

## KISI-KISI KECERDASAN BUATAN

1. Dasar-dasar, pengertian, kegunaan, aplikasi dalam kehidupan  
Kecerdasan buatan
2. Dasar-dasar Masalah, Ruang masalah dan aturan dalam pencarian
3. Graph kebenaran alur kegiatan terpendek, terpanjang serta nilainya
4. Pohon keputusan

# BAB 1

## PENGENALAN KE CERDASAN BUATAN

### TUJUAN PEMBELAJARAN

Anda mempunyai pengetahuan dasar (*basic science*) tentang definisi kecerdasan buatan dan sejarahnya, perbandingan antara kecerdasan buatan dan kecerdasan alami, perbandingan komputasi kecerdasan buatan dan komputasi pemrograman konvensional. Selain itu, Anda akan mengetahui subdisiplin ilmu dalam kecerdasan buatan, aplikasi kecerdasan buatan dalam bidang komersial, dan istilah *soft computing*, tujuan dan kegunaannya.

### OUTCOME PEMBELAJARAN

Anda mempunyai kemampuan untuk menjelaskan definisi kecerdasan buatan dan sejarahnya, membandingkan kecerdasan buatan dan kecerdasan alami, membandingkan komputasi kecerdasan buatan dan komputasi pemrograman konvensional. Anda bisa mengklasifikasikan subdisiplin ilmu dalam kecerdasan buatan, bisa menjelaskan aplikasi kecerdasan buatan dalam bidang komersial, bisa menerangkan istilah *soft computing*, tujuan dan kegunaannya.

### 1.1 DEFINISI KE CERDASAN BUATAN

Kecerdasan buatan berasal dari bahasa Inggris "*Artificial Intelligence*" atau disingkat AI, yaitu *intelligence* adalah kata sifat yang berarti cerdas, sedangkan *artificial* artinya buatan. Kecerdasan buatan yang dimaksud di sini merujuk pada mesin yang mampu berpikir, menimbang tindakan yang akan diambil, dan mampu mengambil keputusan seperti yang dilakukan oleh manusia. Berikut adalah beberapa definisi kecerdasan buatan yang telah didefinisikan oleh beberapa ahli.

Alan Turing, ahli matematika berkebangsaan Inggris yang dijuluki bapak komputer modern dan pembongkar sandi Nazi dalam era Perang Dunia II 1950, menetapkan definisi *Artificial*

*Intelligent*. “Jika komputer tidak dapat dibedakan dengan manusia saat berbincang melalui terminal komputer, maka bisa dikatakan komputer itu cerdas, mempunyai kecerdasan” ([http://en.wikipedia.org/wiki/Alan\\_Turing](http://en.wikipedia.org/wiki/Alan_Turing)).

Misalnya Anda mengunjungi sebuah situs agen penjualan barang antik. Di layar komputer muncul wajah seorang wanita yang sangat cantik dan seksi. Sayangnya wajah wanita itu hanyalah ciptaan komputer belaka. Unikinya, ia mampu bercakap-cakap dengan Anda untuk melayani penjualan barang antik dan Anda tidak menyadarinya, layaknya Anda berbicara dengan staf wanita sesungguhnya di *counter* agen penjualan. Kalau ini terjadi, maka pelayanan penjualan barang antik dapat dilakukan 100% online, dengan akurasi yang sangat tinggi, terutama dari konsistensi, keramahan, kecepatan, dan akurasi—pelayanan dijamin memuaskan pelanggan. Lain kalau kita menggunakan staf manusia asli yang konsistensinya tidak bisa akurat karena terpengaruh kondisi fisik dan emosi saat itu.

John McCarthy dari Stanford mendefinisikan kecerdasan sebagai “kemampuan untuk mencapai sukses dalam menyelesaikan suatu permasalahan” ([http://en.wikipedia.org/wiki/John\\_McCarthy\\_\(computer\\_scientist\)](http://en.wikipedia.org/wiki/John_McCarthy_(computer_scientist))).

Herbert Alexander Simon (June 15, 1916–February 9, 2001):

“Kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) merupakan kawasan penelitian, aplikasi, dan instruksi yang terkait dengan pemrograman komputer untuk melakukan sesuatu hal yang dalam pandangan manusia adalah cerdas” ([http://en.wikipedia.org/wiki/Herbert\\_Simon](http://en.wikipedia.org/wiki/Herbert_Simon)).

Rich and Knight (1991):

“Kecerdasan buatan (AI) merupakan sebuah studi tentang bagaimana membuat komputer melakukan hal-hal yang pada saat ini dapat dilakukan lebih baik oleh manusia” (<http://catalog.ebay.com/Artificial-Intelligence-Elaine-Rich-Kevin-Knight-1991-Hardcover-Subsequent-Edition-/34475:>).

Encyclopedia Britannica:

“Kecerdasan buatan (AI) merupakan cabang dari ilmu komputer yang dalam merepresentasi pengetahuan lebih banyak menggunakan bentuk simbol-simbol daripada

bilangan dan memproses informasi berdasarkan metode heuristik atau dengan berdasarkan sejumlah aturan.”

Menurut **Winston dan Prendergast (1984)**, tujuan dari kecerdasan buatan adalah:

1. Membuat mesin menjadi lebih pintar (tujuan utama)
2. Memahami apa itu kecerdasan (tujuan ilmiah)
3. Membuat mesin lebih bermanfaat (tujuan *entrepreneurial*)

Berdasarkan definisi ini, maka kecerdasan buatan menawarkan media maupun uji teori tentang kecerdasan. Teori-teori ini nantinya dapat dinyatakan dalam bahasa pemrograman dan eksekusinya dapat dibuktikan pada komputer nyata.

Program konvensional hanya dapat menyelesaikan persoalan yang diprogram secara spesifik. Jika ada informasi baru, sebuah program konvensional harus diubah untuk menyesuaikan diri dengan informasi baru tersebut. Hal ini tidak hanya menyebabkan boros waktu, namun juga dapat menyebabkan terjadinya eror. Sebaliknya, kecerdasan buatan memungkinkan komputer untuk berpikir atau menalar dan menirukan proses belajar manusia sehingga informasi baru dapat diserap sebagai pengetahuan, pengalaman, dan proses pembelajaran serta dapat digunakan sebagai acuan di masa-masa yang akan datang.

Dari sini dapat dikatakan bahwa :

Cerdas adalah memiliki pengetahuan, pengalaman, dan penalaran untuk membuat keputusan dan mengambil tindakan. Jadi, agar mesin bisa cerdas (bertindak seperti manusia) maka harus diberi bekal pengetahuan dan diberi kemampuan untuk menalar.

## 1.2 SEJARAH KECERDASAN BUATAN

Selama bertahun-tahun para filsuf berusaha mempelajari kecerdasan yang dimiliki manusia. Dari pemikiran tersebut lahirlah AI sebagai cabang ilmu yang berusaha mempelajari dan meniru kecerdasan manusia. Sejak saat itu para peneliti mulai memikirkan perkembangan AI sehingga teori-teori dan prinsip-prinsipnya berkembang terus hingga sekarang. Secara lengkap sejarah perkembangan AI dapat dikemukakan sebagai berikut.

### Abad ke-17 sampai Abad ke-19

Abad ini merupakan titik awal perkembangan kecerdasan buatan. Hal ini ditandai oleh penemuan-penemuan berikut (<http://herodiaitc07.blogspot.com/2007/10/sejarah-kecerdasan-buatan.html>).



René Descartes

René Descartes mengemukakan bahwa semua tidak ada yang pasti, kecuali kenyataan bahwa seseorang bisa berpikir.

([http://id.wikipedia.org/wiki/Rene\\_Descartes](http://id.wikipedia.org/wiki/Rene_Descartes)).



Blaise Pascal

Blaise Pascal berhasil menciptakan mesin penghitung digital mekanis pertama pada 1642.

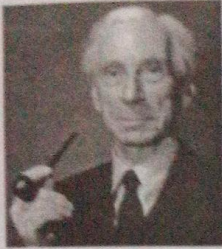
([http://id.wikipedia.org/wiki/Blaise\\_Pascal](http://id.wikipedia.org/wiki/Blaise_Pascal)).



Charles Babbage

Charles Babbage dan Ada Lovelace berhasil membuat mesin penghitung mekanis yang dapat diprogram.

([http://id.wikipedia.org/wiki/Charles\\_Babbage](http://id.wikipedia.org/wiki/Charles_Babbage)).



Bertrand Russell

Bertrand Russell dan Alfred North Whitehead menerbitkan buku *Principia Mathematica*, yang merombak logika formal.

([http://en.wikipedia.org/wiki/Principia\\_Mathematica](http://en.wikipedia.org/wiki/Principia_Mathematica)) dan

([http://id.wikipedia.org/wiki/Bertrand\\_Russell](http://id.wikipedia.org/wiki/Bertrand_Russell)).



Walter Pitts

Walter Pitts menerbitkan "Kalkulus Logis" pada 1943, yang merupakan fondasi untuk jaringan saraf tiruan.

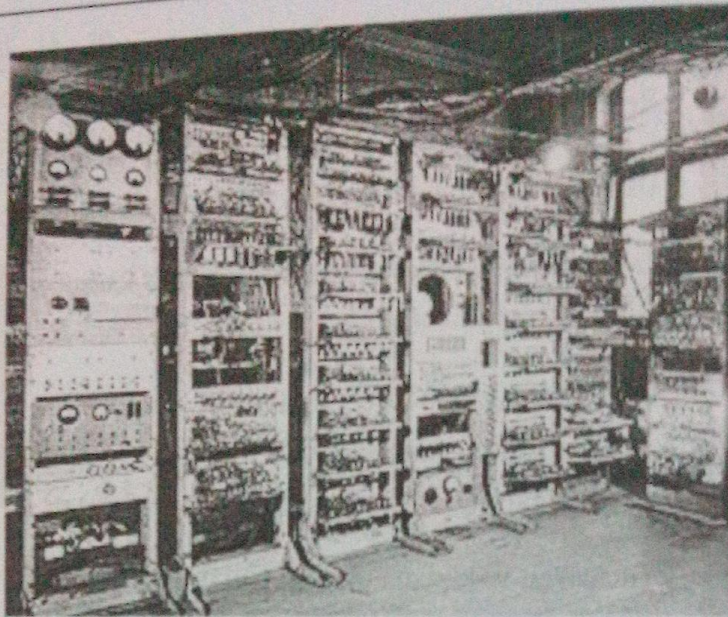
([http://en.wikipedia.org/wiki/Walter\\_Pitts](http://en.wikipedia.org/wiki/Walter_Pitts)) dan

([http://www.csulb.edu/~cwallis/artificialn/walter\\_pitts.html](http://www.csulb.edu/~cwallis/artificialn/walter_pitts.html)).

### Pada 1950-1970

Tahun-tahun ini merupakan tahun pembuka bagi kecerdasan buatan, di mana para ilmuwan dan peneliti mulai memikirkan cara agar mesin dapat melakukan pekerjaannya seperti yang dikerjakan oleh manusia. Hal ini ditandai oleh beberapa penemuan-penemuan berikut.

Pada Februari 1951, University of Manchester telah berhasil mengembangkan komputer elektronik pertama di dunia yang diberi nama "Ferranti Mark I" ([http://en.wikipedia.org/wiki/Manchester\\_Mark\\_1](http://en.wikipedia.org/wiki/Manchester_Mark_1)).



Ferranti Mark I



Dietrich Prinz

Pada 1951 sebuah program permainan catur berhasil dibuat oleh Dietrich Prinz.



Alan Turing

Alan Turing, seorang matematikawan Inggris pertama kali mengusulkan adanya tes untuk melihat bisa tidaknya sebuah mesin dikatakan cerdas. Hasil tes tersebut kemudian dikenal dengan Turing Test, di mana si mesin tersebut menyamar seolah-olah sebagai seseorang di dalam suatu permainan yang mampu memberikan respons terhadap serangkaian pertanyaan yang diajukan. Turing beranggapan bahwa jika mesin dapat membuat seseorang percaya bahwa dirinya mampu berkomunikasi dengan orang lain, maka dapat dikatakan bahwa mesin tersebut cerdas (seperti layaknya manusia). (<http://www.turing.org.uk/turing/>).



John McCarthy

John McCarthy membuat istilah "kecerdasan buatan" pada konferensi pertama yang disediakan untuk pokok persoalan ini, pada 1956. Dia juga menemukan bahasa pemrograman Lisp ([http://en.wikipedia.org/wiki/John\\_McCarthy\\_\(computer\\_scientist\)](http://en.wikipedia.org/wiki/John_McCarthy_(computer_scientist))).



Joseph Weizenbaum

ELIZA diprogram oleh Joseph Weizenbaum (1967). Program ini mampu melakukan terapi terhadap pasien dengan memberikan beberapa pertanyaan.

([http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph\\_Weizenbaum](http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Weizenbaum)).



Alain Colmerauer

Alain Colmerauer mengembangkan bahasa komputer Prolog.

([http://en.wikipedia.org/wiki/Alain\\_Colmerauer](http://en.wikipedia.org/wiki/Alain_Colmerauer)).



Joel Moses

Selama 1960-an dan 1970-an, Joel Moses mendemonstrasikan kekuatan pertimbangan simbolis untuk mengintegrasikan masalah di dalam program Maccsima, program berbasis pengetahuan yang sukses pertama kali dalam bidang matematika.

(<http://adbonline.anu.edu.au/biogs/A140265b.htm>).





Marvin Minsky

Marvin Minsky dan Seymour Papert menerbitkan *Perceptrons*, yang mendemostrasikan batas jaringan saraf tiruan sederhana.

([http://en.wikipedia.org/wiki/Marvin\\_Minsky](http://en.wikipedia.org/wiki/Marvin_Minsky)).



Ted Shortliffe

Ted Shortliffe mendemonstrasikan kekuatan sistem berbasis aturan untuk representasi pengetahuan dan inferensi dalam diagnosis dan terapi medis yang kadang kala disebut sebagai sistem pakar pertama.

([http://en.wikipedia.org/wiki/Edward\\_H.\\_Shortliffe](http://en.wikipedia.org/wiki/Edward_H._Shortliffe)).

Pada 1980-2004



Paul John W.

Pada 1980-an, jaringan saraf tiruan digunakan secara meluas dengan algoritma perambatan balik. Paul John Werbos adalah orang pertama yang menjelaskannya pada 1974.

Perolehan besar dalam berbagai bidang AI dan demonstrasi berbagai macam aplikasi berlangsung pada 1990-an.

*Deep Blue* adalah komputer pertama yang memenangkan sebuah permainan catur melawan seorang juara dunia (Garry Kasparov) dalam waktu standar sebuah turnamen catur. Kemenangan pertamanya (dalam pertandingan atau babak pertama) terjadi pada 10 Februari 1996 dan merupakan permainan yang sangat terkenal. Namun, Kasparov kemudian

memenangkan 3 pertandingan lainnya dan memperoleh hasil remis pada 2 pertandingan selanjutnya sehingga mengalahkan *Deep Blue* dengan hasil 4-2. *Deep Blue* lalu di-upgrade lagi secara besar-besaran dan kembali bertanding melawan Kasparov pada Mei 1997. Dalam pertandingan enam babak tersebut *Deep Blue* menang dengan hasil 3,5-2,5. Babak terakhirnya berakhir pada 11 Mei. *Deep Blue* menjadi komputer pertama yang mengalahkan juara dunia bertahan. Saat ini *Deep Blue* sudah "dipensiunkan" dan dipajang di Museum Nasional Sejarah Amerika (*National Museum of American History*), Amerika Serikat ([http://id.wikipedia.org/wiki/Deep\\_Blue](http://id.wikipedia.org/wiki/Deep_Blue)).



Deep Blue

Defense Advanced Research  
Projects Agency



Agency overview

Formed	1958
Headquarters	Arlington, Virginia
Employees	240
Annual budget	\$3.2 billion
Agency executive	Regina E. Dugan <sup>[1]</sup> , Director

Website

[DARPA.mil](http://DARPA.mil)

DARPA

DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*) menyatakan bahwa biaya yang disimpan melalui penerapan metode AI untuk unit penjadwalan dalam Perang Teluk pertama telah mengganti seluruh investasi dalam penelitian AI sejak 1950 pada pemerintah AS. Tantangan Hebat DARPA, yang dimulai pada 2004 adalah sebuah pacuan untuk hadiah \$2 juta di mana kendaraan dikemudikan sendiri tanpa komunikasi dengan manusia.

menggunakan GPS, komputer, dan susunan sensor yang canggih, melintasi beberapa ratus mil daerah gurun yang menantang (<http://en.wikipedia.org/wiki/DARPA>).

### 1.3 KECERDASAN ALAMI DAN KECERDASAN BUATAN

Jika dibandingkan dengan kecerdasan alami (kecerdasan yang dimiliki oleh manusia), kecerdasan buatan memiliki keuntungan komersial, antara lain (Turban):

1. Kecerdasan buatan lebih bersifat permanen. Kecerdasan alami akan cepat mengalami perubahan. Kemampuan kecerdasan buatan tidak akan pernah berubah selama programnya tidak diubah oleh programmer. Berbeda dengan kecerdasan alami. Karena sifat manusia yang subjektif, pelupa, dan makin lama makin tua hingga kemampuan berpikirnya berkurang seiring bertambahnya waktu, kemampuan kecerdasan alami cenderung tidak permanen.
2. Kecerdasan buatan lebih mudah diduplikasi dan disebar. Misalnya saja pemerintah membutuhkan 10.000 orang pakar penyakit jantung untuk ditempatkan di seluruh Indonesia. Bayangkan kalau pemerintah harus menyekolahkan anak bangsa sejumlah 10.000 orang, mulai dari SD sampai lulus sarjana kedokteran spesialis penyakit jantung. Waktu yang dibutuhkan minimal 20 tahun. Jika biaya pendidikan 1 orang Rp100 juta, maka untuk 10.000 orang biaya yang diperlukan adalah Rp1 triliun. Belum lagi kendala jika orangnya meninggal sebelum menjadi sarjana. Kalau sudah jadi sarjana, pemerintah akan kesulitan untuk mendistribusikan mereka ke pelosok-pelosok Indonesia. Hal ini sangat tidak efisien. Sementara itu, untuk kecerdasan buatan, pemerintah cukup membuat 1 sistem pakar penyakit jantung dengan waktu yang relatif lebih cepat dan biaya yang jauh lebih murah. Proses duplikasi dan pendistribusiannya ke seluruh pelosok tanah air pun sangat mudah.
3. Kecerdasan buatan lebih murah dibandingkan kecerdasan alami. Hal ini tergambar seperti dijelaskan dalam nomor 2.
4. Kecerdasan buatan bersifat konsisten. Misalnya saja telah dibuat sistem pakar hakim pengadilan untuk mengadili kasus-kasus pidana di Indonesia. Untuk kasus yang sama, solusi dan keputusan yang dibuat oleh kecerdasan buatan tidak pernah berubah. Berbeda dengan kecerdasan alami. Arti kata hakim bisa berubah menjadi "Hubungi Aku Kalau

Ingin Menang". Untuk kasus yang sama, solusi dan keputusan yang dibuat oleh kecerdasan alami bisa berubah-ubah tergantung orang yang terkena kasus telah menghubungi hakim atau tidak.

5. Kecerdasan buatan dapat didokumentasi. Solusi dan keputusan yang dibuat oleh kecerdasan buatan dapat didokumentasi dengan mudah karena disimpan di dalam hard disk dan pencarian datanya relatif lebih mudah dilacak. Sedangkan untuk kecerdasan alami, hal ini sangat sulit dilakukan.
6. Kecerdasan buatan dapat mengerjakan pekerjaan lebih cepat dibanding dengan kecerdasan alami. Tentu saja karena kecepatan berpikir dari sebuah prosesor jauh lebih cepat dibanding kecepatan berpikir dari otak manusia.
7. Kecerdasan buatan dapat mengerjakan pekerjaan lebih baik dibanding dengan kecerdasan alami.

Sementara itu, kecerdasan alami memberikan keuntungan sebagai berikut.

1. Kreatif. Pengetahuan seorang manusia selalu bertambah seiring dengan perkembangan waktu. Sifat bosan manusia pun mengakibatkan ia harus berpikir kreatif untuk mencari solusi-solusi terbaru. Berbeda dengan kecerdasan buatan, penambahan pengetahuan harus dilakukan pada sistem yang telah dibangun.
2. Kecerdasan alami memungkinkan orang menggunakan pengalaman secara langsung. Sedang pada kecerdasan buatan harus bekerja dengan input-input simbolik.
3. Pemikiran manusia dapat digunakan secara luas, sedangkan kecerdasan buatan sangat terbatas.

#### 1.4 KOMPUTASI KE CERDASAN BUATAN DAN PEMROGRAMAN KONVENSIONAL

Pada umumnya pemrograman konvensional hanya diperuntukkan sebagai alat hitung, sedangkan kecerdasan buatan digunakan untuk menyelesaikan suatu permasalahan. Oleh karena itu, ada beberapa perbedaan yang mendasar antara kecerdasan buatan dan pemrograman konvensional. Tabel 1.1 menunjukkan perbedaan komputasi kecerdasan buatan dengan komputasi pemrograman konvensional.

TABEL 1.1 Kecerdasan Buatan vs Pemrograman Konvensional

Dimensi	Kecerdasan Buatan	Pemrograman Konvensional
Pemrosesan	Mengandung konsep-konsep simbolik	Algoritmik
Sifat input	Bisa tidak lengkap	Harus lengkap
Pencarian	Kebanyakan bersifat heuristik	Biasanya didasarkan pada algoritma
Keterangan	Disediakan	Biasanya tidak disediakan
Fokus	Pengetahuan	Data & informasi
Struktur	Kontrol dipisahkan dari pengetahuan	Kontrol terintegrasi dengan informasi (data)
Sifat output	Kuantitatif	Kualitatif
Pemeliharaan & update	Relatif mudah	Sulit
Kemampuan menalar	Ya	Tidak

## 1.5 SUBDISIPLIN ILMU DALAM KECERDASAN BUATAN

Persoalan-persoalan yang ditangani oleh kecerdasan buatan makin lama makin berkembang sehingga memungkinkan bagi kecerdasan buatan untuk merambah ke bidang ilmu yang lain. Hal ini disebabkan karakteristik cerdas sudah mulai dibutuhkan di berbagai disiplin ilmu dan teknologi. Sebagai contoh, perkawinan antara psikologi dan kecerdasan buatan melahirkan sebuah area yang dikenal dengan nama *cognition & psycholinguistics*. Perpaduan antara teknik elektro dengan kecerdasan buatan melahirkan berbagai ilmu baru seperti pengolahan citra, teori kendali, serta pengenalan pola dan robotika. Sistem Pendukung Keputusan, dan Sistem Informasi Manajemen adalah hasil kontribusi dari kecerdasan buatan. Keadaan seperti ini melahirkan fenomena baru yang cukup rumit untuk mengklasifikasikan kecerdasan buatan menurut disiplin ilmu yang menggunakannya. Oleh karena itu, klasifikasi subdisiplin ilmu dalam kecerdasan buatan didasarkan pada hasil perkawinan antara kecerdasan buatan dengan bidang ilmu lainnya. Pembahasan selanjutnya adalah tentang beberapa subdisiplin ilmu dalam kecerdasan buatan.

### 1.5.1 Sistem Pakar (*Expert System*)

Sistem pakar adalah suatu sistem yang dirancang untuk dapat menirukan keahlian seorang pakar dalam menjawab pertanyaan dan memecahkan suatu masalah. Sistem pakar akan memberikan pemecahan suatu masalah yang didapat dari dialog dengan pengguna. Dengan bantuan Sistem Pakar seseorang yang bukan pakar/ahli dapat menjawab pertanyaan, menyelesaikan masalah serta mengambil keputusan yang biasanya dilakukan oleh seorang pakar.

#### Contoh 1.1 Sistem pakar untuk mendiagnosis penyakit mata

Masalah :

Bu Astuti adalah seorang dosen Fasilkom di suatu perguruan tinggi swasta di Semarang yang mempunyai penghasilan Rp5.000.000/bulan. Pada suatu ketika ia ditinggal suaminya pergi ke Jakarta beberapa bulan karena keperluan tugas dari kantornya. Tiba-tiba saja 3 minggu setelah kepergian suaminya, Bu Astuti merasa matanya merah tidak sembuh-sembuh. Ada apa ya? Untuk menyelesaikan permasalahan ini, akhirnya Bu Astuti memutuskan untuk berkonsultasi dengan Sistem Pakar penyakit mata yang telah dirancang oleh mahasiswa Fasilkom. Berikut hasil konsultasinya.

Apakah mata Bu Astuti merah (Y/T) ? Y

Apakah mata Bu Astuti kena debu (Y/T) ? T

Apakah mata Bu Astuti terasa sakit (Y/T) ? T

Apakah Bu Astuti dalam keadaan marah (Y/T) ? T

Apakah Bu Astuti suka duit (Y/T) ? Y

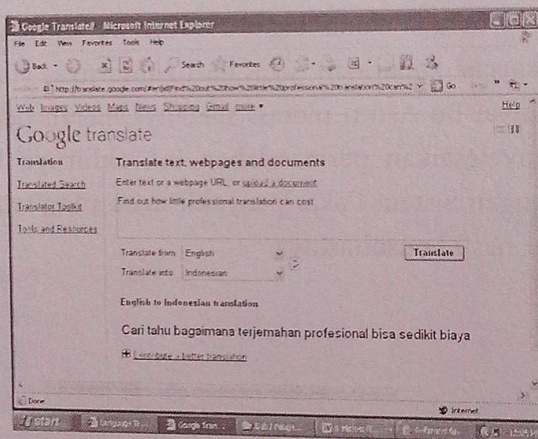
Solusi :

Mata Bu Astuti merah bukan karena sakit mata, melainkan Bu Astuti mata duitan. Artinya, kalau Bu Astuti melihat duit, mata Bu Astuti langsung merah. Jangan pergi ke dokter mata. Mata Bu Astuti tidak akan pernah sembuh jika berobat ke dokter mata. Pergi saja ke orang-orang yang berduit dan segera minta duit, dengan sendirinya mata Bu Astuti akan sembuh dan tidak merah lagi. Ok?

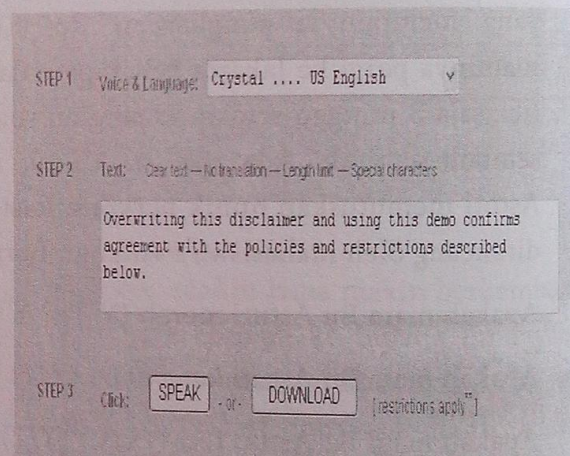
## 1.5.2 Pengolahan Bahasa Alami (*Natural Language Processing*)

Pengolahan Bahasa Alami adalah pembuatan program yang memiliki kemampuan untuk memahami bahasa manusia. Pada prinsipnya bahasa alami adalah suatu bentuk representasi dari suatu pesan yang ingin dikomunikasikan antarmanusia. Bentuk utama representasinya adalah berupa suara/ucapan (*spoken language*), tetapi sering pula dinyatakan dalam bentuk tulisan. Dengan pengolahan bahasa alami ini diharapkan pengguna dapat berkomunikasi dengan komputer dengan menggunakan bahasa sehari-hari. Tujuannya adalah melakukan proses pembuatan model komputasi dari bahasa sehingga dapat terjadi suatu interaksi antara manusia dengan komputer dengan perantaraan bahasa alami.

### Contoh 1.2 Google Translate

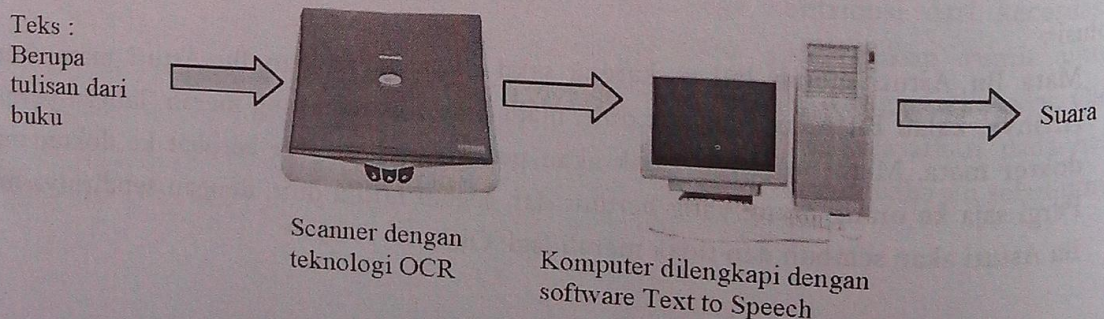


### Contoh 1.3 Text to Speech



Sumber: <http://www2.research.att.com/~ttsweb/tts/demo.php>

### Contoh 1.4 Alat bantu membaca untuk tunanetra

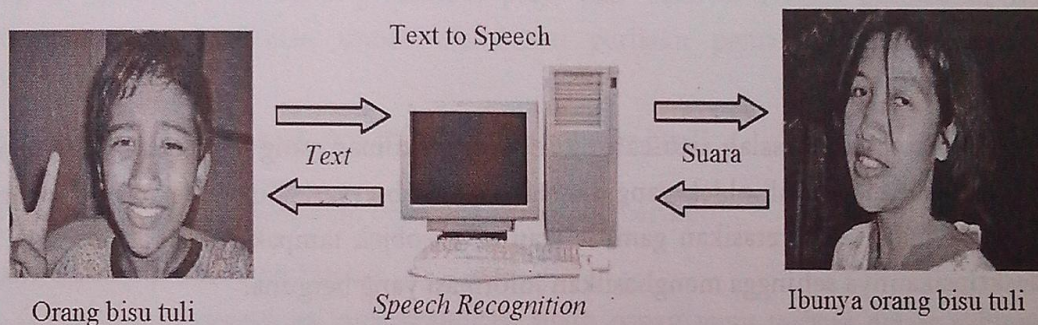


Alat bantu membaca untuk tunanetra, mempunyai masukan berupa teks tercetak (misalnya buku) dan mempunyai keluaran berupa ucapan dari teks tercetak yang diberikan.

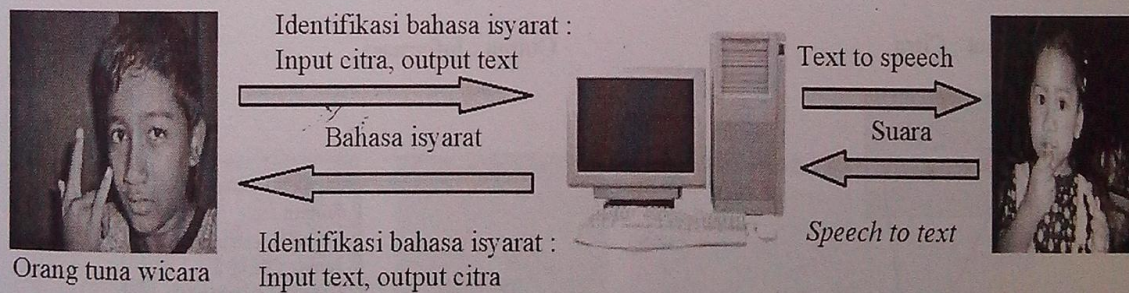
### 1.5.3 Pengenalan Ucapan (*Speech Recognition*)

Pengenalan ucapan, atau yang sering disebut dengan *Automatic Speech Recognition* (ASR), adalah suatu pengembangan teknik dan sistem yang memungkinkan komputer untuk menerima masukan berupa kata yang diucapkan ([http://id.wikipedia.org/wiki/Pengenalan\\_ucapan](http://id.wikipedia.org/wiki/Pengenalan_ucapan)).

Contoh 1.5 Telepon untuk penderita bisu tuli



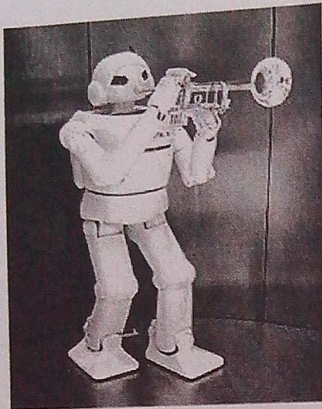
Contoh 1.6 Alat untuk tuna wicara



### 1.5.4 Robotika dan Sistem Sensor (*Robotics and Sensory Systems*)

Robotika adalah ilmu pengetahuan dan teknologi rekayasa robot, dan desain, manufaktur, aplikasi, dan disposisi struktural. Robotika berhubungan dengan elektronik, mekanik, dan perangkat lunak. Istilah robot berawal bahasa Cheko "robota" yang berarti pekerja yang





Sumber:

<http://id.wikipedia.org/wiki/Robot>

tidak mengenal lelah atau bosan. Sedangkan secara terminologi, arti yang paling tepat dengan istilah robot adalah "Sistem atau alat yang digunakan untuk menggantikan kinerja manusia secara otomatis". Robot adalah mesin yang mampu melaksanakan fungsi fisik manusia secara terbatas. Agar bisa menggunakan software intelligence, robot harus bisa menerima input lingkungannya. Ini berarti ia harus menggunakan sensor untuk mendeteksi posisi yang ada disekitarnya. (<http://anriz.com/pengertian-robotika/>)

### 1.5.5 Computer Vision

Computer Vision adalah salah satu cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari bagaimana komputer dapat mengenali objek yang diamati atau diobservasi. Komputer vision mencoba untuk dapat menginterpretasikan gambar atau objek-objek tampak melalui komputer dan mendeskripsikannya sehingga menghasilkan informasi yang berguna.

(<http://blog.indra-ehm.net/2008/02/pengenalan-computer-vision.html>)

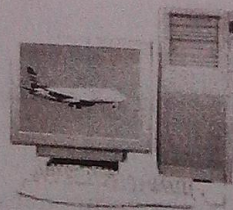
#### Contoh 1.7

Input : Citra

Output : Informasi



Citra Pesawat



Output :  
 Pesawat terbang  
 Jenis : CN 007  
 Berat : 2 kuintal  
 Buatan : Indonesia  
 Pabrik : IPTN  
 Jumlah penumpang :  
 50 orang  
 Prestasi : pernah  
 mendarat di hutan  
 Kalimantan 5 kali dan  
 berhasil selamat

### 1.5.6 *Intelligent Computer-Aided Instruction*



Komputer dapat digunakan sebagai tutor yang dapat melatih dan mengajar.

Contoh 1.8 Learn to speak English

### 1.5.7 *Game Playing*

Dalam kamus bahasa Indonesia, “*Game*” adalah permainan, yaitu kegiatan yang kompleks yang di dalamnya terdapat peraturan, *play*, dan budaya. Dalam permainan terdapat peraturan yang bertujuan untuk membatasi perilaku pemain sekaligus menentukan permainan.

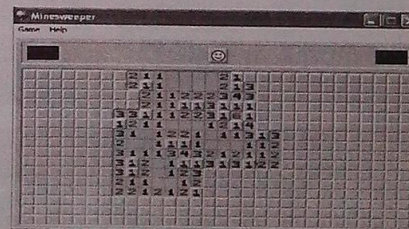
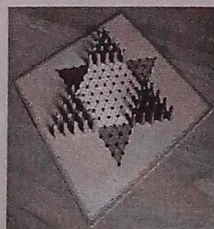
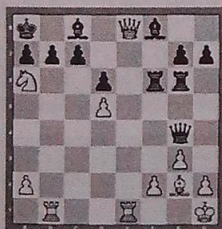
(<http://ayusafitri89.blogspot.com/2010/02/definisi-game.html>)

Game diklasifikasikan ke dalam beberapa kelompok berikut.

#### *Board Games* (Permainan Papan)

Game pada kategori ini membutuhkan suatu papan yang terbagi dalam sektor-sektor tertentu (dengan garis-garis) dan di dalamnya terdapat sejumlah alat main yang dapat digerakkan. Yang termasuk game dalam kategori ini adalah catur, halma, dan minesweeper.

Contoh 1.9

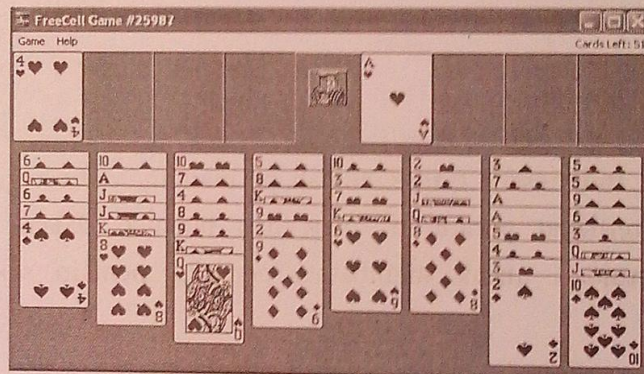


Sumber: <http://www.towntopics.com/aug1705/chess.html>

### Card Games (Permainan Kartu)

Game ini akan memanfaatkan simbol dari 52 kartu yang terbagi dalam dua faktor: suit (4 nilai) dan rank (13 nilai). Sejumlah ketentuan dibuat untuk mengatur cara-cara untuk membuat kombinasi tersebut.

Contoh 1.10 Game bawaan windows FreeCell



### Athletic Games (Permainan Atletik)

Games jenis ini lebih cenderung pada penggunaan fisik. Peraturan game mewajibkan pemain melakukan aksi tertentu. Kekuatan badan, kecepatan, ketepatan, dan kerja sama menjadi bagian utama dari game atletik ini (<http://www.myfootballgames.co.uk/>).


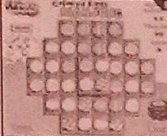




Contoh 1.11 Racing Games dan American Football Games



*Children Games* (Permainan Anak)

Contoh 1.12 (<http://www.thekidzpage.com/>)

**34 New April and Easter games, activities & puzzles added so far!**

<p>Featured Page</p>  <p>Printable coloring pages. Over 900 to choose from!</p> <p>Holidays, People, Animals &amp; More!</p>	<p><b>COLORING PAGES</b></p>	<p>Featured Game</p>  <p>arcade games puzzle games brain games sport games word games memory games</p>	<p><b>FREE ONLINE GAMES</b></p>	<p>Featured Puzzle</p>  <p>Play Flash-powered jigsaw puzzles in different sizes and themes. Fun for all ages!</p>	<p><b>JIGSAW PUZZLES</b></p>
<b>MORE COLORING PAGES</b>		<b>MORE FREE ONLINE GAMES</b>		<b>MORE JIGSAW PUZZLES</b>	
<p>Featured Game</p>  <p>Online and offline activities and games that make learning fun! Mazes, math, shapes and more!</p>	<p><b>LEARNING FOR FUN</b></p>	<p>Featured ClipArt</p>  <p>View and Download ClipArt</p>	<p><b>FREE CLIPART FOR KIDS</b></p>	<p>Featured Toy</p>  <p>Fun for those who want some amusement in their day, including dress-up toys and more!</p>	<p><b>ONLINE KIDS FUN</b></p>
<b>MORE LEARNING GAMES</b>		<b>MORE FREE CLIPART</b>		<b>MORE FREE ONLINE FUN</b>	

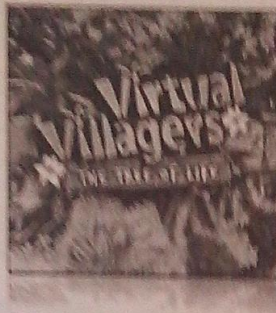
*Computer Games* (Permainan Komputer)

*Computer game* berbeda dengan jenis game yang lain karena tidak ada pergerakan secara fisik atau interaksi langsung dengan objek, kecuali lewat perantara komputer. Software yang dibuat harus dapat menangkap reaksi yang cepat dari interaksi yang dihasilkan dengan pemain dan juga harus bersifat realtime. Kompleksitas game bergantung dari kemampuan menjelaskan aturan atau cara kerja game dan lingkungan game dalam program yang dibuat.

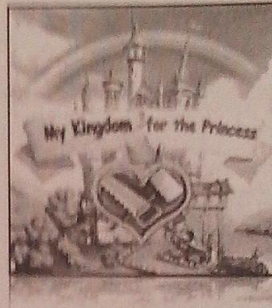
(<http://www.retro64.com/>)

## Contoh 1.13

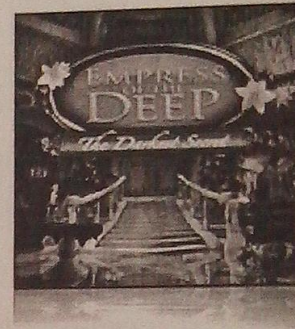
## Computer Games



**Virtual Villagers 4: The Tree of Life**  
Help the villagers save the Tree of Life!



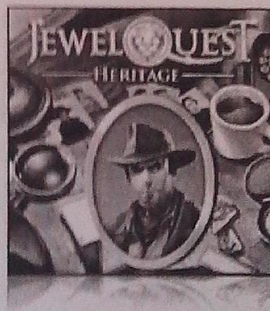
**My Kingdom for the Princess**  
Princesses, dragons, and kingdoms!



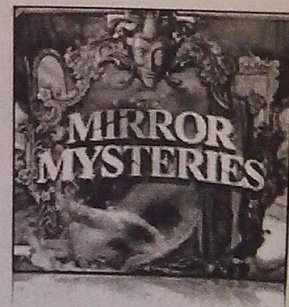
**Empress of the Deep**  
Solve this shocking deep sea mystery!



**Farm Frenzy 3: Ice Age**  
It's a "cool" new Farm Frenzy!



**Jewel Quest: Heritage**  
Match jewels and track the family heritage!



**Mirror Mysteries**  
Save the kids from the mirror!

**Game Online**

Untuk memainkan game online, terlebih dahulu kita harus menginstal *program game* tersebut, kemudian mendaftar. Setelah itu kita bisa langsung memainkannya. Berbeda dari game offline, game online menghubungkan permainan dengan internet secara global sehingga pemain bisa memiliki kesempatan untuk bersaing dan mendapatkan teman dari seluruh dunia. Contoh game online adalah Ragnarok Online, RF Online, Ayo Dance, Perfect World, Yugioh! Online.

(<http://www.freegamesonline.com/>)

Contoh 1.14



**1.6 LINGKUP KECERDASAN BUATAN PADA APLIKASI KOMERSIAL**

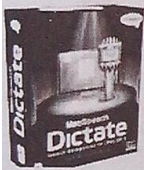
Permasalahan manusia semakin bertambah seiring dengan perkembangan zaman. Oleh karena itu, bantuan dari kemajuan teknologi sangat dibutuhkan untuk mengatasi permasalahan tersebut, khususnya teknologi kecerdasan buatan. Dalam kehidupan manusia, kecerdasan buatan dapat membantu dalam berbagai bidang berikut. ([http://id.wikipedia.org/wiki/Pengenalan\\_ucapan](http://id.wikipedia.org/wiki/Pengenalan_ucapan))

### 1.6.1 Bidang Komunikasi

Komputer digunakan untuk memberi komando suara dari pengguna. Contohnya adalah aplikasi *Microsoft Voice* yang berbasis bahasa Inggris.



Ketika pengguna mengatakan "Mulai kalkulator" dengan intonasi dan tata bahasa yang sesuai, komputer segera membuka aplikasi kalkulator. Jika komando suara yang diberikan sesuai dengan daftar perintah yang tersedia, aplikasi akan memastikan komando suara dengan menampilkan tulisan "Apakah Anda meminta saya untuk 'mulai kalkulator?'". Untuk melakukan verifikasi, pengguna cukup mengatakan "Lakukan" dan komputer akan langsung beroperasi.



Komputer digunakan untuk menuliskan kata-kata yang didekte oleh pengguna. Hal ini banyak dimanfaatkan dalam pembuatan laporan atau penelitian. Contohnya adalah aplikasi *Microsoft Dictation* yang merupakan aplikasi yang dapat menuliskan apa yang diucapkan oleh pengguna secara otomatis.

### 1.6.2 Bidang Kesehatan

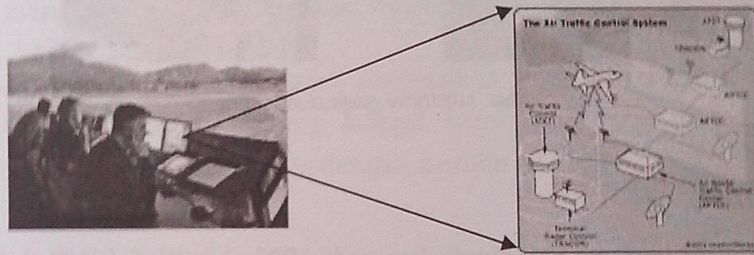


Komputer digunakan untuk membantu para penyandang cacat dalam beraktivitas. Contohnya adalah aplikasi Antarmuka Suara Pengguna atau *Voice User Interface (VUI)* yang menggunakan teknologi pengenalan ucapan di mana pengendalian saklar lampu, misalnya, tidak perlu dilakukan secara manual dengan menggerakkan saklar, tetapi cukup dengan mengeluarkan perintah dalam bentuk ucapan sebagai saklarnya. Metode ini membantu manusia yang secara fisik tidak dapat menggerakkan saklar karena cacat pada tangan misalnya. Penerapan VUI ini tidak hanya untuk lampu saja, tetapi bisa juga untuk aplikasi-aplikasi kontrol yang lain.

Melalui sistem pakar, komputer digunakan untuk mendiagnosis penyakit, melakukan monitoring kondisi pasien, dan memberikan *treatment* yang cocok.

### 1.6.3 Bidang Lalu Lintas Udara

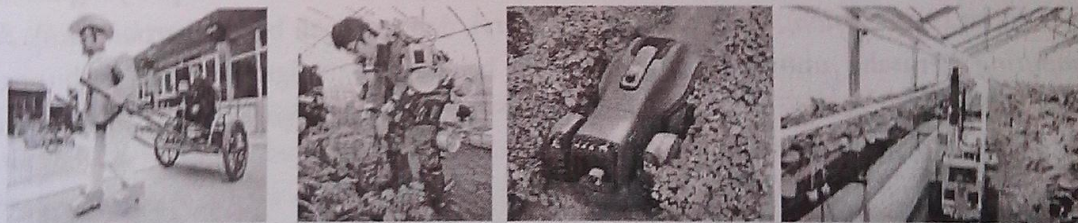
Komputer digunakan untuk mengatur lalu lintas udara atau yang dikenal dengan *Air Traffic Controllers* (ATC) yang dipakai oleh para pilot untuk mendapatkan keterangan mengenai keadaan lalu lintas udara seperti radar, cuaca, dan navigasi.



Sumber: <http://www.google.co.id/images?>

### 1.6.4 Bidang Pertanian

Komputer digunakan untuk mengontrol robot yang melakukan kontrol terhadap penyiraman tanaman, pemantauan hama, pemilihan hasil panen, dan tugas-tugas lain yang ada dalam dunia pertanian.

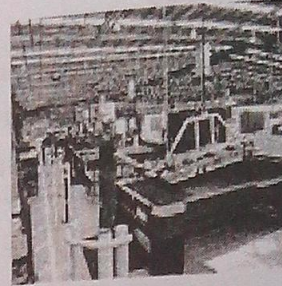
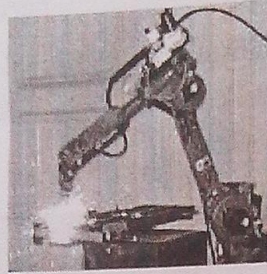


Sumber: <http://www.google.co.id/images?>

### 1.6.5 Pabrik

Komputer digunakan untuk mengontrol robot yang harus melakukan suatu pekerjaan yang bisa berbahaya bila dikerjakan oleh manusia, pekerjaan-pekerjaan yang sangat membosankan, pekerjaan-pekerjaan yang memerlukan ketelitian tinggi, pekerjaan-pekerjaan yang memerlukan pengawasan dan pekerjaan-pekerjaan maintenance.





Sumber: <http://www.google.co.id/images?>

## 1.7 *SOFT COMPUTING*

Istilah *soft computing* pertama kali dicetuskan pada 1990 oleh Prof. L.A.Zadeh dari *Berkeley University* berkaitan dengan ide untuk mendirikan BISC (*Berkeley Initiative in Soft Computer*). *Soft Computing* adalah kumpulan teknik-teknik komputasi dalam ilmu komputer, yang berusaha untuk mempelajari, memodelkan, dan menganalisis suatu fenomena tertentu guna mengeksplorasi adanya toleransi terhadap ketidaktepatan, ketidakpastian, dan kebenaran parsial untuk dapat diselesaikan dengan mudah, *robustness*, dan biaya penyelesaiannya murah. *Soft computing* berbeda dengan *conventional (hard) computing*, yang memungkinkan toleransi terhadap input, proses, dan output yang bersifat tidak akurat (*imprecision*), tidak pasti (*uncertainty*), dan setengah benar (*partial truth*). *Soft computing* berusaha untuk mengintegrasikan beberapa paradigma model perhitungan meliputi *artificial neural network*, *fuzzy logic* dan *genetic algorithms*. (<http://ai.indra-ehm.net/?p=7>)

### 1.7.1 *Soft Computing* sebagai Solusi

Dalam perkembangannya, saat ini *soft computing* menempati posisi yang menarik. Hal ini disebabkan solusi yang ditawarkan *soft computing* memberikan kemudahan implementasi dalam memecahkan masalah-masalah yang tadinya sangat sulit dipecahkan oleh metode komputasi konvensional. Beberapa contoh masalah yang berkarakteristik demikian, antara lain :

- Bagaimana membuat komputer yang mempunyai kemampuan untuk membaca berbagai macam tulisan tangan, di mana pada tulisan itu terkadang ada sebagian yang terhapus?
- Bagaimana membuat AC yang secara otomatis dapat mengatur suhu yang dibutuhkan sehingga udara di dalam ruangan terasa nyaman?
- Bagaimana mengenali seseorang, padahal tidak seluruh wajahnya dapat terlihat?

Berbagai masalah seperti ini tidak mudah diselesaikan dengan berbagai model analitis yang ada. Di sinilah peran *soft computing* sebagai suatu solusi atas permasalahan tersebut. Pendekatan *soft computing* ini berbeda dengan metode AI.

### 1.7.2 Metode *Soft Computing*

Beberapa metode yang terdapat dalam *soft computing*, yaitu:

- Fuzzy Logic
- Artificial Neural Network
- Probabilistic Reasoning
- Evolutionary Computation
- Genetic Algorithm

Metode-metode tersebut sebenarnya saling melengkapi. Artinya dalam menyelesaikan masalah terkadang dibutuhkan lebih dari satu metode. Berdasarkan kenyataan ini, Zadeh mendefinisikan bahwa *soft computing* merupakan hubungan antara logika fuzzy, neuro-computing, probabilistic reasoning, dan algoritma genetik. Tabel 1.2 menunjukkan hubungan antara *fuzzy/probabilistic-reasoning*, jaringan saraf tiruan dan AI konvensional.

TABEL 1.2 Fuzzy/probabilistic reasoning, Jaringan saraf tiruan, sistem evolusioner, dan AI konvensional

	Pembelajaran	Ekstraksi Pengetahuan	Operasi real-time	Representasi Pengetahuan	Optimasi
Fuzzy/probabilistic reasoning	Tidak	Ya	Ya	simbolis/numerik	tidak
Jaringan Saraf Tiruan	Ya	Tidak	Ya	numerik	Tidak
Sistem Evolusioner	Ya	Tidak	Tidak	numerik	Ya
Sistem AI konvensional	Tidak	Ya	Tidak	simbolis/numerik	Tidak

### 1.7.3 Tujuan *Soft Computing*

Tujuan *soft computing* adalah terbentuknya *High Machine Intelligence Quotient* (HMIQ), yaitu suatu sistem yang mampu mengolah informasi seperti cara berpikir manusia, mempunyai kemampuan untuk menyelesaikan permasalahan non-linier dan tidak ada model matematisnya (*tractability*), serta dapat diimplementasikan dengan biaya rendah.

## RINGKASAN

Banyak ilmuwan mendefinisikan kecerdasan buatan. Yang jelas makna dari cerdas adalah punya pengetahuan, pengalaman, dan penalaran untuk membuat suatu keputusan. Jadi agar mesin bisa cerdas (bertindak seperti manusia) maka harus diberi bekal pengetahuan dan diberi kemampuan untuk menalar.

Sejarah perkembangan AI menunjukkan betapa pentingnya AI untuk dikembangkan guna memenuhi kebutuhan-kebutuhan manusia di masa sekarang dan untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan di dunia modern.

Kecerdasan buatan dan kecerdasan alami mempunyai kelebihan dan kelemahan masing-masing, tergantung pada kebutuhannya.

Pada umumnya pemrograman konvensional hanya digunakan sebagai alat hitung, tetapi kecerdasan buatan dipakai untuk menyelesaikan masalah. Oleh karena itu, ada beberapa

perbedaan yang mendasar antara komputasi kecerdasan buatan dan komputasi pemrograman konvensional.

Perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan banyak melahirkan disiplin ilmu pengetahuan yang baru sehingga sangat sulit bagi kita untuk memilah-milahnya. Beberapa disiplin ilmu tersebut adalah sistem pakar, pengolahan bahasa alami, pengenalan ucapan, robotika dan sistem sensor, komputer vision, dan game playing.

Banyak sekali aplikasi komersial AI yang telah dihasilkan dan digunakan bagi kebutuhan umat manusia, antara lain di bidang komunikasi, bidang lalu lintas udara, bidang kesehatan, bidang pertanian, dan pabrik.

*Soft Computing* adalah kumpulan teknik komputasi dalam ilmu komputer, yang berusaha untuk mempelajari, memodelkan, dan menganalisis suatu fenomena tertentu guna mengeksploitasi adanya toleransi terhadap ketidaktepatan, ketidakpastian, dan kebenaran parsial untuk dapat diselesaikan dengan mudah, *robustness*, dan biaya penyelesaiannya murah. Beberapa metode *soft Computing*, antara lain *Fuzzy Logic*, *Artificial Neural Network*, *Probabilistic Reasoning*, *Evolutionary Computation*, dan *Genetic Algorithm*.

Tujuan *soft computing* adalah terbentuknya *High Machine Intelligence Quotient* (HMIQ), yaitu suatu sistem yang mampu mengolah informasi seperti cara berpikir manusia, mempunyai kemampuan untuk menyelesaikan permasalahan non-linier dan tidak ada model matematisnya (*tractability*), serta dapat diimplementasikan dengan biaya rendah.

---

### SOAL-SOAL LATIHAN

---

1. Menurut Anda, apakah AI penting bagi kehidupan manusia? Jelaskan dan berikan contoh.
2. Apa yang dimaksud dengan: pintar, genius, dan cerdas? Jelaskan dan berikan contoh!
3. Selain yang telah disebutkan di atas, sebutkan aplikasi-aplikasi komersial AI yang lain!
4. Apa yang dimaksud dengan *soft computing*? Jelaskan dan berilah contohnya!

5. Buatlah beberapa contoh permasalahan yang sulit dipecahkan oleh metode komputasi konvensional, tetapi bisa diselesaikan menggunakan *soft computing*!
6. Apa yang dimaksud dengan *High Machine Intelligence Quotient* (HMIQ)? Jelaskan dan berilah contohnya!

## BAB 2

# SEARCHING (PENCARIAN)

### TUJUAN PEMBELAJARAN

Anda dapat memahami konsep masalah dan ruang masalah serta metode pencarian dalam kecerdasan buatan. Anda dapat menganalisis masalah, cara merepresentasikan masalah dalam ruang keadaan dan dapat menyelesaikan masalah dengan metode pencarian buta dan heuristik.

### OUTCOME PEMBELAJARAN

Anda mempunyai kemampuan untuk menjelaskan konsep masalah dan ruang masalah serta dapat menyelesaikan masalah tersebut menggunakan metode pencarian buta dan heuristik.

### 2.1 DEFINISI MASALAH DALAM KECERDASAN BUATAN

Sesuai dengan tujuannya, kecerdasan buatan sengaja diciptakan untuk memecahkan berbagai masalah yang dihadapi oleh manusia. Apa yang dimaksud dengan masalah? Secara umum definisi masalah yang paling mudah dipahami adalah “kesenjangan antara yang diharapkan dengan kenyataan yang ada”. Sebagai contoh, kita ingin makan enak, tetapi kenyataannya kita tidak punya makanan enak dan tidak punya uang yang cukup. Tentu saja masalah seperti ini tidak bisa diselesaikan dengan menggunakan kecerdasan buatan. Oleh karena itu, perlu didefinisikan apa yang dimaksud dengan masalah dalam kecerdasan buatan.

Masalah dalam kecerdasan buatan adalah masalah-masalah yang dapat dikonversi ke dalam ruang keadaan (ada yang menyebut sebagai ruang masalah), mempunyai keadaan awal (*initial state*), dan keadaan tujuan (*goal state*), serta dapat dibuat aturan-aturan untuk

mengubah suatu keadaan (*state*) ke keadaan (*state*) lainnya. Hal ini akan dijelaskan pada subbab berikutnya.

### 2.1.1 Masalah, Ruang Keadaan, dan Aturan

Secara umum, untuk mendeskripsikan masalah dengan baik, beberapa hal harus dilakukan.

1. Mendefinisikan suatu ruang keadaan
2. Menetapkan satu atau lebih keadaan awal
3. Menetapkan satu atau lebih tujuan (*goal*)
4. Menetapkan kumpulan aturan

Ruang keadaan (*State space*), yaitu suatu ruang yang berisi semua keadaan yang mungkin.

Keadaan awal (*Initial state*), adalah keadaan dimulainya sebuah pencarian.

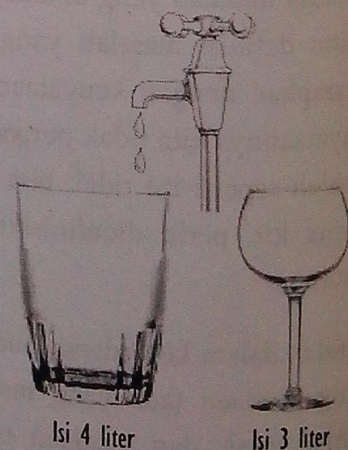
Keadaan akhir / Tujuan (*Goal*), adalah keadaan diakhirinya sebuah pencarian.

Kumpulan aturan, adalah aturan yang dapat digunakan untuk mengubah suatu keadaan (*state*) ke keadaan (*state*) lainnya.

Agar lebih jelas dalam memahami definisi masalah dalam kecerdasan buatan, pada subbab ini diberikan beberapa contoh masalah.

#### Contoh 2.1 Masalah gelas air (*water glass*)

Ada dua buah gelas air masing-masing berkapasitas 4 liter dan 3 liter. Semula isi keduanya kosong. Pada kedua gelas tersebut tidak terdapat tanda ukuran batas volume. Ada sebuah keran air yang digunakan untuk mengisi air pada kedua gelas tersebut (Gambar 2.1). Bagaimana kita dapat mengisi tepat 2 liter air pada gelas berkapasitas 4 liter dan 3 liter air pada gelas berkapasitas 3 liter?



Gambar 2.1 Masalah gelas air

**Deskripsi:**

Misalkan :  $x$  = volume dari gelas 4 liter, dan  $y$  = volume dari gelas 3 liter

Ruang keadaan untuk masalah ini dapat digambarkan sebagai himpunan pasangan bilangan bulat  $(x,y)$  yang terurut, sedemikian rupa sehingga  $x = 0, 1, 2, 3, 4$  dan  $y = 0, 1, 2, 3$ .

$x \backslash y$	0	1	2	3
0	(0,0)	(0,1)	(0,2)	(0,3)
1	(1,0)	(1,1)	(1,2)	(1,3)
2	(2,0)	(2,1)	(2,2)	(2,3)
3	(3,0)	(3,1)	(3,2)	(3,3)
4	(4,0)	(4,1)	(4,2)	(4,3)

Keadaan awal adalah kedua gelas dalam keadaan kosong yang dinyatakan sebagai  $(0,0)$ .

Tujuan adalah  $x = 2$  liter dan  $y = 3$  liter, yang dinyatakan sebagai  $(2,3)$ .

**Kumpulan aturan:**

Untuk kasus di atas, *production rules*-nya adalah:

1. Isi penuh gelas berkapasitas 4 liter.  
Jika keadaan sekarang  $(x < 4)$ , maka keadaan selanjutnya  $(4, y)$
2. Isi penuh gelas berkapasitas 3 liter.  
Jika keadaan sekarang  $(y < 3)$ , maka keadaan selanjutnya  $(x, 3)$
3. Kosongkan gelas berkapasitas 4 liter.  
Jika keadaan sekarang  $x > 0$ , maka keadaan selanjutnya  $(0, y)$
4. Kosongkan gelas berkapasitas 3 liter.  
Jika keadaan sekarang  $y > 0$ , maka keadaan selanjutnya  $(x, 0)$
5. Tuangkan sebagian isi gelas berkapasitas 3 liter ke gelas berkapasitas 4 liter hingga gelas berkapasitas 4 liter penuh.  
Jika keadaan sekarang  $(x + y > 4)$  dan  $y > 0$ , maka keadaan selanjutnya  $(4, y + x - 4)$



6. Tuangkan sebagian isi gelas berkapasitas 4 liter ke gelas berkapasitas 3 liter hingga gelas berkapasitas 3 liter penuh.  
Jika keadaan sekarang  $(x + y > 3)$  dan  $x > 0$ , maka keadaan selanjutnya  $(y + x - 3, 3)$
7. Tuangkan seluruh isi gelas berkapasitas 4 liter ke gelas berkapasitas 3 liter.  
Jika keadaan sekarang  $(x + y \leq 3)$  dan  $x > 0$ , maka keadaan selanjutnya  $(0, y + x)$
8. Tuangkan seluruh isi gelas berkapasitas 3 liter ke gelas berkapasitas 4 liter.  
Jika keadaan sekarang  $(x + y \leq 4)$  dan  $y > 0$ , maka keadaan selanjutnya  $(y + x, 0)$

Sampai di sini masalah sudah terdeskripsi dengan baik. Artinya kita sudah bisa menerapkan pemrograman AI untuk menyelesaikan masalah tersebut. Salah satu solusi dari permasalahan di atas adalah:

Keadaan Sekarang		Aturan yang dipakai	Keadaan Selanjutnya	
Gelas 4 lt	Gelas 3 lt		Gelas 4 lt	Gelas 3 lt
0	0	1	4	0
4	0	6	1	3
1	3	4	1	0
1	0	7	0	1
0	1	1	4	1
4	1	6	2	3

Tujuan dicapai saat keadaan selanjutnya (2,3). Sampai di sini pencarian dihentikan.

### Contoh 2.2 Masalah petani, sayuran, kambing, dan serigala

Pada suatu hari ada seorang petani yang mempunyai seekor kambing dan serigala. Pada saat itu ia baru saja panen sayuran. Karena butuh uang, petani tersebut hendak menjual kambing, serigala, dan sayurannya ke pasar Johar. Untuk sampai di pasar Johar ia harus menyeberangi sebuah sungai. Permasalahannya adalah di sungai itu hanya tersedia satu perahu yang hanya bisa memuat petani dan satu penumpang lain (kambing, serigala, atau sayuran). Jika ditinggalkan oleh petani tersebut, maka sayuran akan dimakan oleh kambing

dan kambing akan dimakan oleh serigala. Bagaimana caranya agar petani, kambing, serigala dan sayuran dapat selamat sampai di seberang sungai?

**Deskripsi:**

Permasalahan ini dapat dijelaskan sebagai berikut: Ada daerah asal dan daerah seberang yang dilambangkan dengan (P, Sy, K, Sg).

Sebagai contoh: Daerah asal (P, Sy, 0, Sg) berarti pada daerah asal ada petani, ada sayuran, tidak ada kambing, dan ada serigala.

Ruang keadaan untuk daerah asal dan daerah seberang digambarkan sebagai:

(P, Sy, K, Sg)

**Keadaan awal :**

daerah asal : (P, Sy, K, Sg)

daerah seberang : (0, 0, 0, 0)

**Tujuan :**

daerah asal : (0, 0, 0, 0)

daerah seberang : (P, Sy, K, Sg)

**Kumpulan Aturan :**

Untuk kasus di atas, aturan-aturan dapat digambarkan sebagai berikut.

Aturan-aturan masalah petani, sayuran, kambing, dan serigala

Aturan ke-	Aturan
1.	kambing dan petani menyeberang
2.	sayuran dan petani menyeberang
3.	serigala dan petani menyeberang
4.	kambing dan petani kembali
5.	sayuran dan petani kembali
6.	serigala dan petani kembali
7.	petani kembali

Sampai di sini masalah sudah terdeskripsi dengan baik. Artinya, kita sudah bisa menerapkan pemrograman AI untuk menyelesaikan masalah tersebut. Salah satu solusi dari permasalahan di atas adalah:

Keadaan Sekarang		Aturan yang dipakai	Keadaan selanjutnya	
Daerah asal	Daerah seberang		Daerah asal	Daerah seberang
(P, Sy, K, Sg)	(0, 0, 0, 0)	1	(0, Sy, 0, Sg)	(P, 0, K, 0)
(0, Sy, 0, Sg)	(P, 0, K, 0)	7	(P, Sy, 0, Sg)	(0, 0, K, 0)
(P, Sy, 0, Sg)	(0, 0, K, 0)	3	(0, Sy, 0, 0)	(P, 0, K, Sg)
(0, Sy, 0, 0)	(P, 0, K, Sg)	4	(P, Sy, K, 0)	(0, 0, 0, Sg)
(P, Sy, K, 0)	(0, 0, 0, Sg)	2	(0, 0, K, 0)	(P, Sy, 0, Sg)
(0, 0, K, 0)	(P, Sy, 0, Sg)	7	(P, 0, K, 0)	(0, Sy, 0, Sg)
(P, 0, K, 0)	(0, Sy, 0, Sg)	1	(0, 0, 0, 0)	(P, Sy, K, Sg)

Tujuan dicapai saat keadaan selanjutnya adalah sebagai berikut:

Daerah asal : (0, 0, 0, 0)

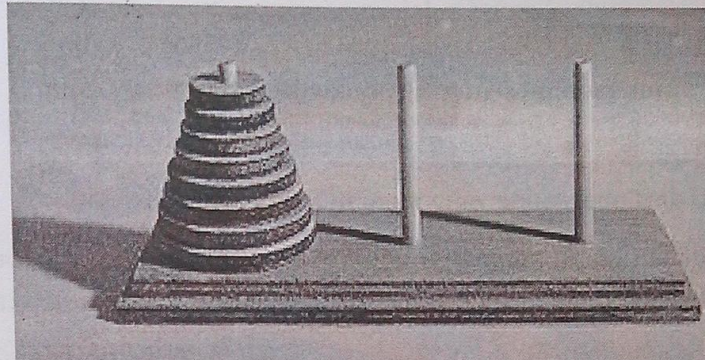
Daerah seberang : (P, Sy, K, Sg)

sampai di sini pencarian dihentikan

### Contoh 2.3 Menara Hanoi

Menara Hanoi (Gambar 2.2) adalah sebuah permainan yang terdiri dari tiga tiang dan sejumlah cakram dengan ukuran berbeda-beda yang bisa dimasukkan ke tiang mana saja. Permainan dimulai dengan cakram-cakram yang tertumpuk rapi berurutan berdasarkan ukurannya dalam salah satu tiang, cakram terkecil diletakkan di urutan teratas sehingga membentuk kerucut. Tujuan dari teka-teki ini adalah untuk memindahkan seluruh tumpukan ke tiang yang lain, mengikuti aturan berikut.

- Hanya satu cakram yang boleh dipindahkan dalam satu waktu.
- Setiap perpindahan berupa pengambilan cakram teratas dari satu tiang dan memasukkannya ke tiang lain, di atas cakram lain yang mungkin sudah ada di tiang tersebut.
- Tidak boleh meletakkan cakram di atas cakram lain yang lebih kecil



Gambar 2.2 Masalah menara Hanoi

**Deskripsi:**

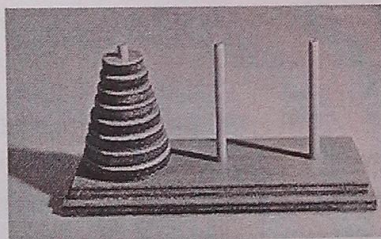
Ruang keadaan untuk masalah ini adalah setiap keadaan di mana posisi cakram yang lebih besar selalu berada di bawah cakram yang lebih kecil.

**Keadaan awal :**

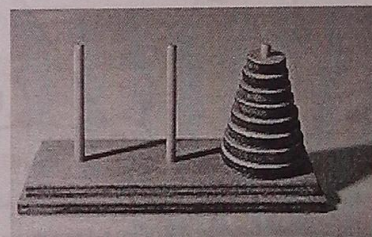
tumpukan cakram berada di tiang kiri

**Tujuan :**

tumpukan cakram berada di tiang kanan



Gambar 2.3 Keadaan awal permainan menara Hanoi



Gambar 2.4 Keadaan akhir (tujuan) permainan menara Hanoi

**Kumpulan Aturan:**

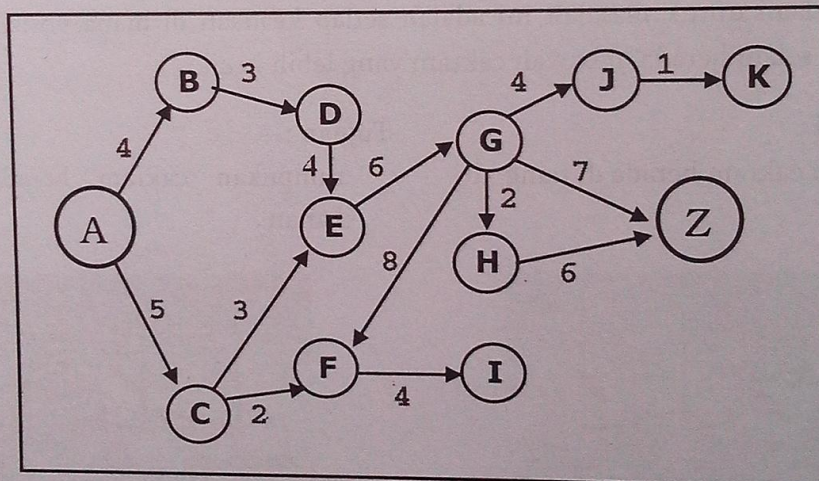
Untuk kasus di atas, aturan-aturan dapat dituliskan sebagai berikut.

- Hanya satu cakram yang boleh dipindahkan ke tiang lain.
- Hanya cakram teratas yang boleh dipindahkan ke tiang lain.
- Tidak boleh meletakkan cakram di atas cakram lain yang lebih kecil

## 2.1.2 Representasi Ruang Keadaan

Ada beberapa cara untuk merepresentasikan ruang keadaan, antara lain:

1. Graph Keadaan
  - Graph terdiri dari node-node yang menunjukkan keadaan.
  - Node-node dalam graph keadaan dihubungkan menggunakan *arc* (busur) yang diberi panah untuk menunjukkan arah dari suatu keadaan ke keadaan berikutnya.
  - Gambar 2.5 menunjukkan graph berarah dengan node A sebagai keadaan awal dan node Z sebagai goal. Angka di antara kedua node menunjukkan jarak kedua huruf tersebut.



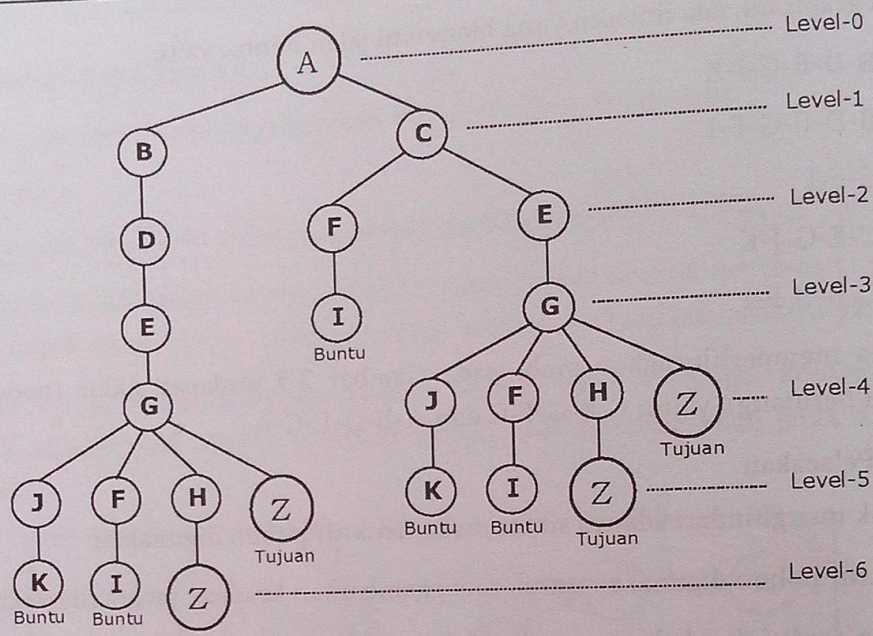
Gambar 2.5 Graph berarah, node A sebagai keadaan awal dan node Z sebagai Goal

- Pada Gambar 2.5 tersebut, ada 4 lintasan dari A ke Z, yaitu:
  - A-B-D-E-G-Z
  - A-B-D-E-G-H-Z
  - A-C-E-G-Z
  - A-C-E-G-H-Z

- Pada graph ini, ada lintasan yang menemui jalan buntu, yaitu:
  - A-B-D-E-G-J-K
  - A-B-D-E-G-F-I
  - A-C-F-I
  - A-C-E-G-J-K
  - A-C-E-G-F-I
- Tanpa memperhitungkan arah, pada Gambar 2.5 terdapat siklus (node-node yang selalu berulang), yaitu: C-E-G-F-C dan A-B-D-E-C-A

## 2. Pohon Pelacakan

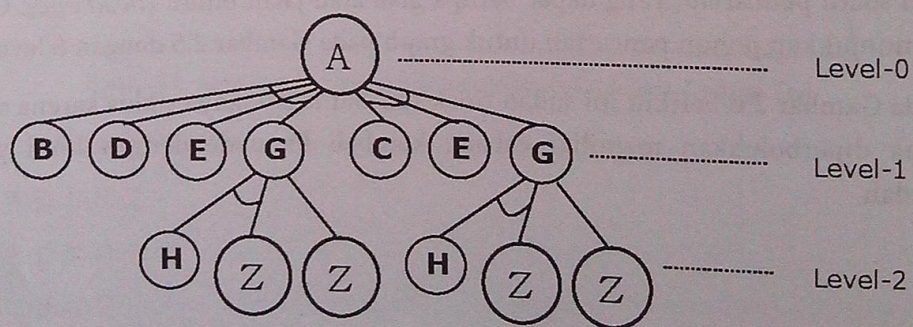
- Untuk menghindari adanya siklus maka struktur pohon digunakan.
- Struktur pohon digunakan untuk menggambarkan keadaan secara hierarkis.
- Pohon terdiri dari beberapa node. Node yang terletak pada level-0 disebut node “akar” yang menunjukkan keadaan awal.
- Node akar memiliki beberapa percabangan yang terdiri atas beberapa node anak (successor) sebagai node-node perantara. Namun, jika pencarian mundur dilakukan maka dapat dikatakan bahwa node tersebut memiliki predecessor.
- Node-node yang tidak memiliki anak disebut node “daun” yang menunjukkan akhir dari suatu pencarian, yang dapat berupa *goal* atau jalan buntu (*dead end*). Gambar 2.6 menunjukkan pohon pencarian untuk graph pada Gambar 2.5 dengan 6 level.
- Pada Gambar 2.6 berikut ini sudah tidak terlihat lagi adanya siklus karena setiap node tidak diperbolehkan memiliki cabang kembali ke node dengan level yang lebih rendah.



Gambar 2.6 Struktur pohon

3. Pohon AND/OR

Gambar 2.7 menunjukkan pohon AND/OR sebagai ganti dari graph pada Gambar 2.5. Di sini tampak bahwa dengan menggunakan pohon pelacakan (Gambar 2.6), goal dicapai pada level-6. Tetapi dengan pohon AND/OR, goal bisa dipersingkat hanya sampai pada level-2 saja.



Gambar 2.7 Pohon AND/OR

