu (Robertson, 2010).

2.4.3 Produk Makanan

Beberapa kategori pengemasan makanan:

1. Pengemasan pengolahan makanan segar

Merupakan pengemasan makanan yang meliputi pengemasan makanan mentah seperti ikan segar, daging segar, sayur-sayuran segar, buah segar.

2. Pengemasan pengolahan makanan basah (mengandung air)

Merupakan pengemasan makanan yang meliputi pengemasan makanan olahan basah seperti bakso ikan, otak-otak ikan, dan bandeng presto.

3. Pengemasan pengolahan makanan kering

Merupakan pengemasan makanan yang meliputi pengemasan makanan kering seperti pilus ikan, kerupuk udang dan abon ikan.