

SISTEM PAKAR

Altien Jonathan Rindengan, S.Si, M.Kom

Pendahuluan

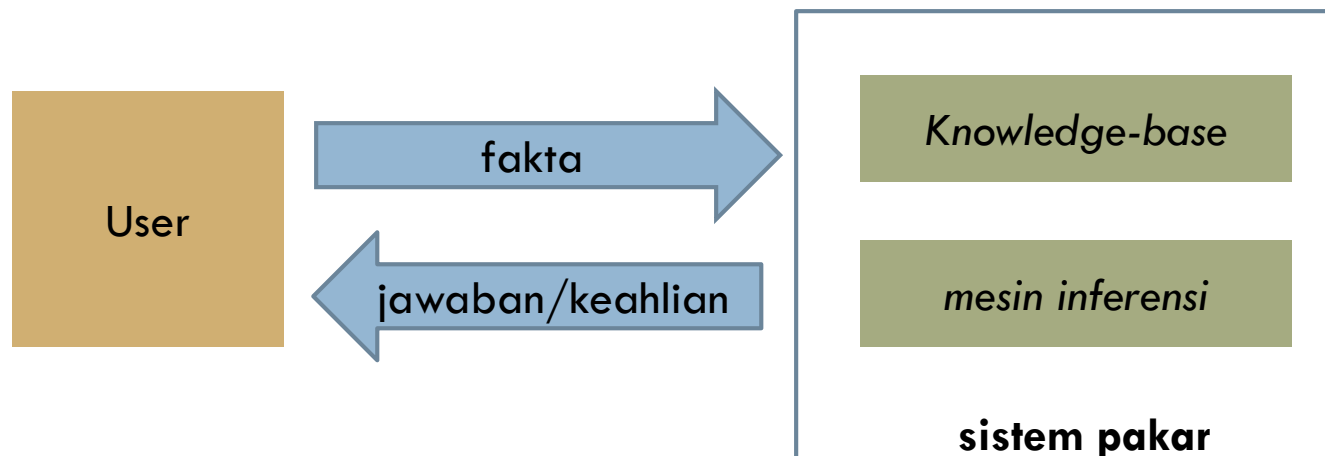
- Sistem Pakar : salah satu cabang AI yang bekerja mengadopsi pengetahuan manusia ke komputer yang menggabungkan pengetahuan dengan sistem inferensi untuk menggantikan fungsi seorang **pakar** dalam menyelesaikan suatu masalah
- Sistem pakar menjadi layaknya seorang pakar dalam bidang tertentu sesuai kebutuhan manusia.

Pendahuluan

- Pengetahuan (*knowledge*) dalam sistem pakar bisa diperoleh dari seorang yang ahli(pakar) atau orang yang mempunyai pengetahuan tentang suatu bidang atau *knowledge* yang diperleh dari buku, majalah, dll
- Konsep dasar suatu sistem pakar sebagai *knowledge-base* adalah bagaimana user menyampaikan fakta/informasi untuk sistem pakar dan kemudian menerima saran atau jawaban dari pakar/ahli.

Pendahuluan

- Sistem pakar terdiri dari 2 komponen utama:
 - ▣ *Knowledge-base* berisi pengetahuan yang akan dihubungkan dengan fakta/informasi dari user
 - ▣ *Mesin inferensi* yang akan menggambarkan kesimpulan sebagai respons dari sistem pakar atas pertanyaan user



Perbandingan kemampuan seorang pakar dan sistem pakar

No	Faktor	Human Expert (HE)	Expert System (ES)
1	Kesediaan waktu	Hari kerja	Setiap saat
2	Geografis	Lokal/tertentu	Di mana saja
3	Keamanan	Tidak tergantikan	Dapat diganti
4	Kemampuan mengingat dapat habis	Ya	Tidak
5	Performansi	Variabel	Konsisten
6	Kecepatan	Variabel	Konsisten
7	Biaya	Tinggi	Terjangkau

Perbandingan kemampuan seorang pakar dan sistem pakar

1. ES bisa digunakan setiap saat sebagai representasi sebuah mesin pengambil keputusan, sedangkan HE tidak mungkin bekerja terus menerus tanpa istirahat
2. ES sebagai suatu software dapat dibagi/dibawa ke mana-mana, sedangkan HE bekerja pada tempat-tempat tertentu saja
3. ES dapat diberi pengamanan untuk menentukan siapa saja yg diberi hak akses untuk menggunakannya, sedangkan HE hanya pada orang tersebut

Perbandingan kemampuan seorang pakar dan sistem pakar

4. Knowledge yg disimpan pada ES tidak akan pernah lupa/hilang, sedangkan pada HE lambat laun akan berkurang/hilang (atau si pakar meninggal/pindah kerja dll).
5. Kemampuan memecahkan masalah dari ES tidak dipengaruhi faktor dari luar seperti intimidasi, perasaan kejiwaan, faktor ekonomi, dll sehingga ES konsisten. Sedangkan HE bisa dipengaruhi faktor-faktor tersebut sehingga menjadi tidak konsisten.
6. Umumnya ES lebih cepat dalam memecahkan masalah dibandingkan HE.
7. Biaya menggaji HE lebih mahal dibandingkan menggunakan program ES (asumsi programnya sudah ada)

Perbandingan sistem konvensional dan sistem pakar

No	Sistem konvensional	Sistem pakar
1	Informasi dan pemrosesan umumnya digabung dalam satu program sekuensial	Basis pengetahuan dari mekanisme pemrosesan (inferensi)
2	Program tidak pernah salah	Program bisa saja melakukan kesalahan
3	Tidak menjelaskan mengapa input dibutuhkan atau bagaimana hasil yang diperoleh	Penjelasan merupakan bagian dari sistem pakar
4	Mebutuhkan semua input data	Tidak membutuhkan semua input data
5	Perubahan pada program merepotkan	Perubahan pada aturan dapat dilakukan dengan mudah
6	Sistem bekerja jika sudah lengkap	Sistem bisa bekerja dengan aturan yg sedikit
7	Eksekusi secara algoritmik (step by step)	Eksekusi secara heuristik dan logis

Perbandingan sistem konvensional dan sistem pakar....

No	Sistem konvensional	Sistem pakar
8	Manipulasi efektif pada database yang besar	Manipulasi efektif pada basis pengetahuan yang besar
9	Efisiensi adalah tujuan utama	Efektifitas adalah tujuan utama
10	Data kuantitatif	Data kualitatif
11	Representasi dalam numerik	Representasi pengetahuan dalam simbolik
12	Menangkap, menambah dan mendistribusikan data numerik/informasi	Menangkap, menambah dan mendistribusikan pertimbangan (judgment) dan pengetahuan

Keuntungan dan kekurangan sistem pakar

□ Keuntungan:

- Menjadikan pengetahuan lebih mudah diperoleh
- Meningkatkan output dan produktivitas
- Memberikan respons yang cepat
- Merupakan panduan yang cerdas
- Dapat bekerja dengan informasi yg kurang lengkap dan mengandung ketidakpastian
- *Intelligence database* (basis data cerdas), sistem pakar dapat digunakan untuk mengakses basis data dengan cara cerdas

Keuntungan dan kekurangan sistem pakar....

□ Kekurangan:

- Masalah dalam mendapatkan pengetahuan.

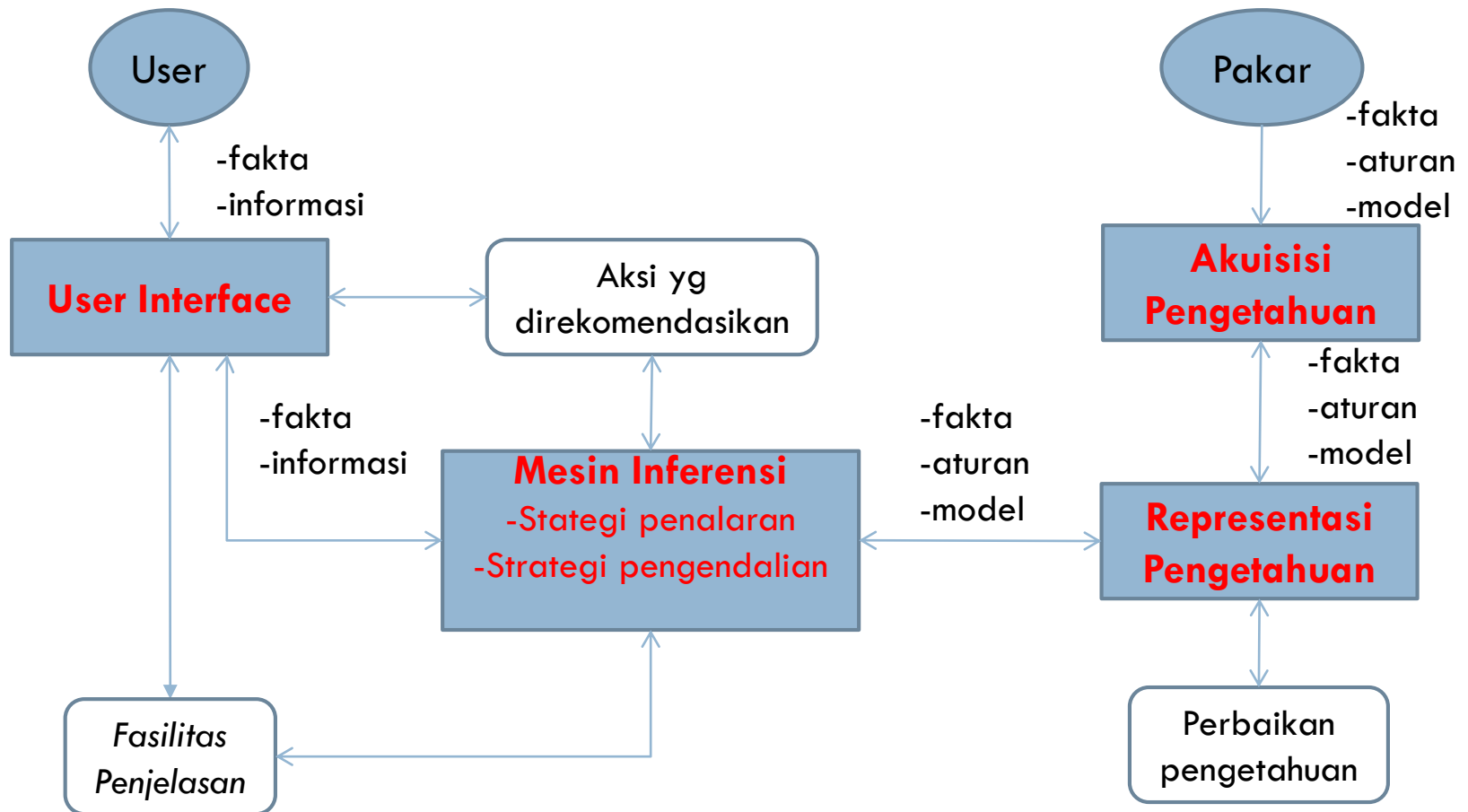
Pengetahuan tidak selalu bisa diperoleh dengan mudah, karena kadangkala pakar dari masalah yg kita buat tidak ada atau pendekatan yg dimiliki oleh pakar berbeda-beda

- Membuat sistem pakar yg benar-benar berkualitas tinggi sangat sulit dan memerlukan biaya yg besar untuk pengembangan dan pemeliharaan
- Sistem pakar tidak 100% benar. Perlu diuji ulang secara teliti sebelum digunakan
- Boleh jadi sistem pakar tidak dapat memberikan keputusan.

Struktur sistem pakar

- Secara garis besar, komponen-komponen dalam sistem pakar :
 - Knowledge Acquisition
 - Akuisisi pengetahuan dari pakar atau sumber lain
 - Knowledge Representation
 - Merepresentasikan basis pengetahuan dalam program komputer
 - Knowledge Inference
 - Merupakan mesin inferensi berupa program komputer yg memberikan metodologi untuk penalaran informasi dalam basis pengetahuan untuk menformulasi kesimpulan
 - User Interface
 - Media antara user dan sistem pakar berkomunikasi. User memberikan instruksi dan informasi (input) dan sistem pakar memberikan hasil penalaran (output)

Struktur sistem pakar

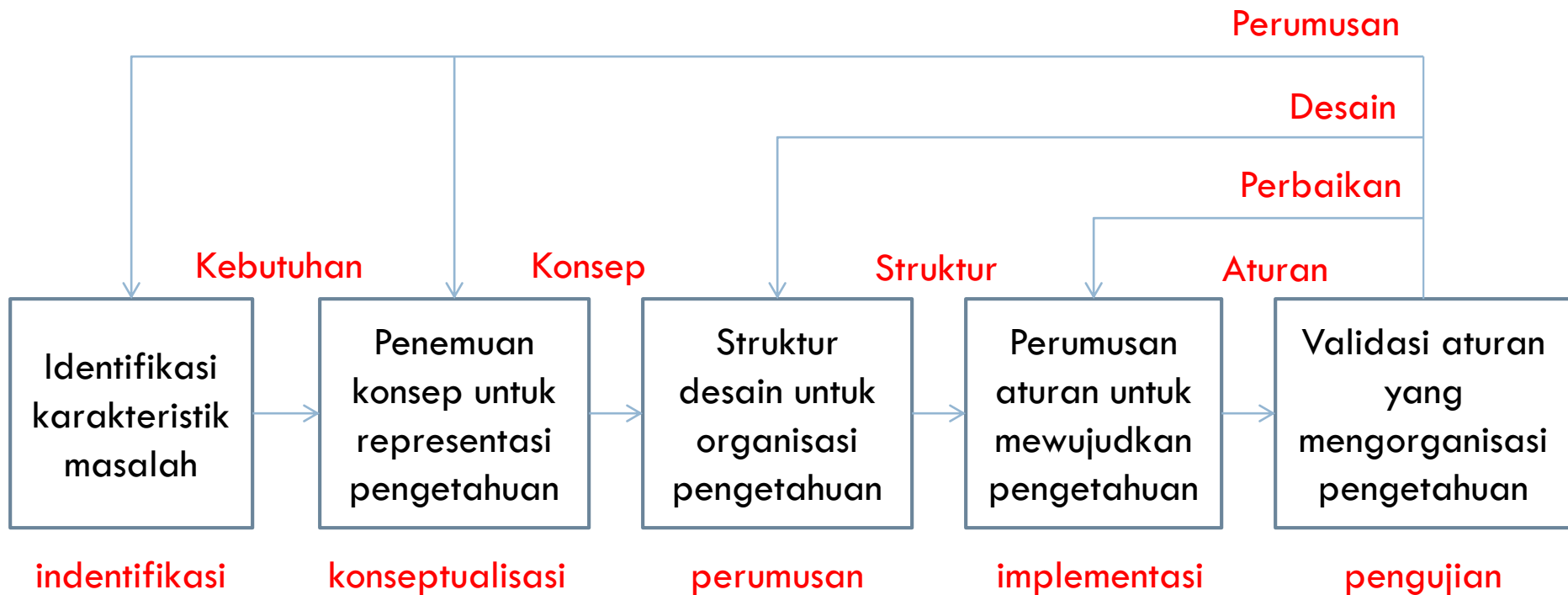


Akuisisi Pengetahuan

- Tahap penting, kritis dan sangat menentukan keberhasilan sistem pakar yg dikembangkan untuk pemecahan masalah yg biasanya dapat diselesaikan oleh pakar
- Akuisisi pengetahuan melibatkan masalah definisi, implementasi, prosedur dan strategi pemecahan serta konsep program komputer

Akuisisi Pengetahuan...

□ Tahapan akuisisi pengetahuan



Akuisisi Pengetahuan...

- Akuisisi pengetahuan perlu didukung oleh sistem pengetahuan dasar (*knowledge based system-KBS*) berupa :
 - ▣ Pendefinisian unsur (modelisasi masalah)
 - ▣ Struktur dasar formalisasi penyajian
 - ▣ Interpretasi data (masukan informasi dari user)
 - ▣ Pemecahan masalah (penyajian informasi ke user)
- Bentuk penyajian :
 - ▣ grafik - lebih mudah dipahami user
 - ▣ simbolik – agak sulit diartikan user

Akuisisi Pengetahuan...

- Pengetahuan adalah kumpulan dari fakta, informasi khusus, prosedur dan kaidah-kaidah tertentu
- Secara hirarki, pengetahuan terdiri dari :
 - ▣ Data
 - ▣ Informasi
 - ▣ Kecerdasan
- Pengetahuan dalam sistem pakar dikenal dengan sistem inferensi atau operasi beberapa pernyataan masukan baru (konsep) dan keluaran (atribut)

Akuisisi Pengetahuan....

- Seorang pakar dikategorikan :
 - ▣ Efektifitas dengan derajat kesuksesan yang memadai
 - ▣ Efisiensi dalam menyelesaikan persoalan secara cepat
 - ▣ Kompetensi
 - ▣ Pengakuan secara objektif terhadap kemampuan profesional yg dimiliki oleh lingkungan akademik dan masyarakat luas
 - ▣ Produktivitas yg tinggi di dalam bidang ilmiah yang ditekuni

Akuisisi Pengetahuan...

- Penyerapan pengetahuan dilakukan melalui wawancara pada pakar oleh *knowledge engineers*(KEs)
- KEs : orang yg membantu pakar dalam menyusun area permasalahan dengan menginterpretasikan dan mengintegrasikan jawaban-jawaban pakar atas pertanyaan yg diajukan, menggambarkan analogi, mengajukan *counter-example* dan menjelaskan kesulitan-kesulitan konseptual

Akuisisi Pengetahuan...

- Beberapa hal yg harus diperhatikan KEs selama melakukan wawancara dengan pakar:
 - ▣ Pertanyaan harus spesifik, sehingga penjelasan pakar dapat terarah dan rinci. Agar seluruh informasi yg berhubungan dengan pertanyaan tersebut, diperoleh dengan lengkap dan tepat
 - ▣ Memberikan kesempatan pada pakar untuk menjelaskan sesuatu dengan caranya sendiri, tidak menghindar dari metode penyajian yg akan diberikan oleh pakar
 - ▣ Jangan memotong penjelasan dari pakar atau mengajukan fakta yg dapat menyebabkan pakar ragu akan informasi yg diterimanya

Akuisisi Pengetahuan...

- ▣ Menggunakan *tape-recorder* (alat perekam) untuk membantu atau menghindari kehilangan informasi dari hasil wawancara
- ▣ Memperhatikan cara pakar dalam memanfaatkan pengetahuan untuk menyelesaikan permasalahan yg diajukan. Perhatikan fakta, teori atau jenis informasi lainnya secara cermat dan sistematis.

Akuisisi Pengetahuan...

Teknik memperoleh pengetahuan dari pakar :

Metode	Deskripsi
Observasi	Melihat langsung pakar menyelesaikan masalah di lapangan
Diskusi masalah	Menggali data, pengetahuan dan prosedur yg dibutuhkan untuk menyelesaikan masalah dari pakar
Deskripsi masalah	Pakar mendeskripsikan masalah dari setiap kategori penyelesaian masalah
Analisa masalah	Memberikan beberapa persoalan kepada pakar untuk diselesaikan penalarannya secara utuh

Akuisisi Pengetahuan...

Metode	Deskripsi
Tata cara perbaikan	Pakar memberikan beberapa masalah untuk diselesaikan oleh KEs. Kemudian pakar memperbaiki cara penyelesaian tersebut berdasarkan aturan dari hasil wawancara
Tata cara pengujian	Pakar mengevaluasi dan mengkritik prototipe kaidah dan struktur pengendalian dari sistem yg dibangun
Tata cara validasi	KEs membentuk prototipe sistem pakar menurut hasil penyelesaian masalah yg diajukan dan selanjutnya diuji oleh pakar lain

SISTEM PAKAR_02

MESIN INFERENSI

Altien Jonathan Rindengan, S.Si, M.Kom

Pendahuluan

- Mesin inferensi : komponen sistem pakar yang memanipulasi dan mengarahkan pengetahuan dari basis pengetahuan sampai tercapai kesimpulan.
- Tugas utama mesin infrensi : menguji fakta dan kaidah serta menambah fakta baru jika memungkinkan serta memutuskan perintah sesuai dengan hasil penalaran yang telah dilaksanakan.

Pendahuluan

- Mesin inferensi merupakan komponen terpenting dalam sistem pakar.
- Terdapat dua strategi dalam menjalankan tugasnya:
 - ▣ Strategi penalaran
 - ▣ Strategi pengendalian

Strategi Penalaran

- Terdiri dari 2 strategi penalaran :
 - Strategi penalaran pasti (*exact reasoning mechanism*)
 - Modus ponens
 - Modus tollens
 - Teknik Resolusi
 - dll.
 - Strategi penalaran tidak pasti (*inexact reasoning mechanism*)
 - Teorema bayes
 - Teori Demster-Shafer
 - Logika Fuzzy
 - dll.

Strategi Penalaran Pasti ...

- Modus ponens :

$$A \rightarrow B$$

$$\frac{A}{B}$$

- Apabila ada kaidah *jika A maka B* dan diketahui *A benar*, maka dapat diambil kesimpulan yang sah bahwa ***B adalah benar***

Strategi Penalaran Pasti ...

- Modus tollens :

$$\begin{array}{l} A \rightarrow B \\ \sim B \\ \hline \sim A \end{array}$$

- Apabila ada kaidah *jika A maka B* dan diketahui *B salah*, maka dapat diambil kesimpulan yang sah bahwa ***A adalah salah***

Strategi Penalaran Pasti ...

- Kaidah Silogisme atau Aturan Transitif:

$$\begin{array}{l} p \rightarrow q \\ q \rightarrow r \\ \hline p \rightarrow r \end{array}$$

- Jika dua implikasi $p \rightarrow q$ dan $q \rightarrow r$ adalah benar, maka $p \rightarrow r$ **juga benar**.

Strategi Penalaran Pasti ...

- Periksa kesahihan inferensi berikut :

$$[(-p \vee q) \wedge (q \rightarrow r) \wedge (p \vee s) \wedge -r] \rightarrow s$$

Strategi Penalaran Pasti ...

- Resolusi : cara membuktikan kebenaran suatu fakta baru berdasarkan fakta-fakta yang sudah ada.
- Resolusi adalah suatu aturan untuk melakukan inferensi yang dapat berjalan secara efisien dalam suatu bentuk khusus yg disebut *Conjunctive Normal Form* (CNF)
- Dalam CNF, semua proposisi diubah ke bentuk konjungsi (dan) kecuali disjungsi

Strategi Penalaran Pasti ...

- Cara mengubah ke bentuk CNF :
 - Hilangkan implikasi dan biimplikasi
 - $x \rightarrow y$ menjadi $\sim x \vee y$
 - $x \leftrightarrow y$ menjadi $(\sim x \vee y) \wedge (\sim y \vee x)$
 - Sederhanakan bentuk negasi
 - $\sim(\sim x)$ menjadi $\sim x$
 - $\sim(x \vee y)$ menjadi $\sim x \wedge \sim y$
 - $\sim(x \wedge y)$ menjadi $\sim x \vee \sim y$
 - Gunakan aturan assosiatif dan distributif untuk mengkonversi ke *conjunction of disjunction*
 - Assosiatif : $(x \vee y) \vee z = x \vee (y \vee z)$
 - Distributif: $(x \wedge y) \vee z = (x \vee z) \wedge (y \vee z)$
 - Buat satu proposisi terpisah untuk tiap-tiap konjungsi

Strategi Penalaran Pasti ...

- Prosedur untuk membuktikan proposisi p dengan sekumpulan proposisi F yang diketahui, dengan menggunakan resolusi, mengikuti algoritma berikut :
 1. Konversi semua proposisi di F ke bentuk CNF
 2. Negasikan p , dan tambahkan ke F
 3. Kerjakan hingga terjadi kontradiksi atau proses tidak mengalami kemajuan :
 - a. Seleksi 2 proposisi sebagai awal analisa
 - b. Bandingkan (*resolve*) secara bersama-sama. Proposisi hasil *resolve* disebut *resolvent*. Jika ada pasangan L dan $\sim L$, eliminir dari *resolvent*.
 - c. Jika *resolvent* berupa proposisi kosong (bernilai 0), maka ditemukan kontradiksi. Jika tidak, tambahkan ke F yang telah ada.

Strategi Penalaran Pasti ...

□ Contoh :

Diketahui basis pengetahuan (fakta yang bernilai benar) adalah :

1. p
2. $(p \wedge q) \rightarrow r$
3. $(s \vee t) \rightarrow q$
4. t

Buktikan kebenaran t .

Strategi Penalaran Pasti ...

- Jawab:
 - Konversi semua proposisi di F ke CNF

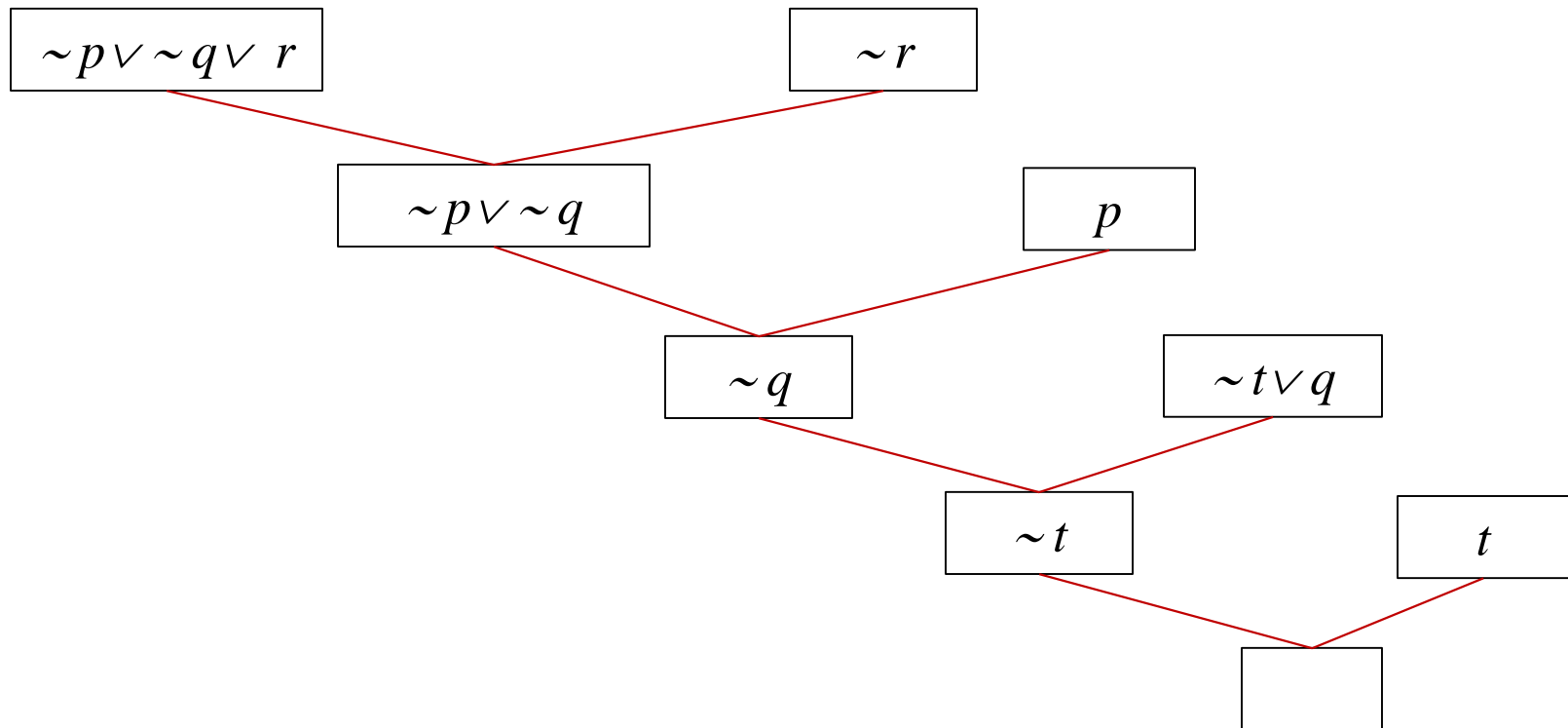
Basis pengetahuan	CNF
p	p
$(p \wedge q) \rightarrow r$	$\neg p \vee \neg q \vee r$
$(s \vee t) \rightarrow q$	$(\neg s \vee q) \wedge (\neg t \vee q)$
t	t

- Negasikan r yaitu $\sim r$, dan tambahkan ke F

1. p
2. $\neg p \vee \neg q \vee r$
3. $\neg s \vee q$
4. $\neg t \vee q$
5. t
6. $\neg r$

Strategi Penalaran Pasti ...

- ▣ Mulai dari $(\sim p \vee \sim q \vee r)$ dan $\sim r$



Strategi Penalaran Pasti ...

Resolusi pada Logika Predikat

- Pada dasarnya sama dengan resolusi pada logika proposisi, hanya ditambah *unifikasi*.
- Pada langkah 3b:
 - ▣ Bandingkan (*resolve*) secara bersama-sama. Proposisi hasil *resolve* disebut *resolvent*. Jika ada pasangan T dan $\sim T2$, sedemikian sehingga keduanya dapat dilakukan unifikasi, maka salah satu $T1$ atau $T2$ tidak muncul lagi dalam *resolvent*. $T1$ dan $T2$ disebut *complementary literal*. Jika ada lebih dari satu *complementary literal*, maka hanya sepasang yang dapat meninggalkan *resolvent*.

Strategi Penalaran Pasti ...

□ Contoh :

Misalkan terdapat pernyataan-pernyataan :

1. Andi adalah seorang Mahasiswa
2. Andi masuk Jurusan Elektro
3. Setiap mahasiswa Elektro pasti mahasiswa Teknik
4. Kalkulus adalah matakuliah yang sulit
5. Setiap mahasiswa teknik pasti akan Suka Kalkulus atau Membencinya
6. Setiap mahasiswa pasti akan suka terhadap suatu Matakuliah
7. Mahasiswa yang tidak pernah hadir pada kuliah matakuliah sulit, maka mereka pasti tidak suka matakuliah tersebut
8. Andi tidak pernah hadir kuliah matakuliah kalkulus

Apakah Andi suka matakuliah Kalkulus?

Strategi Penalaran Pasti ...

□ Jawab:

Ubah ke operator logika ($x = \text{mahasiswa}$, $y = \text{matakuliah}$) :

1. Mahasiswa(Andi)
2. Elektro(Andi)
3. $\forall_x: \text{Elektro}(x) \rightarrow \text{Teknik}(x)$
4. Sulit(Kalkulus)
5. $\forall_x: \text{Teknik}(x) \rightarrow \text{Suka}(x, \text{Kalkulus}) \vee \text{Benci}(x, \text{Kalkulus})$
6. $\forall_x, \exists_y: \text{Suka}(x, y)$
7. $\forall_x, \forall_y: \text{Mahasiswa}(x) \wedge \text{Sulit}(y) \wedge \sim \text{Hadir}(x, y) \rightarrow \sim \text{Suka}(x, y)$
8. $\sim \text{Hadir}(\text{Andi}, \text{Kalkulus})$

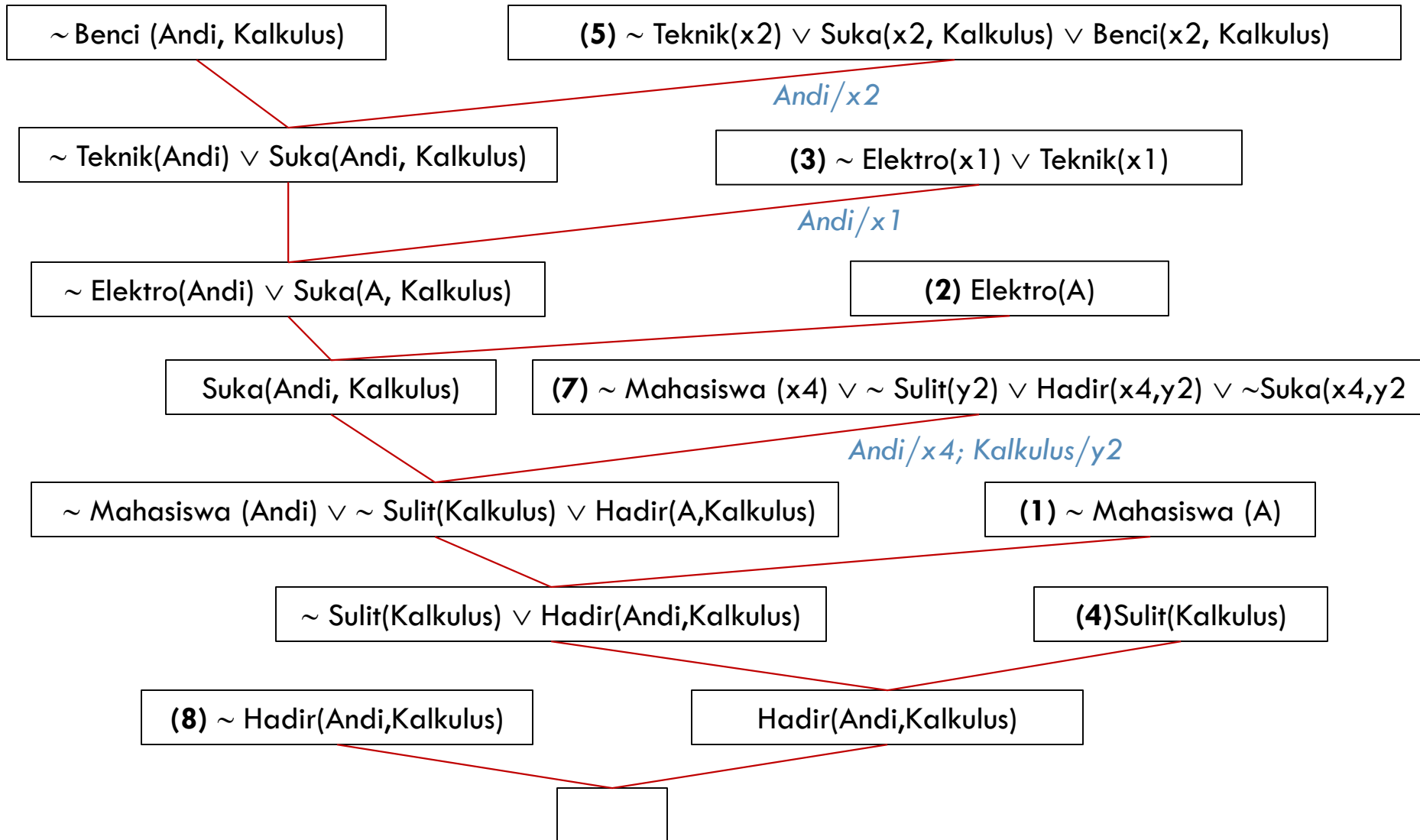
Strategi Penalaran Pasti ...

□ Ubah ke CNF:

1. Mahasiswa(Andi)
2. Elektro(Andi)
3. $\sim \text{Elektro}(x1) \vee \text{Teknik}(x1)$
4. Sulit(Kalkulus)
5. $\sim \text{Teknik}(x2) \vee \text{Suka}(x2, \text{Kalkulus}) \vee \text{Benci}(x2, \text{Kalkulus})$
6. $\text{Suka}(x3, y1)$
7. $\sim \text{Mahasiswa}(x4) \vee \sim \text{Sulit}(y2) \vee \text{Hadir}(x4, y2) \vee \sim \text{Suka}(x4, y2)$
8. $\sim \text{Hadir}(\text{Andi}, \text{Kalkulus})$

Akan dibuktikan : $\text{Benci}(\text{Andi}, \text{Kalkulus})$

Strategi Penalaran Pasti ...



Strategi Penalaran Pasti ...

□ Soal :

Misal terdapat pernyataan-pernyataan :

1. Ita suka semua jenis makanan
2. Pisang adalah makanan
3. Pecel adalah makanan
4. Segala sesuatu yang dimakan manusia, manusia tidak mati karenanya dinamakan makanan
5. Hendra adalah seorang laki-laki
6. Hendra makan jeruk dan dia masih hidup
7. Rini makan apa saja yang dimakan Hendra

Apakah Ita suka jeruk?

Strategi Penalaran Tidak Pasti

Teorema Bayes

- Bentuk umum teorema Bayes :

$$p(H_i | E) = \frac{p(E | H_i) \times p(H_i)}{\sum_{k=1}^n p(E | H_k) \times p(H_k)}$$

$p(H_i | E)$ = probabilitas hipotesa H_i benar, jika diberi bukti (*evidence*) E

$p(E | H_k)$ = probabilitas munculnya bukti E , jika diketahui hipotesis H_k benar

$p(H_i)$ = probabilitas hipotesis H_i tanpa memandang bukti apa pun

n = jumlah hipotesis yang mungkin

Teorema Bayes

□ Contoh

Jika Ani mengalami gejala adanya bintik-bintik diajahnya. Dokter menduga baha Ani terkena cacar dengan :

- Probabilitas munculnya bintik-bintik di wajah, jika Ani terkena cacar:
 $p(\text{bintik2} \mid \text{cacar})=0.8$
- Probabilitas Ani terkena cacar tanpa memandang gejala apapun :
 $p(\text{cacar})=0.4$
- Probabilitas munculnya bintik-bintik di wajah, jika Ani alergi :
 $p(\text{bintik2} \mid \text{alergi})=0.3$
- Probabilitas Ani terkena alergi tanpa memandang gejala apapun :
 $p(\text{alergi})=0.7$
- Probabilitas munculnya bintik-bintik di wajah, jika Ani jerawat :
 $p(\text{bintik2} \mid \text{cacar})=0.9$
- Probabilitas Ani jerawat tanpa memandang gejala apapun :
 $p(\text{cacar})=0.5$

Teorema Bayes

- Maka probabilitas Ani terkena cacar karena ada bintik-bintik di wajah adalah :

$$\begin{aligned} p(\text{cacar} | \text{bintik2}) &= \frac{p(\text{bintik2} | \text{cacar}) \times p(\text{cacar})}{p(\text{bintik2} | \text{cacar}) \times p(\text{cacar}) + p(\text{bintik2} | \text{alergi}) \times p(\text{alergi}) \\ &\quad + p(\text{bintik2} | \text{jerawat}) \times p(\text{jerawat})} \\ &= \frac{(0.8) \times (0.4)}{(0.8) \times (0.4) + (0.3) \times (0.7) + (0.9) \times (0.5)} \\ &= \frac{0.32}{0.32 + 0.21 + 0.45} \\ &= \frac{0.32}{0.98} = 0.327 \end{aligned}$$

Teorema Bayes

□ Soal

- ▣ Probabilitas Ani terkena alergi karena ada bintik-bintik di wajah ?
- ▣ Probabilitas Ani jerawat karena ada bintik-bintik di wajah ?

Teorema Bayes

- Jika setelah dilakukan pengujian terhadap hipotesis, muncul satu atau lebih bukti atau observasi baru, maka :

$$p(H | E, e) = p(H | E) \times \frac{p(e | E, H)}{p(e | E)}$$

e = bukti lama

E = bukti atau observasi baru

$p(H | E, e)$ = probabilitas hipotesa H benar, jika muncul bukti (*evidence*) baru E dari bukti lama e

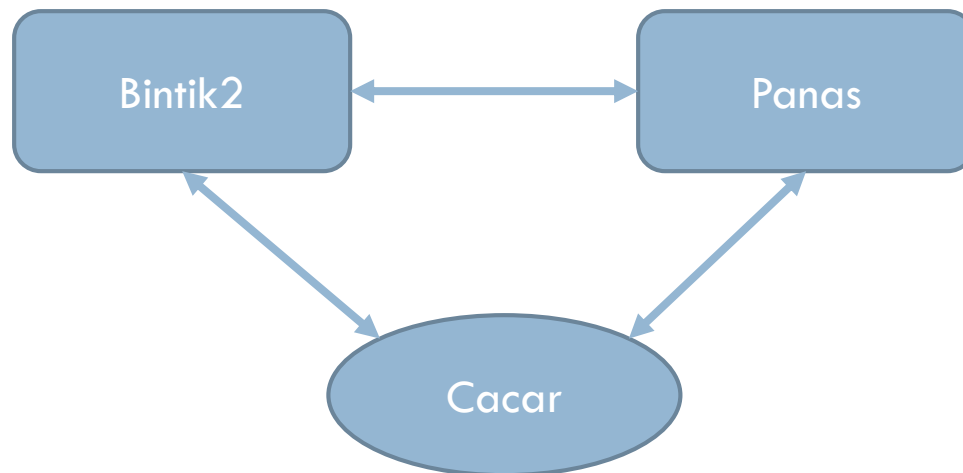
$p(H | E)$ = probabilitas hipotesa H benar, jika diberika bukti (*evidence*) E

$p(e | E, H)$ = kaitan antara e dan E jika hipotesis H benar

$p(e | E)$ = kaitan antara e dan E tanpa memandang hipotesis apapun

Teorema Bayes

- Pada kasus tadi, observasi baru menunjukkan bahwa selain adanya gejala bintik2 di wajah, ternyata panas badan juga merupakan gejala orang terkena cacar
- Antara munculnya bintik2 diwajah dan panas badan juga memiliki keterkaitan satu sama lain



Teorema Bayes

□ Contoh

Jika dokter menduga bahwa Ani terkena cacar dengan probabilitas terkena cacar apabila ada bintik2 di wajah, $p(\text{cacar} | \text{bintik2})=0.8$. Ada observasi bahwa orang yg terkena cacar pasti mengalami panas badan. Jika diketahui probabilitas orang terkena cacar apabila ada mengalami panas badan, $p(\text{cacar} | \text{panas})=0.5$, keterkaitan antara adanya bintik2 di wajah dan panas badan apabila seseorang terkena cacar, $p(\text{bintik2} | \text{panas, cacar})=0.4$, dan keterkaitan antara bintik2 di wajah dan panas badan, $p(\text{bintik2} | \text{panas})=0.6$, maka berapakah probabilitas Ani terkena cacar apabila ada bintik2 diwajah dan mengalami panas badan?

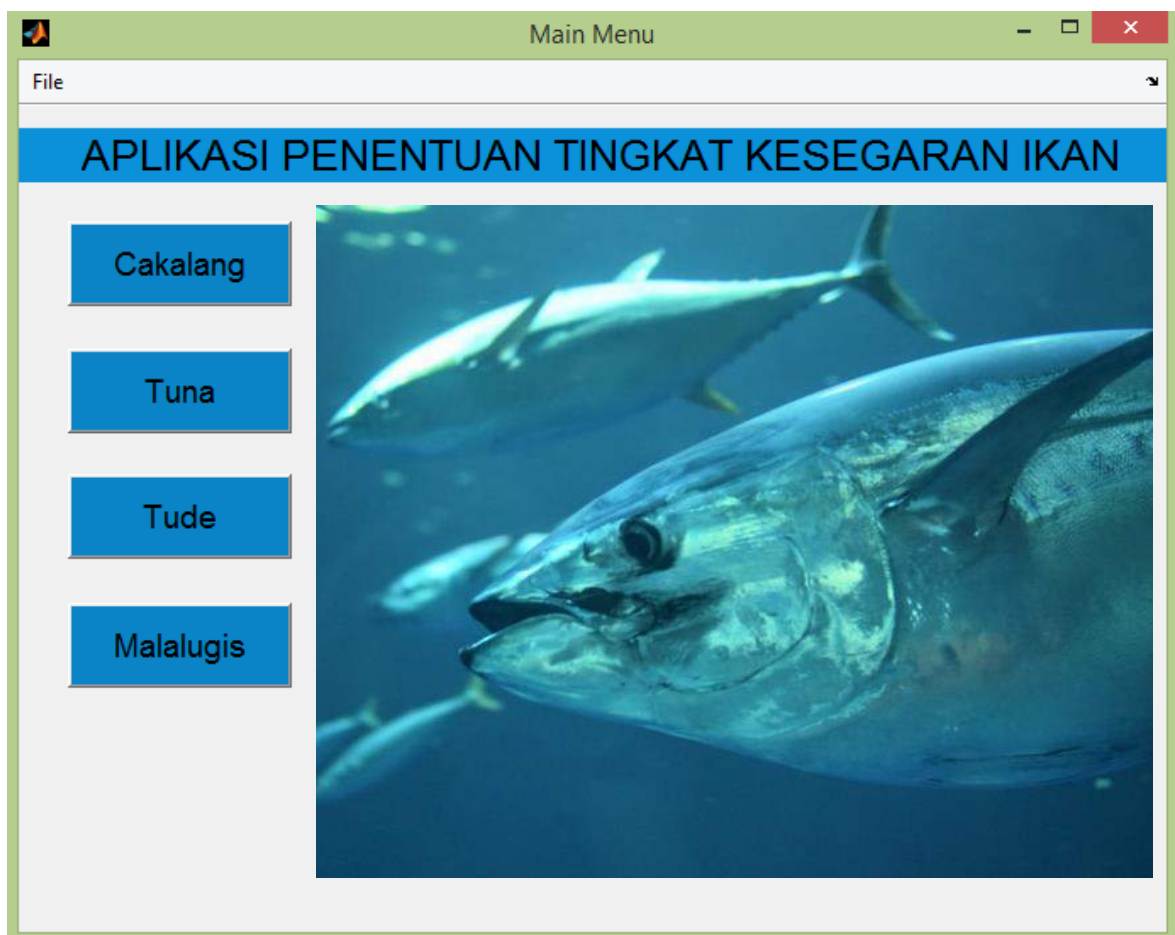
Teorema Bayes

$$\begin{aligned} p(\text{cacar} | \text{panas}, \text{bintik2}) &= p(\text{cacar} | \text{panas}) \times \frac{p(\text{bintik2} | \text{panas}, \text{cacar})}{p(\text{bintik2} | \text{panas})} \\ &= 0.5 \times \frac{0.4}{0.6} \\ &= 0.5 \times \frac{2}{3} \\ &= \frac{1}{3} = 0.333 \end{aligned}$$

5.1. Aplikasi Sistem

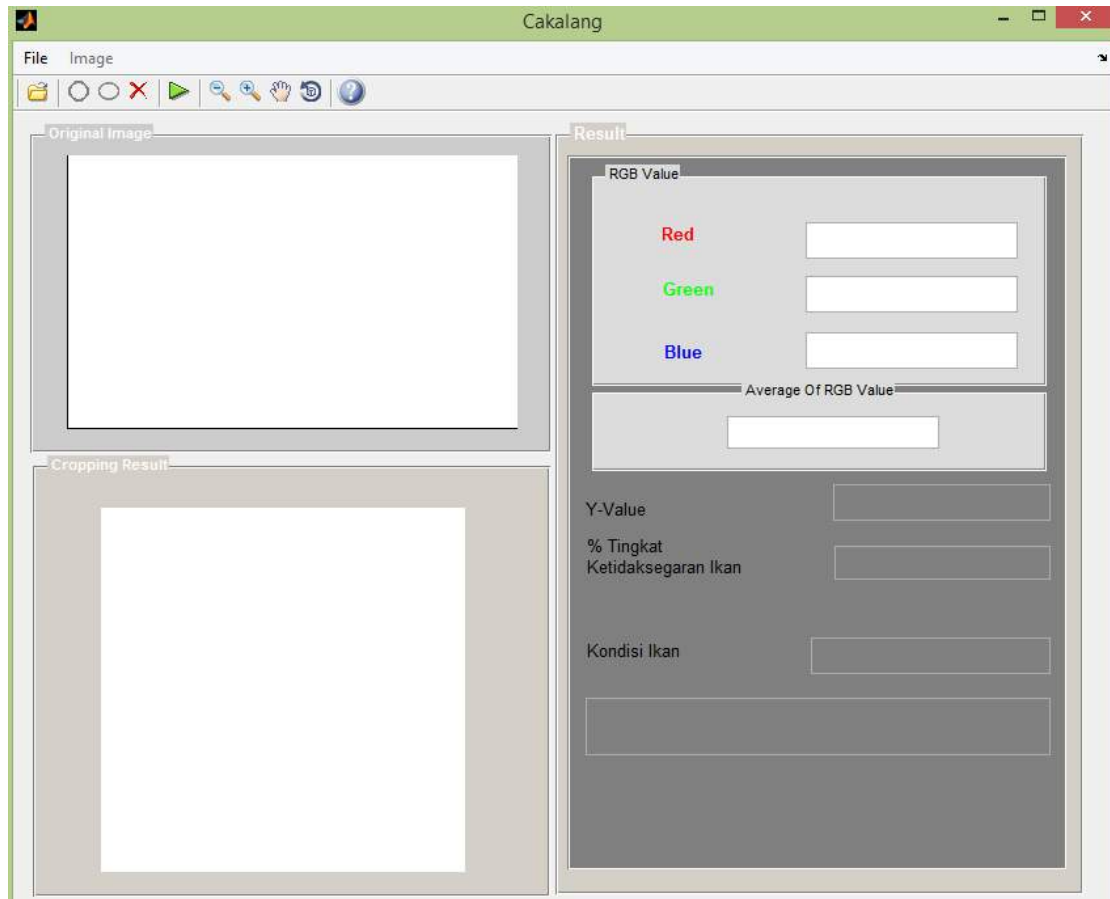
Berdasarkan data yang digunakan berupa citra/gambar empat jenis ikan konsumsi yaitu cakalang, tuna, tude dan malalugis sebagai basis data yang diambil gambarnya/difoto selama 1 sampai 10 jam berjumlah 100 data digital mata ikan yang diperoleh dari 10 ikan tuna yang difoto dari jam pertama sampai jam ke sepuluh untuk keempat jenis ikan tersebut. Kemudian dibuat perumusan persamaan tingkat kesegaran ikan-ikan tersebut menggunakan persamaan regresi polinomial berderajat tiga. Kemudian dibangun system aplikasi untuk menentukan tingkat kesegaran keempat ikan tersebut.

Tampilan sistem utama merupakan tampilan analisis suatu citra digital dengan metode *curve fitting*. Tampilan awal sistem aplikasinya dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Menu Utama Sistem Aplikasi

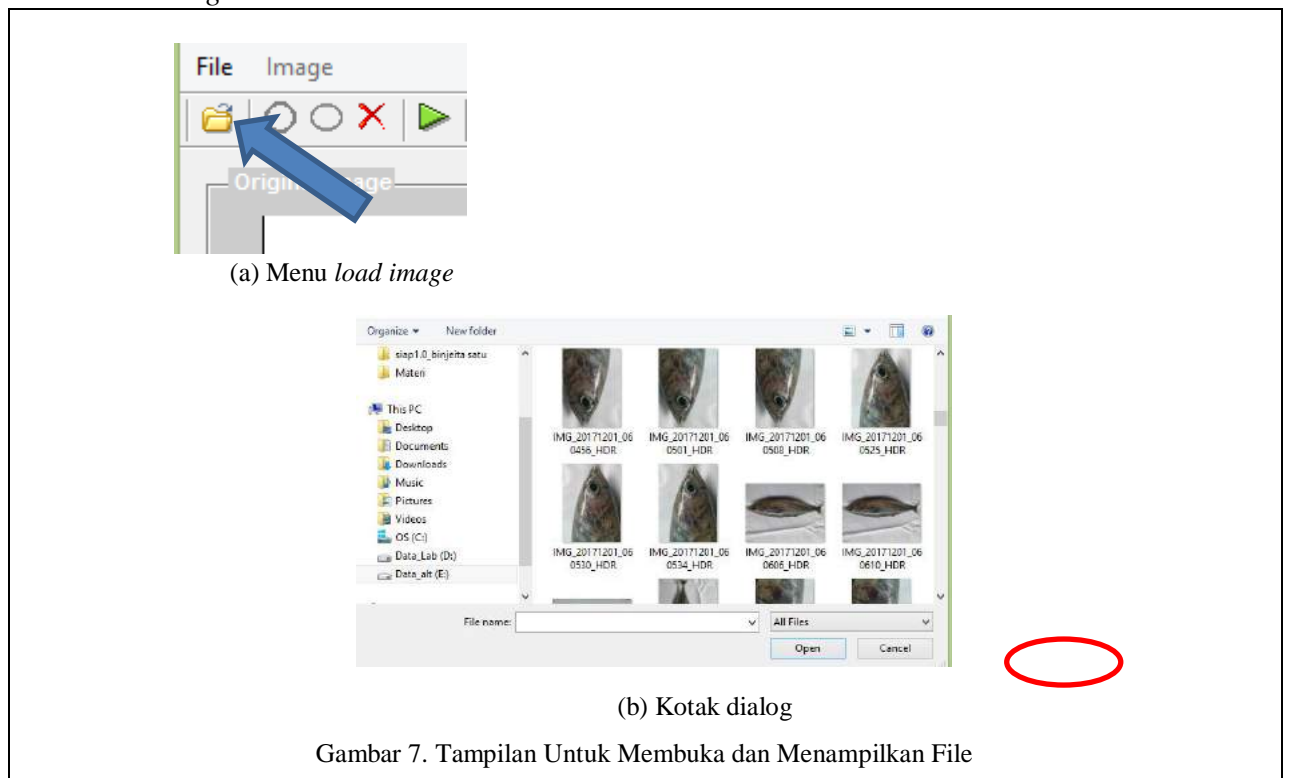
Kemudian dipilih jenis ikan yang akan dianalisis, akan muncul jendela seperti gambar 6.



Gambar 6. Tampilan jendela analisis

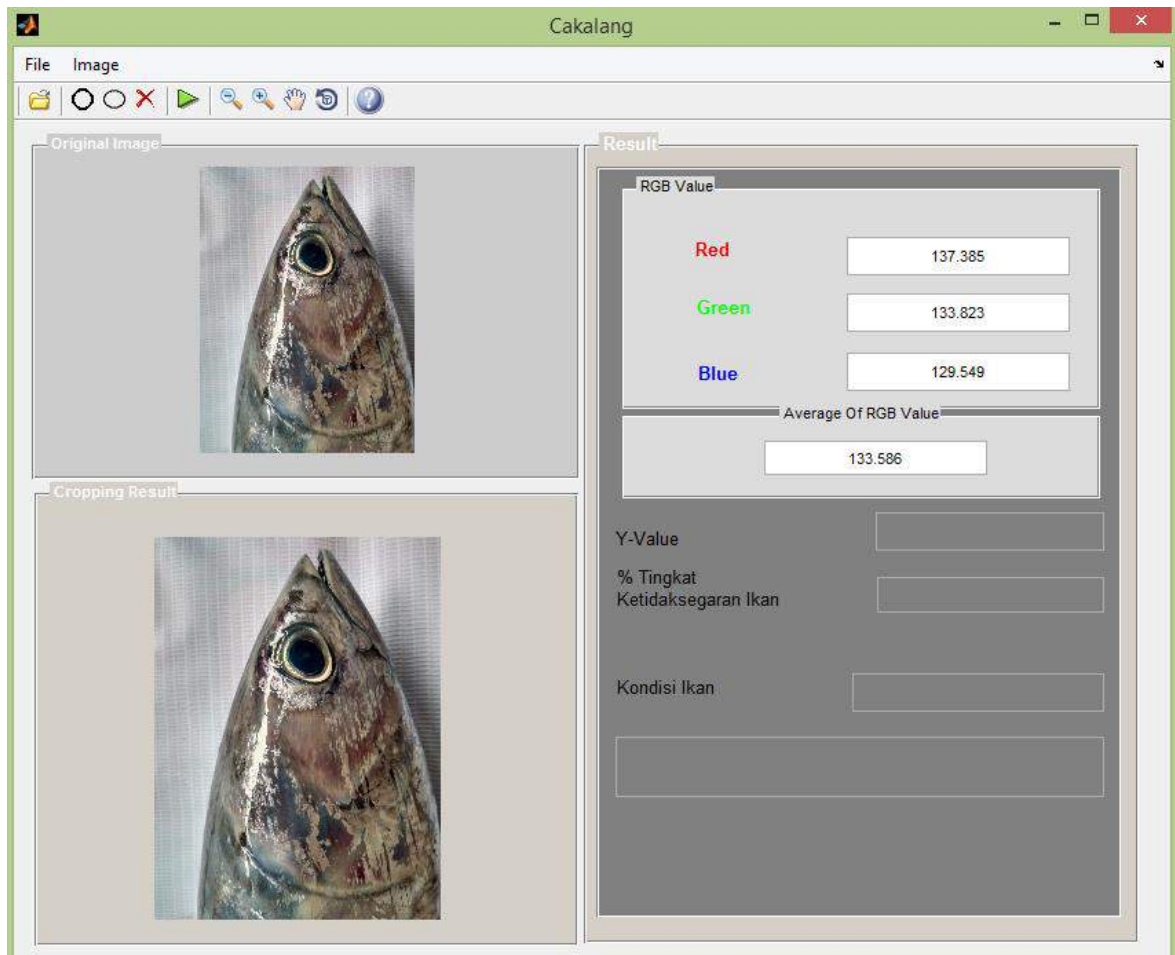
Langkah-langkah yang dibuat dalam sistem aplikasi ini yaitu:

- *Load image*



Gambar 7. Tampilan Untuk Membuka dan Menampilkan File

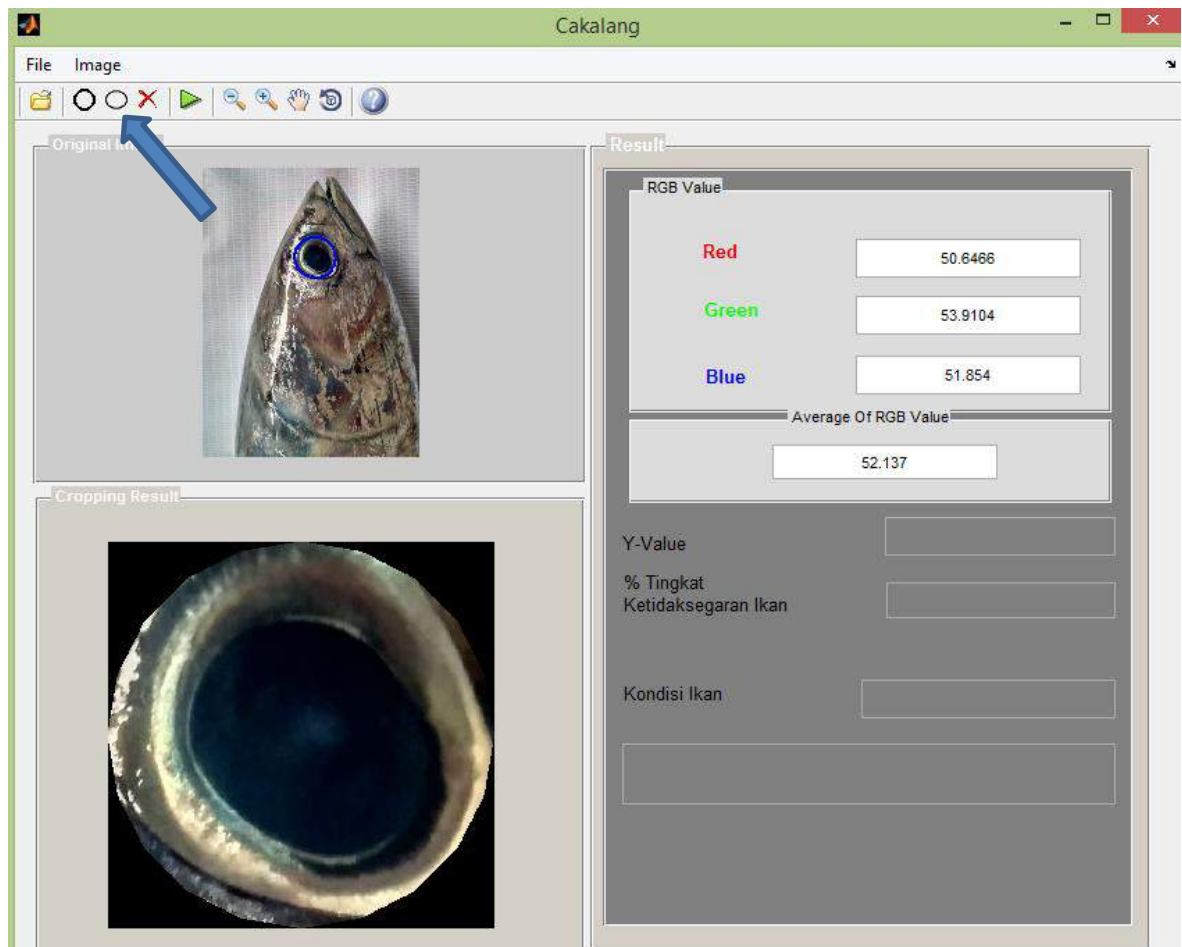
Load image digunakan untuk memilih citra yang nantinya akan disimpan kedalam data *training*. Untuk menampilkan file citra kita pilih '*load image*' pada menu bar maka akan ditampilkan kotak dialog untuk memilih file citra yang akan diuji. Pada kotak dialog tersebut pilih '*open*' untuk proses input file citra , maka secara langsung dilakukan analisis citra. Citra hasil analisis akan ditampilkan pada tempat yang telah disediakan dalam bentuk citra *grayscale* dan histogram citra, seperti pada gambar 8.



Gambar 8. Tampilan Citra Ikan Setelah File Citra Berhasil Dibuka

- *Cropping Image*

Pada menu *cropping*, dipilih *circle* untuk men-*cropping* mata ikan yang berbentuk lingkaran kemudian tekan **crop**, seperti pada gambar 9. Selanjutnya tanda lingkarannya kita geser atau perbesar/perkecil sesuai citra digital mata ikan yang ditampilkan.

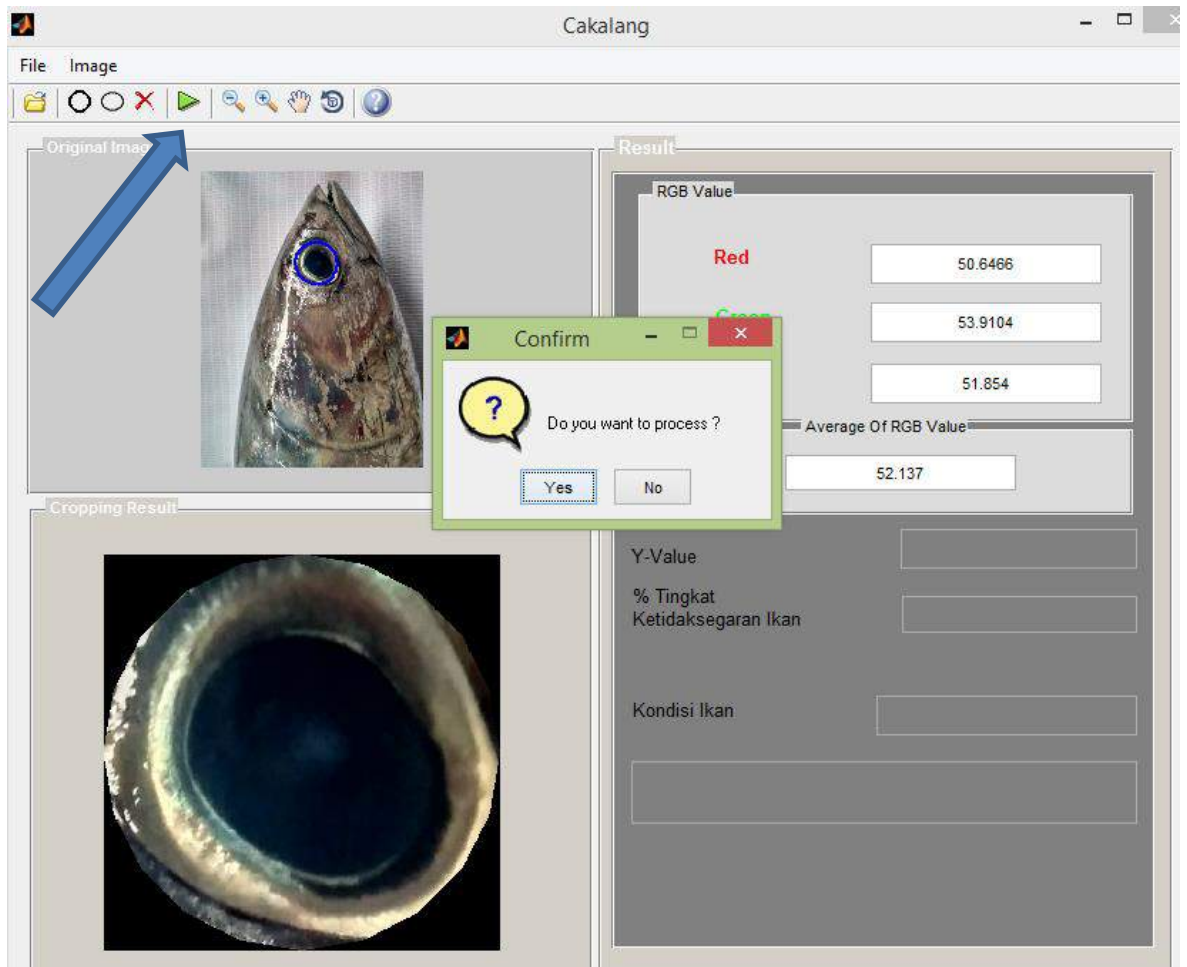


Gambar 9. Tampilan Menu *Cropping*

Hasil *cropping* akan disajikan pada jendela gambar disebelah bawahnya. Hasil *cropping* ini, sekaligus menampilkan nilai rata-rata RGB dari citra digital mata ikan yang di-input (pada *Image Average Value*).

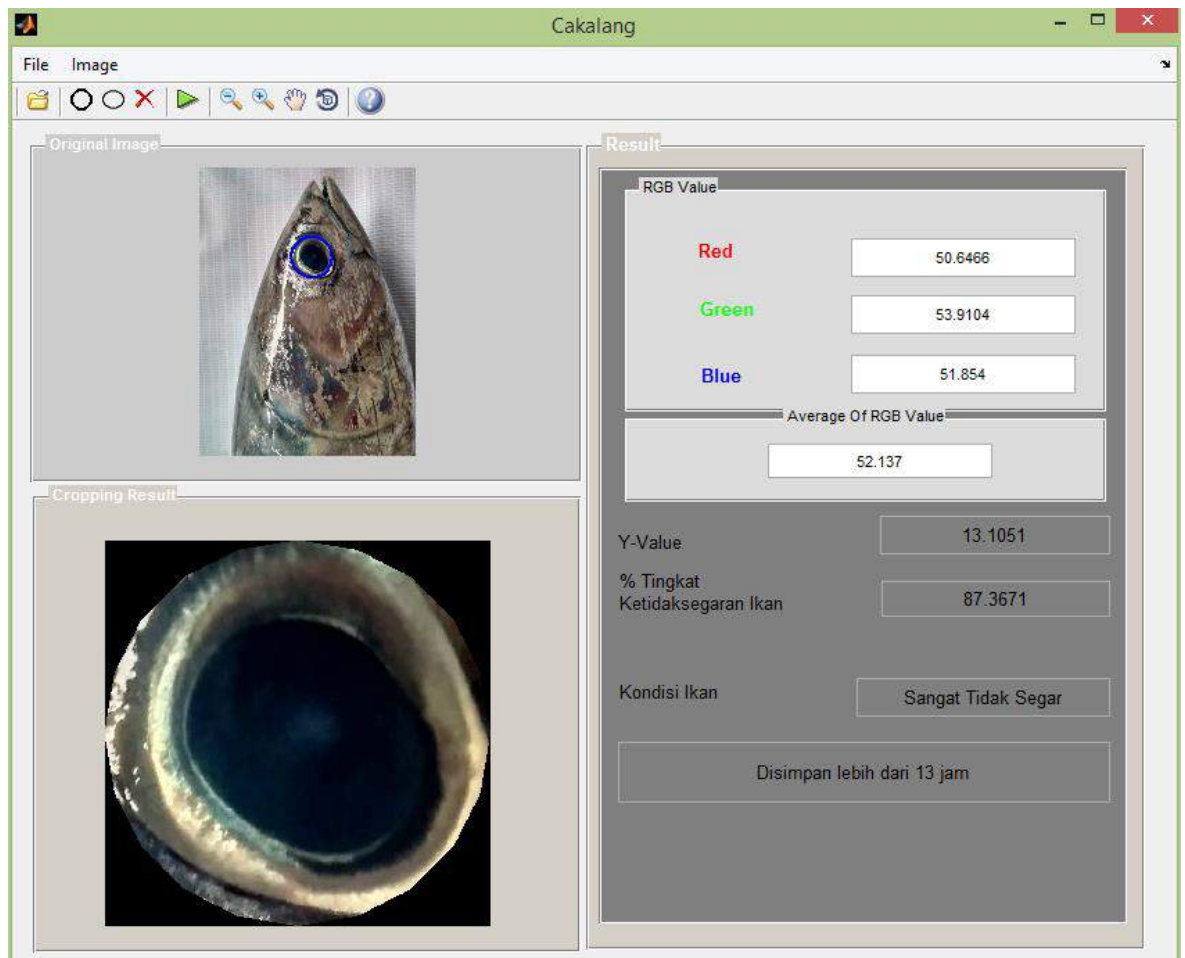
- *Hasil Analisis*

Selanjutnya dianalisis dengan menekan tanda proses dan yes, seperti pada gambar 10.



Gambar 10. Tampilan jendela proses

Selanjutnya akan ditampilkan hasil analisisnya berupa persen tingkat kesegaran ikan dan kondisinya seperti pada gambar 11.



Gambar 11. Tampilan jendela hasil proses analisis

5.2. Publikasi Ilmiah

Hasil penelitian yang diperoleh ini, telah dipublikasikan pada *The 4th International Conference on Operations Research 2018*, yang diselenggarakan oleh IORA (*Internatioanl Operations Research Association*) dan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sam Ratulangi Manado pada tanggal 19 – 20 September 2019.

5.3. Hak Kekayaan Intelektual (HKI)

Hasil penelitian ini telah didaftarkan sebagai Hak Cipta dalam bentuk Pogram Komputer dengan nomor pendaftaran EC00201974341 pada tanggal 4 Oktober 2019 dan telah mendapatkan Surat Pencatatan Ciptaan dengan nomor pencatatan 000157397.