

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Sistem Temu-kembali Informasi Multimedia (*Multimedia Information Retrieval System*)

Tujuan dari Sistem Temu-kembali Informasi Multimedia adalah untuk memberikan jawaban terbaik yang sesuai dengan kebutuhan pengguna informasi. Umumnya, dalam sistem informasi, pengguna mengekspresikan kebutuhan informasi mereka dalam bentuk pertanyaan dan kemudian sistem mencocokkan kueri ke *database* untuk menemukan informasi yang relevan. Dalam kasus informasi multimedia, kebutuhan informasi pengguna dapat dihubungkan dengan seluruh dokumen –dokumen yang ada.

Untuk informasi multimedia, kebutuhan informasi dapat mencakup informasi multimedia secara keseluruhan atau komponen audio-visual, misalnya urutan, layar, ayat-ayat, dialog. Dalam basis informasi multimedia, para peneliti mencoba untuk memfasilitasi akses ke *bit* informasi yang relevan dengan kebutuhan pengguna dan beradaptasi untuk menjawab kebutuhan informasi yang beragam.

2.1.1 Pengertian Sistem Temu-kembali Informasi Multimedia

Maghrebi berpendapat bahwa sistem informasi multimedia adalah sistem informasi yang dapat memperhitungkan jenis informasi, karakteristik dan komponen (gambar, suara, teks) dalam rangka memungkinkan pengguna untuk memiliki akses ke informasi tersebut (Maghrebi, 2008, p2). Menurut Peter S.,

Temu-kembali Informasi Multimedia adalah sebuah metodologi yang telah dikembangkan untuk mencari informasi yang relevan didalam *database* multimedia, dalam hal ini disebut dokumen (Peter, 1997, p4). Joan mendefinisikan Sistem Temu-kembali Informasi Multimedia sebagai sebuah sistem untuk manajemen (penyimpanan, pengambilan, dan manipulasi) data beberapa media, seperti kombinasi data tabular/administratif, dokumen teks, gambar, spasial, sejarah, audio, dan data video (Joan, 2008).

2.1.2 Prinsip Sistem Temu-kembali Informasi Multimedia

Peter S. dalam *Multimedia Information Retrieval* menyatakan bahwa biasanya pengguna tidak pernah melihat dokumen yang diinginkan sebelumnya, dan jumlah dokumen yang relevan tidak diketahui (Peter, 1997, p4). Semua metode pencarian yang telah diterbitkan sejauh ini didasarkan pada salah satu dari dua prinsip-prinsip berikut:

1. Prinsip Temu-kembali Berorientasi Penyimpanan (*Storage Oriented Retrieval Principle*):

Jika dokumen disimpan dalam tempat yang cocok, maka akan mudah untuk mengambilnya di masa depan. Fokus utama dari prinsip berorientasi penyimpanan adalah organisasi dari "tempat yang sesuai" di mana dokumen yang akhirnya disimpan, atau dimana referensi dokumen yang disimpan (misalnya kartu indeks). Pendekatan yang mengikuti hasil prinsip dalam struktur informasi berupa klasifikasi, dan *thesaurus* (Lancaster, 1986).

2. Prinsip Probabilitas Peringkat (*Probablitiy Ranking Principle*):

Jika respon sistem pengambilan referensi untuk setiap permintaan adalah peringkat dokumen dalam koleksi dalam probabilitas kegunaan bagi pengguna yang mengajukan permintaan, dimana probabilitas diperkirakan seakurat mungkin atas dasar apa pun data telah dibuat tersedia untuk sistem untuk tujuan ini, maka keseluruhan efektivitas sistem untuk penggunaanya akan menjadi yang terbaik yang dapat diperoleh berdasarkan data (Robertson, 1977).

Dalam konteks perpustakaan digital, prinsip pertama belum dibenarkan sejauh ini. Prinsip probabilitas peringkat jelas lebih unggul daripada pendekatan penyimpanan tradisional yang berorientasi dalam dua hal. Pertama, prinsip probabilitas peringkat bisa dibuktikan secara matematis. Kedua, percobaan dibuat sejauh ini juga menunjukkan keunggulan prinsip probabilitas peringkat. Perlu dicatat, bagaimanapun, bahwa metode pengambilan penyimpanan berorientasi dan metode pengambilan berdasarkan prinsip probabilitas tidak sepenuhnya tidak berhubungan. Terdapat hubungan antara berbagai jenis metode pengambilan (Penyu dan Croft, 1992) dan (Wong dan Yao, 1995).

2.1.3 Komponen Penting dalam Sistem Temu-kembali Informasi Multimedia

Peter (Peter, 1997, p5) menuliskan ada 4 kelompok komponen yang penting, antara lain : dokumen multimedia, model Temu-kembali, analisis dokumen, dan teknik pencarian interaktif.

- Dokumen Multimedia: Sistem mampu menyimpan dokumen multimedia.

1. Dokumen yang disimpan terdiri dari data multimedia (teks, gambar audio, video, dll).
2. Dokumen yang disimpan adalah semi terstruktur, yaitu mereka berisi data terstruktur serta data tidak terstruktur.

Dengan data yang terstruktur, atribut database khusus seperti tanggal lahir, no. karyawan, dan nama belakang. Dengan data yang tidak terstruktur, seperti *Binary Large Objects* (BLOBs), misalnya teks, gambar, audio, dan video rekaman. *BLOBs* tersebut dapat mengandung beberapa simbol yang dapat diinterpretasikan dalam cara yang tepat (misalnya perintah SGML).

- Model Temu-kembali: sistem mengadopsi model pengambilan yang mengoptimalkan efektivitas pengambilan sesuai dengan prinsip probabilitas peringkat.
 1. Sistem merespon untuk permintaan dengan menyajikan daftar dokumen yang diurutkan dalam peringkat yang baik mewakili probabilitas sendiri maupun dapat dipetakan ke probabilitas dengan cara *order preserving transformation*.
 2. Skor ini sering disebut *Retrieval Status Value* (RSV) bergantung pada deskripsi dokumen yang terdiri dari informasi statistik yang tepat tentang fitur pengindeksan (misalnya fitur frekuensi atau frekuensi dokumen).
 3. Skor tersebut mungkin juga tergantung pada domain parameter yang diperkirakan dengan cara data tambahan, misalnya dengan cara pengumpulan pelatihan atau oleh *thesaurus*.

- Analisis Dokumen: dokumen diproses untuk mengumpulkan informasi statistik.
 1. Pengolahan dokumen adalah jenis pemrosesan sinyal ketika informasi yang tidak relevan maka akan dihapus. Ketika menganalisis dokumen teks, kata-kata umum (misalnya, sebuah, untuk) dan akhiran (misalnya-ed,-ing) dapat dihapus karena mereka mengandung sedikit makna. Dalam kasus rekaman percakapan, *pitch* bisa dihapus karena kata yang sama dapat diucapkan dengan suara tinggi atau dengan suara rendah yang berisi informasi sedikit tentang isi rekaman pidato.
 2. Informasi statistik dikumpulkan untuk menghitung RSV yang sesuai. Secara khusus, data kuantitatif dihitung yang berkorelasi dengan relevansi dokumen terhadap kueri.
- Teknik Pencarian yang interaktif: sistem mendukung interaksi dengan pengguna untuk meningkatkan kemungkinan keberhasilan pencarian.
 1. Setelah presentasi dari daftar peringkat dokumen, pengguna dapat memberikan informasi umpan kembali kepada sistem. Umpan balik informasi dapat terdiri dari referensi ke dokumen yang relevan, atau batas-batas bagian yang relevan, atau dari pencarian tambahan.
 2. Sistem pencarian menggabungkan umpan kembali informasi dengan informasi statistik yang diperoleh dari analisis dokumen. Hasil dari kombinasi tersebut mungkin menjadi kueri baru untuk menghasilkan urutan dokumen yang lebih baik atau mungkin

menyertakan pencarian tambahan yang diusulkan kepada pengguna akan dimasukkan ke kueri

2.1.4 Sejarah Singkat Temu-kembali Multimedia

Exact-Match Retrieval dokumen multimedia diusulkan oleh Dennis Tsichritzis (1983) dan Stavros Christodoulakis (1986). *Best-Match Retrieval* citra dilakukan oleh Fausto Rabitti (1987). Lihat juga referensi dalam laporan MULTOS (Thanos,1990).

Pada 1990-1991, Ulla Glavitsch dan Peter Schäuble mulai meneliti Temu-kembali percakapan (Glavitsch dan Schäuble 1992). Baru-baru ini, proyek *Video Mail Retrieval* (VMR) dimulai di Cambridge University, Inggris (Brown, Foote, Jones, Sparck-Jones, dan Young 1994), (Jones, Foote, Jones, dan Young 1996) dan proyek Temu-kembali informasi multimedia dimulai dalam proyek INFORMEDIA di Carnegie Mellon University (Hauptmann, Witbrock, dan Christel 1995).

Seiring dengan proyek Temu-kembali percakapan, kelompok pengenalan percakapan di XEROX PARC dan di MIT Lincoln Lab mulai bekerja pada klasifikasi pesan suara, disebut *Topic IDentification* (TID) (Wilcox dan Bush 1991), (Rose, Chang, dan Lippmann 1991). referensi yang lebih baru pada TID adalah (Jeanrenaud, Siu, Rohlicek, Mezeer, dan Gish 1994) dan (McDonough, Ng, Jeanrenaud, Gish, dan Rohlicek 1994).

Konferensi multimedia'91 yang diselenggarakan di Singapura mungkin merupakan konferensi pertama yang memiliki sesi Temu-kembali multimedia. Sejak itu, konferensi multimedia seperti konferensi Multimedia di ACM

(*Association for Computing Machinery*) telah memiliki sedikitnya satu sesi tentang *Multimedia Retrieval* yang sering disebut, "*Content-Based Retrieval*".

2.2 Temu-kembali Informasi (*Information Retrieval*)

Temu-kembali informasi (IR) adalah ilmu tentang mencari dokumen, untuk informasi dalam dokumen, dan untuk metadata tentang dokumen, serta yang mencari *database* relasional dan World Wide Web. Ada simpang siur dalam penggunaan istilah pengambilan data, pengambilan dokumen, pengambilan informasi, dan pengambilan teks, tetapi masing-masing juga memiliki sastra, teori, praksis, dan teknologinya yang khas. IR adalah interdisipliner, didasarkan pada ilmu komputer, matematika, ilmu perpustakaan, ilmu informasi, arsitektur informasi, psikologi kognitif, linguistik, dan statistik. Sistem informasi pengambilan otomatis digunakan untuk mengurangi apa yang disebut "*overload* informasi". Banyak universitas dan perpustakaan umum menggunakan sistem inframerah untuk memberikan akses ke buku-buku, jurnal dan dokumen lainnya. Mesin pencari web adalah salah satu aplikasi IR yang paling terlihat penggunaannya sehari-hari. Sistem Temu-kembali Informasi merupakan sistem yang berfungsi untuk menemukan informasi yang relevan dengan kebutuhan pemakai. Salah satu hal yang perlu diingat adalah bahwa informasi yang diproses terkandung dalam sebuah dokumen yang bersifat tekstual. Dalam konteks ini, Temu-kembali Informasi berkaitan dengan representasi, penyimpanan, dan akses terhadap dokumen representasi dokumen. Dokumen yang ditemukan tidak dapat dipastikan apakah relevan dengan kebutuhan informasi pengguna yang dinyatakan dalam kueri. Pengguna Sistem

Temu-kembali informasi sangat bervariasi dengan kebutuhan informasi yang berbeda-beda.

2.2.1 Temu-kembali Data dan Temu-kembali Informasi

Seringkali kita sering salah mengartikan kata data dan informasi. Untuk lebih jelasnya Rijsbergen(1979) menguraikan perbedaan ini kedalam tabel.

Tabel 2.1 Perbedaan *Data Retrieval* dengan *Information Retrieval*

	Data Retrieval (DR)	Information Retrieval (IR)
Matching	Exact match	Partial match, best match
Inference	Deduction	Induction
Model	Deterministic	Probabilistic
Classification	Monothetic	Polythetic
Query language	Artificial	Natural
Query specification	Complete	Incomplete
Items wanted	Matching	Relevant
Error response	Sensitive	Insensitive

Seseorang mungkin ingin mengkritik dikotomi ini dengan alasan bahwa batas antara kedua adalah samar-samar. Tapi ini berguna karena menggambarkan berbagai kerumitan yang terkait dengan setiap bentuk dari teknik pencarian. Mari kita sekarang mengambil setiap item dalam tabel dan melihatnya lebih dekat. Dalam pengambilan data kita biasanya mencari yang sama persis, kita memeriksa untuk melihat apakah suatu *item* ada atau tidak dalam file. Dalam Temu-kembali Informasi ini kadang-kadang mungkin menarik tapi lebih umum kita ingin mencari *item-item* yang sebagian sesuai permintaan dan kemudian memilih dari beberapa yang terbaik. Kesimpulan yang digunakan dalam pengambilan data adalah jenis

deduktif sederhana, yaitu, ARB dan BRC kemudian ARC. Dalam pengambilan informasi yang jauh lebih umum untuk menggunakan inferensi induktif; hubungan ditentukan dengan tingkat kepastian atau ketidakpastian dan karenanya keyakinan kita dalam inferensi adalah variabel. Perbedaan ini menyebabkan orang untuk menggambarkan pengambilan data sebagai *retrieval deterministik* tetapi informasi sebagai probabilistik. Sering Teorema Bayes digunakan untuk melaksanakan kesimpulan di IR, tetapi dalam probabilitas DR tidak masuk ke pengolahan. Perbedaan lain yang dapat dibuat dalam hal klasifikasi yang mungkin berguna. Dalam DR kita tertarik menggunakan klasifikasi *monothetic*, yaitu, kelas yang didefinisikan oleh objek memiliki atribut baik perlu dan cukup untuk sebuah kelas. Dalam IR seperti klasifikasi yang ada di keseluruhan tidak terlalu berguna, penggunaan klasifikasi *polythetic* lebih diperlukan disini. Klasifikasi masing-masing individu dalam kelas akan memiliki hanya sebagian dari semua atribut yang dimiliki oleh semua anggota kelas tersebut. Oleh karena itu keanggotaan kelas tidak memerlukan atribut. Bahasa kueri untuk DR umumnya akan menjadi jenis buatan, satu dengan sintaks terbatas dan kosakata, di IR kami lebih suka menggunakan bahasa alami meskipun ada beberapa pengecualian. Dalam DR, kueri umumnya merupakan spesifikasi lengkap dari apa yang diinginkan, dalam IR tidak selalu lengkap. Perbedaan terakhir muncul sebagian dari kenyataan bahwa di IR kita sedang mencari dokumen yang relevan sebagai lawan untuk persis pencocokan *item*. Luasnya pertandingan di IR diasumsikan untuk menunjukkan kemungkinan dari relevansi *item* tersebut. Salah satu konsekuensi sederhana perbedaan ini adalah bahwa DR lebih sensitif terhadap kesalahan dalam arti bahwa, kesalahan dalam pencocokan tidak akan mengambil *item* dianggap salah

oleh sistem. Dalam IR, kesalahan kecil dalam pencocokan umumnya tidak mempengaruhi kinerja sistem secara signifikan.

2.2.2 Tujuan dan Fungsi Sistem Temu-kembali Informasi

Sistem Temu-kembali Informasi dirancang untuk menemukan dokumen atau informasi yang diperlukan oleh masyarakat pengguna. Sistem Temu-kembali Informasi bertujuan untuk menjembatani kebutuhan informasi pengguna dengan sumber informasi yang tersedia dalam situasi seperti dikemukakan oleh Belkin (1980) sebagai berikut:

1. Penulis mempresentasikan sekumpulan ide dalam sebuah dokumen menggunakan sekumpulan konsep.
2. Terdapat beberapa pengguna yang memerlukan ide yang dikemukakan oleh penulis tersebut, tapi mereka tidak dapat mengidentifikasi dan menemukannya dengan baik.
3. Sistem Temu-kembali Informasi bertujuan untuk mempertemukan ide yang dikemukakan oleh penulis dalam dokumen dengan kebutuhan informasi pengguna yang dinyatakan dalam bentuk pertanyaan (kueri).

Berkaitan dengan sumber informasi di satu sisi dan kebutuhan informasi pengguna di sisi yang lain, Sistem Temu-kembali Informasi berperan untuk:

1. Menganalisis isi sumber informasi dan pertanyaan pengguna.
2. Mempertemukan pertanyaan pengguna dengan sumber informasi untuk mendapatkan dokumen yang relevan.

Adapun fungsi utama Sistem Temu-kembali Informasi seperti dikemukakan oleh Lancaster (1979) dan Kent (1971) adalah sebagai berikut:

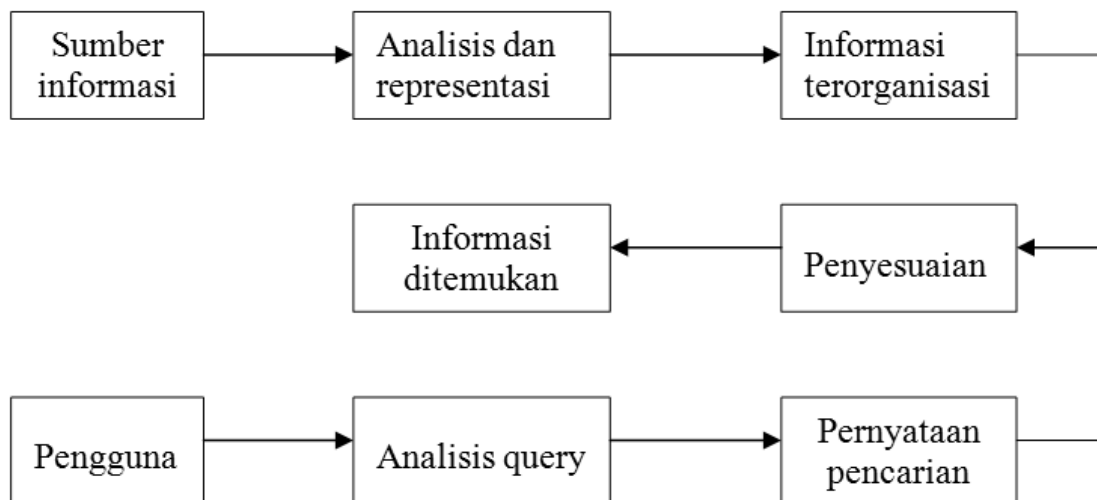
1. Mengidentifikasi sumber informasi yang relevan dengan minat masyarakat pengguna yang ditargetkan.
2. Menganalisis isi sumber informasi (dokumen)
3. Merepresentasikan isi sumber informasi dengan cara tertentu yang memungkinkan untuk dipertemukan dengan pertanyaan (kueri) pengguna.
4. Merepresentasikan pertanyaan (kueri) pengguna dengan cara tertentu yang memungkinkan untuk dipertemukan sumber informasi yang terdapat dalam basis data.
5. Mempertemukan pernyataan pencarian dengan data yang tersimpan dalam basis data.
6. Menemu-kembalikan informasi yang relevan.
7. Menyempurnakan unjuk kerja sistem berdasarkan umpan balik yang diberikan oleh pengguna.

2.2.3 Komponen Sistem Temu-kembali Informasi

Menurut Lancaster (1979) Sistem Temu-kembali Informasi terdiri dari 6 (enam) subsistem, yaitu:

1. Subsistem dokumen
2. Subsistem pengindeksan
3. Subsistem kosa kata
4. Subsistem pencarian
5. Subsistem antarmuka pengguna-sistem
6. Subsistem penyesuaian.

Dokumen sebagai objek data dalam Sistem Temu-kembali Informasi merupakan sumber informasi. Dokumen biasanya dinyatakan dalam bentuk indeks atau kata kunci. Kata kunci dapat diekstrak secara langsung dari teks dokumen atau ditentukan secara khusus oleh spesialis subjek dalam proses pengindeksan yang pada dasarnya terdiri dari proses analisis dan representasi dokumen. Pengindeksan dilakukan dengan menggunakan sistem pengindeksan tertentu, yaitu himpunan kosa kata yang dapat dijadikan sebagai bahasa indeks sehingga diperoleh informasi yang terorganisasi.



Gambar 2.1 Metodologi Sistem Temu-kembali Informasi menurut Lancaster

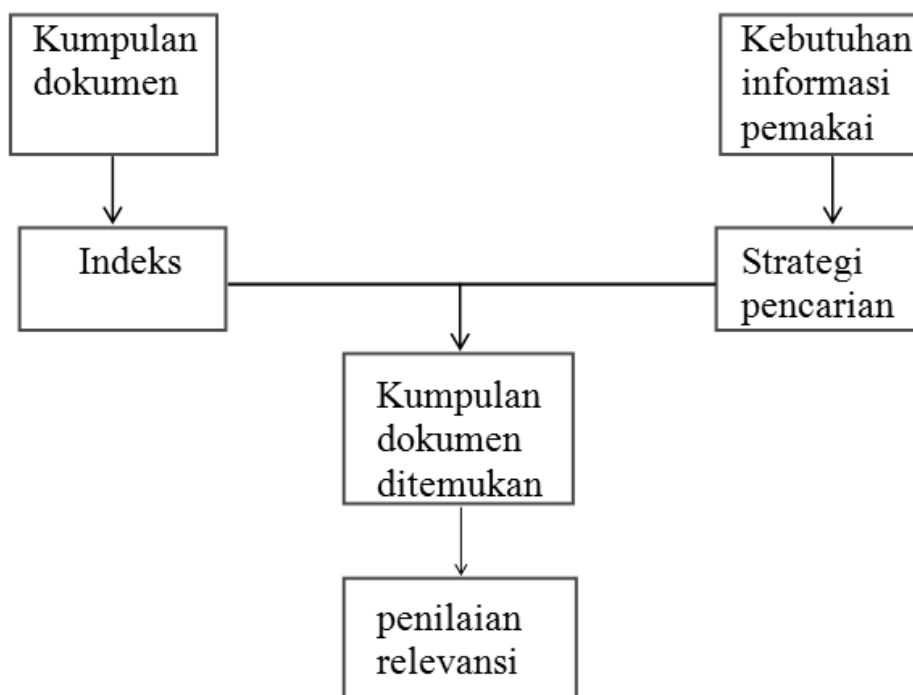
Sementara itu, pencarian diawali dengan adanya kebutuhan informasi pengguna. Dalam hal ini Sistem Temu-kembali Informasi berfungsi untuk menganalisis pertanyaan (kueri) pengguna yang merupakan representasi dari kebutuhan informasi untuk mendapatkan pernyataan-pernyataan pencarian yang tepat. Selanjutnya pernyataan-pernyataan pencarian tersebut dipertemukan dengan

informasi yang telah terorganisasi dengan suatu fungsi penyesuaian (*matching function*) tertentu sehingga ditemukan dokumen atau sekumpulan dokumen.

Tague-Sutcliffe (1996) melihat Sistem Temu-kembali Informasi sebagai suatu proses yang terdiri dari 6 (enam) komponen utama yaitu:

1. Kumpulan dokumen
2. Pengindeksan
3. Kebutuhan informasi pemakai
4. Strategi pencarian
5. Kumpulan dokumen yang ditemukan
6. Penilaian relevansi

Bila diperhatikan dengan seksama, perbedaan komponen Sistem Temu-kembali Informasi menurut Lancaster (1979) dan menurut Tague-Sutcliffe (1996) terletak pada penilaian relevansi, yaitu suatu tahap dalam Temu-kembali untuk menentukan dokumen yang relevan dengan kebutuhan informasi pemakai. Secara garis besar komponen-komponen Sistem Temu-kembali menurut Tague-Sutcliffe (1996).



Gambar 2.2 Metodologi Sitem Temu-kembali Informasi menurut Tague-Sutcliffe

2.2.4 Jenis-Jenis Sistem Temu-kembali

Sistem Temu-kembali berdasarkan jenis mediana :

1. Temu-kembali Audio Berbasis Konten (Content Based Audio Retrieval)

Versi Heuristik dari Multidimensional Scaling (MDS) yang bernama FastMap, digunakan untuk pengambilan audio dan *browsing*. FastMap, seperti MDS, memetakan objek kedalam ruang Euclidean, dimana kesamaan selalu terjaga. Sebagai tambahan FastMap ini lebih efisien dibanding MDS karena memungkinkan kueri jenis query-by-example, yang menyebabkan baik untuk Temu-kembali berbasis konten (Cano, 2002, p1). Metode untuk mengkarakterisasi ritme dan tempo dari musik disampaikan oleh Foote (Foote , 2002, p1). Foote mempersembahkan cara untuk

mengukur kesamaan ritme secara kuantitatif diantara 2 karya musik atau lebih. Ini memungkinkan untuk mengambil sebuah karya yang memiliki kesamaan dalam ritme dari koleksi musik yang besar. Aplikasi yang berhubungan dengan topik ini berupa “*disc jockey*” yang terotomatisasi. Selain analisis yang mendalam dan metode pengambilan, Foote juga mempersembahkan eksperimen skala kecil yang mendemonstrasikan pengambilan dan sistem ranking audio berdasarkan kesamaan ritme.

2. Temu-kembali Vidio Berbasis Konten (Content Based Video Retrieval)

Pertumbuhan dari ketersediaan material video *online* di *internet* umumnya dikombinasikan dengan *tag* yang ditulis oleh pengguna atau deskripsi konten, dimana merupakan mekanisme kita mengakses sebuah video. Bagaimanapun, *tag* yang ditulis oleh pengguna memiliki keterbatasan untuk pengambilan dan kita seringkali ingin mengakses video dari konten dari video itu sendiri tanpa menggunakan *tag* yang ditulis untuk video tersebut. Teknik Temu-kembali video berbasis konten belum dapat digunakan pada skala *internet*, tetapi teknik ini terbukti kuat dan efektif untuk koleksi data yang kecil. Alan dalam artikelnya dengan judul “*Three Example Systems from TRECVID*” membahas tiga dari 20 system yang telah diteliti untuk memungkinkan implementasi dari Temu-kembali video berbasis konten untuk digunakan di ruang internet (Alan, 2007, pg2).

3. Temu-kembali Citra Berbasis Konten (Content Based Image Retrieval)

Di dunia sekarang ini, penciptaan, pengambilan dan pendistribusian gambar digital telah menjadi relatif mudah dengan kemajuan gambar digital dan teknologi komunikasi. Gambar digital sekarang telah menjadi

salah satu format media yang paling sering digunakan. Hal ini telah mengakibatkan studi penelitian ke *database* berbasis teks tidak menerima perhatian yang besar lagi. Selama beberapa tahun terakhir, para peneliti telah mencapai tingkat keberhasilan tertentu di bidang ini. Contohnya adalah peningkatan jumlah mesin pencarian citra berbasis internet yang tersedia secara komersial dan beberapa aplikasi berorientasi *database*. Contoh terkenal adalah mesin pencari *internet* seperti Google (www.google.com), Yahoo (www.yahoo.com) dan AltaVista (www.altavista.com). Sistem ini memberikan pengguna fasilitas pencarian citra dan pengambilan fitur fungsional. Dalam aplikasi ini, isi citra dianalisis melalui pendekatan tekstur berbasis teks. Hanya kata kunci atau frasa yang digunakan untuk sistem kueri. Efisiensi pengambilan citra dengan pendekatan semacam itu sangat bergantung pada kemampuan pengguna untuk memasukkan kata kunci atau frasa yang tepat. Ini sangat tidak *user friendly*, karena pengguna dari latar belakang yang berbeda dapat menginterpretasikan citra dengan berbeda. Selain itu, pengguna juga harus diperbolehkan untuk kueri menggunakan citra sampel. Hal ini menimbulkan pengenalan teknik sistem pencarian citra berbasis konten (CBIR). Sebuah sistem CBIR adalah salah satu sistem yang mengambil citra berdasarkan fitur seperti warna, tekstur, bentuk atau bahkan arti semantik citra. Ini adalah sistem yang kompleks yang terdiri dari beberapa komponen yang masih aktif dalam tahap penelitian dan pengembangan. Selanjutnya akan dibahas lebih mendalam pada bagian berikut dari bab ini.

4. Temu-kembali Teks Berbasis Konten (Content Based Text Retrieval)

Kategorisasi otomatis (atau klasifikasi) dari teks ke dalam kategori yang ditentukan sebelumnya. Kembali ke tahun 60-an awal, telah terjadi booming di sepuluh tahun terakhir, karena meningkatnya ketersediaan dokumen dalam bentuk digital dan kebutuhan untuk mengatur mereka. Dalam komunitas riset, pendekatan yang dominan untuk masalah ini adalah berdasarkan aplikasi “Pembelajaran Mesin (*machine learning*)”: suatu proses induktif umum yang secara otomatis membangun *classifier* dengan belajar dari satu set dokumen yang diklasifikasikan sebelumnya. Keuntungan dari pendekatan ini daripada pendekatan rekayasa pengetahuan (terdiri dalam definisi manual sebuah *classifier* oleh pakar domain) adalah efektivitas yang sangat baik, penghematan yang cukup besar dalam hal tenaga ahli, dan portabilitas untuk domain yang berbeda. Dalam survei, Sebastiani melihat pendekatan utama yang telah diambil terhadap kategorisasi teks otomatis didalam paradigma “Pembelajaran Mesin” (Sebastiani, 2001, p1).

2.3 Sistem Temu-kembali Citra Berbasis Konten (Content Based Image Retrieval System)

2.3.1 Jenis – Jenis Sistem Temu-kembali Citra Berbasis Konten

Chung dalam Intelligent Content Based Image Retrieval Framework Based on Semi- Automated Learning and Historic Profile membagi sistem Temu-kembali citra berbasis konten menjadi dua kategori utama, yaitu, sistem generik dan sistem domain-spesifik (Chung, 2007, Hal. 16) .Sistem pengambilan domain-spesifik

berisi citra yang hanya berhubungan erat dengan area aplikasi tertentu. Pengetahuan domain dari aplikasi tertentu seringkali memberikan informasi tambahan yang mungkin dapat membantu analisis konten visual dan semantik citra dengan hasil yang luar biasa. Sistem diagnosa otomatis atau pendukung keputusan untuk aplikasi medis adalah area dimana para peneliti telah berhasil dalam mengintegrasikan pengetahuan domain dengan teknik pengambilan citra. Sayangnya, ada kelemahan dalam kerangka sistem ini. Kerangka yang ada perlu diperbaiki untuk menghasilkan hasil yang terbaik di kecepatan dan ketepatan pengambilan. Kadang-kadang, kerangka yang sama mungkin tidak bekerja efektif dengan set data yang berbeda, walaupun memang ditujukan untuk aplikasi yang sama.

Sebaliknya, sistem CBIR generik mengandung citra yang dibuat atau diambil dari berbagai sumber. Tema dan isi citra-citra ini juga dapat mencakup beragam topik. Contoh umum aplikasi domain generik adalah sistem seperti QBIC , GIFT dan PhotoSeek. aplikasi sistem generik biasanya menggunakan pendekatan yang berbeda untuk pengolahan dan analisis citra dan tidak perlu di perbaiki lagi. Kekurangan menggunakan pendekatan generik adalah model gambar dasar yang digunakan untuk mewakili citra. Biasanya dalam sistem ini, hanya dipilih beberapa fitur level rendah yang digunakan untuk mewakili isi citra. Dengan demikian, salah satu masalah yang terbesar dalam sistem CBIR generik adalah ketidakmampuan mereka untuk menangkap persepsi pengguna tentang citra. Sub-bagian berikut ini memberikan gambaran dari tiga jenis CBIR sistem: Sistem Generik CBIR, Sistem CBIR *World-Wide-Web* (WWW-CBIR), dan Sistem *Content Based Medical Image Retrieval* (CBMIR). Seperti dibahas dalam sub-

bagian, masing-masing jenis sistem menyajikan tantangan unik untuk komunitas riset.

1. Sistem Generik CBIR

Qbic pertama kali diusulkan pada awal 90-an. Tujuan dari sistem ini adalah untuk mencari dan mengambil citra berdasarkan sifat visual mereka. Kemudian, ide-ide serupa juga diimplementasikan dalam sistem seperti GIFT, MARS, SIMPLicity, PhotoSeek Pustaka gambar, dan lain-lain. Dalam sistem ini, warna merupakan yang paling umum digunakan sebagai visual fitur dalam menggambarkan citra. Dalam beberapa kasus, analisis statistik tekstur sederhana digunakan untuk menggambarkan "kehalusan" dari suatu citra, juga menjadi pilihan yang populer. Sistem ini kesulitan untuk menerapkan model analisa citra yang lebih kompleks, seperti deteksi bentuk dan segmentasi tekstur untuk menganalisis citra lebih lanjut. Seringkali parameter untuk model analisis citra yang kompleks ini perlu diperbaiki untuk aplikasi atau kondisi tertentu untuk mendapatkan efisiensi yang lebih tinggi. Sebagai contoh, algoritma segmentasi tekstur seperti yang diusulkan oleh Roula et al., menggunakan kerangka kerja klasifikasi Bayesian untuk mengelompokkan sekumpulan piksel ke sebuah kelas. Meskipun pendekatan semacam itu adalah cara yang efisien untuk mengklasifikasi daerah, kelemahannya ada pada jumlah kelas perlu diketahui sebelum proses klasifikasi. Informasi tersebut hanya tersedia jika pengetahuan sebelumnya tentang citra yang akan diproses tersedia. Sayangnya, hal ini sering tidak terjadi untuk sistem CBIR generik. Selain itu, model analisis citra yang kompleks sering relatif mahal untuk

komputasinya. Jadi, sistem ini tidak cocok untuk sistem yang membutuhkan waktu respon yang cepat.

2. Sistem WWW-CBIR

WWW-CBIR merupakan modifikasi dari sistem CBIR asli. Sementara sistem CBIR asli beroperasi sebagian besar dalam lingkungan *offline* atau tertutup, WWW-CBIR sistem merupakan bagian dari Internet atau online. Perbedaan ini memiliki beberapa implikasi. Pertama, tidak seperti kebanyakan sistem CBIR, ini menunjukkan bahwa pada tingkat arsitektur, sistem ini tidak lagi berada di lingkungan tertutup. Sistem ini dibuka untuk Internet di mana citra akan terus ditambahkan dan dihapus. Kedua, pendekatan untuk menganalisa isi citra juga akan berbeda dari sistem CBIR tradisional. Hal ini disebabkan informasi tambahan yang diperoleh dari dokumen-dokumen yang melekat pada citra seperti file HTML. Terakhir, skema pengindeksan diaplikasikan pada sistem WWW-CBIR juga mungkin berbeda dari sistem asli. Karena informasi tambahan diperoleh dari dokumen teks, kata kunci dapat juga digunakan sebagai kunci untuk tujuan pengindeksan. Oleh karena itu, istilah pendekatan dokumen ini juga terkait dengan sistem tersebut.

Secara umum, ada dua pendekatan dalam merancang arsitektur sistem WWW-CBIR. Pertama, sistem seperti PicToSeek, WebSeek, dan ImageRover menggunakan robot web-crawler melintasi Internet untuk pengumpulan citra. Sistem ini sering dijalankan dengan mesin pencari Internet untuk koleksi citra. Dengan demikian, mereka tidak memerlukan penyimpanan database besar, tapi koleksi dilakukan dengan mengorbankan

waktu komputasi. Waktu komputasi tambahan diperlukan karena kebutuhan untuk pengolahan fitur untuk representasi citra yang telah dikumpulkan. Atau, bukannya mengumpulkan gambar dari sumber lain, mesin pencari populer seperti Yahoo, Google, AltaVista dan Lycos (www.lycos.com) hanya memproses citra dari website yang terdaftar di mereka. Mesin pencari ini biasanya tidak memungkinkan pengguna untuk kueri sistem melalui citra, dan sebagai tambahan, citra yang terdaftar di database kadang tidak up to date dengan rilis terbaru. Untuk tahapan tertentu, Web-crawler agen lebih mirip dengan sistem CBIR tradisional, karena mereka memasukkan fitur visual dalam proses perbandingan kesamaan citra. Seseorang mungkin memandang sistem Web-crawler sebagai sistem CBIR yang memiliki modul sistem tambahan untuk antarmuka dengan internet. Baru-baru ini, ada juga kecenderungan untuk desain sistem hybrid atau kombinasi dimana crawler-Web memiliki database untuk citra yang didownload. Tujuan desain sistem tersebut adalah untuk menyeimbangkan biaya antara kecepatan pengambilan dan ukuran database. Teknik pengolahan citra untuk penghapusan citra yang berlebihan sering digunakan untuk sistem seperti ini, sehingga meminimalkan ukuran database.

Salah satu perbedaan terbesar antara sistem CBIR dan sistem WWW-CBIR adalah bahwa sebagian besar citra yang diambil oleh sistem tradisional tidak memiliki penjelasan yang dikaitkan dengan mereka. Namun dalam sistem WWW-CBIR, informasi tekstual tentang gambar sering bisa ditemukan dalam Hyper Text Markup Language (HTML) dari dokumen

citra yang melekat. Perbedaan ini menyiratkan lingkungan bahwa selain fitur visual tingkat rendah, kita juga dapat menggunakan teknik penambangan konten tekstual web dari citra untuk menganalisa isi citra. Dengan tambahan informasi tekstual, sistem WWW-CBIR tidak perlu menggunakan teknik visi komputer atau *computer vision* untuk menganalisis isi citra. Ini adalah kasus untuk sistem seperti Google, Yahoo, AltaVista dan Lycos. Selain teknik penambangan konten tekstual di web, sistem yang dilaporkan dalam juga telah menggunakan teknik visi komputer untuk menganalisis semantik dan konten visual dari citra. Sistem tersebut memiliki fleksibilitas yang memungkinkan pengguna untuk memasukkan kueri baik dengan kata kunci atau format gambar.

3. Sistem CBMIR

Selama dua dekade terakhir, pengembangan modalitas baru untuk gambar medis seperti *Computed Tomography* (CT), *Magnetic Resonance Imaging* (MRI), dan *Picture Archiving and Communication Systems* (PACS) telah mengakibatkan ledakan pertumbuhan jumlah citra yang disimpan dalam *database* medis. Sampai saat ini, entri indeks berbasis teks wajib untuk mengambil citra medis dari sistem arsip citra rumah sakit. Namun, perkembangan teknik CBIR tidak hanya menciptakan cara-cara baru mengambil citra, tetapi juga membuka kesempatan bagi aplikasi terkait yang lain. Sederhananya, pendekatan yang digunakan dalam sistem CBIR generik dapat diterapkan pada *database* citra medis. Dalam kenyataan, diakui bahwa perlakuan citra medis adalah bidang khusus yang memiliki karakteristik dan masalah yang unik. Salah satu perbedaan utama

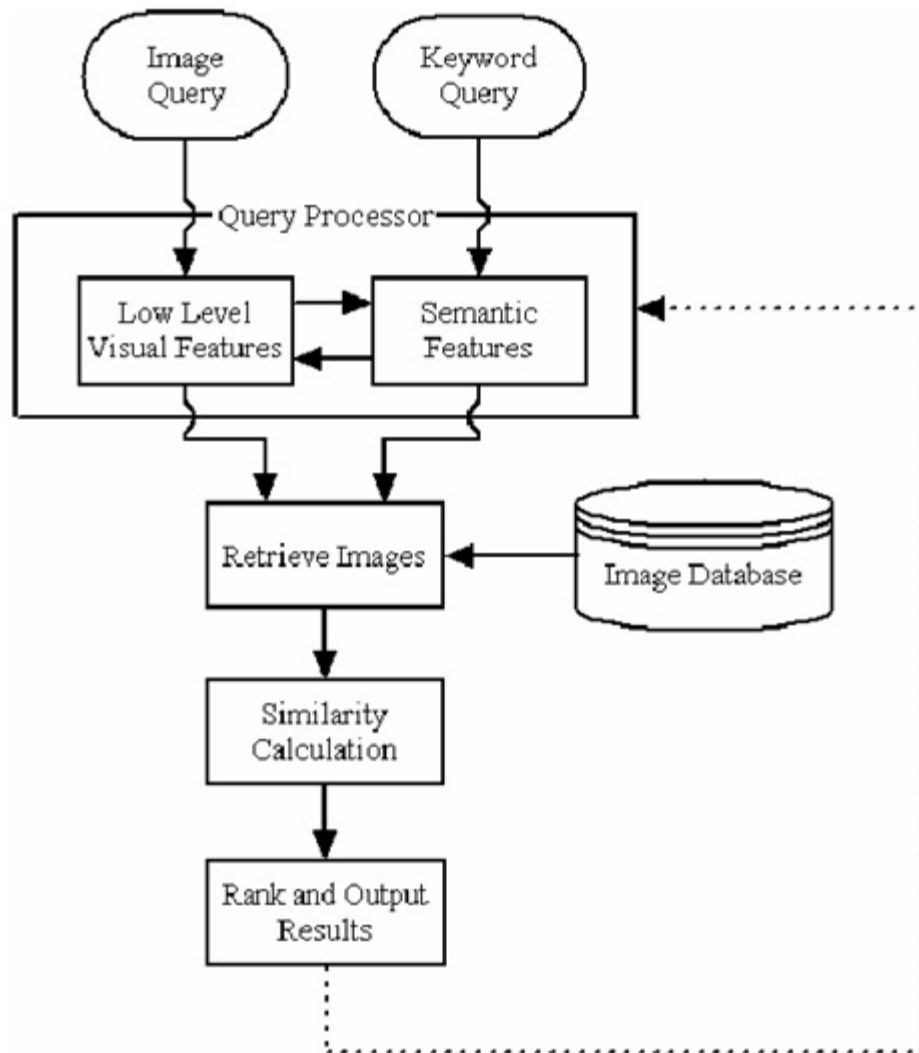
antara sistem CBIR domain spesifik dan sistem CBIR generik adalah kerangka domain spesifik menggunakan pengetahuan sebelumnya dari modalitas medis yang berbeda untuk menentukan isi citra. Pengetahuan yang diperlukan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem temu untuk aplikasi domain khusus adalah perbedaan utama antara kedua jenis sistem. Sebagai contoh, medGIFT, sebuah sistem CBMIR digunakan dalam rutin klinis sehari-hari di Rumah Sakit Universitas Jenewa, merupakan adaptasi dari CBIR sistem GIFT (*GNU Image Finding Tool*). Modifikasi dilakukan terutama ke model warna yang digunakan dalam mengolah gambar. Sistem diubah dengan mengurangi jumlah warna sementara meningkatkan jumlah tingkat abu-abu untuk menampung citra *grayscale* medis. Perubahan kecil telah menghasilkan hasil pencarian yang lebih baik dan hanya mungkin dengan penggabungan pengetahuan sebelumnya tentang citra dalam database. Seperti disebutkan sebelumnya, sebagian besar sistem CBIR generik hanya menggunakan warna dan fitur tekstur yang sederhana untuk perbandingan dan pengambilan citra. Hal ini sangat sulit bagi sistem ini untuk menerapkan model analisis citra lebih kompleks, seperti deteksi bentuk dan segmentasi tekstur untuk menganalisis gambar lebih lanjut. Ini bukan kasus untuk sistem CBMIR. Umumnya, sistem ini menggunakan tekstur dan fitur bentuk untuk melakukan analisis yang lebih abstrak. Dengan mengetahui konten visual citra dalam sistem ini, segmentasi yang akurat, atau bahkan identifikasi dari objek di dalam citra dapat dicapai. Sebagai contoh, Liu et al. telah menggunakan transformasi Fourier untuk menghitung properti tekstur dan hubungan spasial antara

daerah kepentingan untuk mengklasifikasi citra CT sesuai dengan penyakit paru-paru yang berbeda. Hal ini dapat dilakukan karena pengetahuan sebelumnya tentang karakteristik visual dari paru-paru dan efek dari penyakit. Menurut Tagare et al., citra medis dapat diidentifikasi dengan tiga karakteristik. Masing-masing karakteristik sistem yang menyajikan tantangan yang berbeda dengan komunitas riset. Ketiganya adalah: heterogenitas (*heterogeneity*), ketidaktepatan (*imprecision*) dan perubahan konstan interpretasi konten citra (*constant change of interpretation of image content*). *Medical imaging* hanya frase umum dan telah digunakan oleh banyak orang untuk menggambarkan citra yang menangkap informasi tentang tubuh manusia. *Medical Imaging* sebenarnya suatu disiplin yang luas yang terdiri dari kelas citra seperti fotografi (misalnya, endoskopi, histologi, dermatologi) radiografi, (misalnya, x-sinar), tomografi (misalnya, CT, MRI, USG) dan banyak lagi. Setiap kelas memiliki karakteristik citra yang unik dalam hal ukuran, bentuk, warna dan tekstur dari daerah yang diamati. Dengan demikian, tampilan visual dari organ yang sama atau bagian dari tubuh manusia akan diinterpretasikan secara berbeda di bawah kelas citra yang berbeda. Selain itu, ada kemungkinan bahwa yang diamati dalam citra yang sama mungkin tergantung tidak hanya pada pengguna yang berbeda atau sistem, tetapi juga pada aplikasi yang berbeda. Jadi, tidak sulit untuk menyimpulkan bahwa pendekatan yang tepat akan diperlukan untuk berbagai kelas citra, sistem dan aplikasi. Pendekatan ini mungkin termasuk perubahan dalam desain antarmuka pengguna, struktur indeks, ekstraksi ciri dan unit pengolahan kueri untuk aplikasi yang

beragam. Ketidaktepatan dalam CBMIR sebagian besar mengacu pada fitur, sinyal dan ketidaktepatan semantik. Fitur ketidaktepatan adalah ketidakmampuan untuk membedakan pengamatan gambar dengan pengamat yang berbeda. Hal ini sangat umum untuk para ahli medis yang berbeda untuk memiliki pendapat yang berbeda tentang kasus, berdasarkan bidang keahlian mereka dan pengalaman. Dengan demikian, pengambilan gambar berdasarkan konten semantik menjadi relatif subjektif. Di sisi lain, ketidaktepatan sinyal berkaitan dengan kualitas informasi yang ditangkap oleh citra. Penting untuk menunjukkan bahwa dalam kasus ini, tidak mungkin disebabkan oleh kualitas atau resolusi gambar, tetapi lebih kepada sifat dari informasi yang ditangkap. Biasanya, hal ini agak sulit untuk sistem secara otomatis mengidentifikasi batas objek yang diamati. Misalnya, dalam *mammogram* seringkali sulit untuk mengidentifikasi batas payudara, dan pendekatan khusus harus diterapkan untuk mengekstraksi fitur bentuknya. Terakhir, ketidaktepatan semantik adalah ketidakmampuan untuk mengartikulasikan konsep medis menggunakan istilah medis secara tepat. Hal ini kadang-kadang disebabkan oleh penggunaan kamus non-standar atau kosakata dalam profesi medis atau sangat mungkin penggunaan istilah yang sama tetapi dalam konteks yang berbeda. Ketidaktepatan semantik dapat dilihat sebagai masalah yang mirip dengan polisemi (kata dengan makna ganda) atau sinonim (kata-kata berbeda dengan arti yang sama) yang terjadi di sektor pertambangan teks. Interpretasi citra medis oleh manusia mungkin berbeda dari orang ke orang. Interpretasi citra dengan orang yang sama juga bisa berubah ketika

pengalaman orang tersebut lebih banyak. Dengan demikian, area yang diamati untuk citra yang sama dapat berubah selama penafsiran citra berubah. Untuk sistem yang meng-index citra dengan konten semantik mereka atau fitur *visual area of interest*, perubahan tersebut dapat mengakibatkan kebutuhan untuk memodifikasi struktur pengindeksan, untuk beradaptasi dengan pengetahuan pengguna. Hal ini bermasalah untuk struktur pengindeksan tradisional. Hal ini relatif sulit untuk secara dinamis mengubah struktur pengindeksan *database* untuk mencerminkan persepsi pengguna dalam pengelompokan citra. Proses mengorganisir kembali struktur pengindeksan sebagian besar dilakukan secara manual. Idealnya, struktur pengindeksan untuk gambar medis harus dinamis, sambil tetap menjaga *overhead* untuk kembali mengorganisir struktur pengindeksan secara minimum. Sebaiknya, interaksi manual dilakukan seminimal mungkin. Orang dapat melihat ketika CBIR telah berhasil dalam sejumlah aplikasi medis, desain sistem ini sangat spesifik dengan kebutuhan pengguna. Dengan kata lain, sistem ini sangat berorientasi aplikasi. Serupa dengan sistem domain CBIR spesifik, desain dan teori dikembangkan untuk sistem ini tidak bisa dengan mudah diterapkan ke sistem lain. Banyak melihat ini sebagai isu penting yang membutuhkan perhatian penelitian. Tagare et al. adalah salah satu kelompok pertama dari penulis yang mengusulkan suatu kerangka menyeluruh untuk sistem CBMIR berbeda.

2.3.2 Komponen CBIR



Gambar 2.3 Metodologi Sitem CBIR menurut Su, Li dan Zhang

Sebuah sistem CBIR merupakan sistem yang kompleks yang terdiri dari berbagai komponen. Gambar diatas adalah kerangka CBIR diusulkan oleh Su, Li dan Zhang. Kerangka kerja ini umum diterima di kalangan masyarakat CBIR. Kerangka kerja ini terdiri dari lima komponen. Komponen-komponen ini adalah: user interface, prosesor kueri, struktur pengindeksan, perhitungan kesamaan citra

dan output citra. Setiap komponen yang terpisah harus dipandang sebagai calon modul yang terpisah. Ini secara khusus dirancang untuk mencapai modularitas maksimum untuk setiap komponen, meskipun terkadang sulit untuk memisahkan ketergantungan antara satu komponen dan lainnya. Sebagai contoh, desain pengindeksan struktur tersebut akan sangat dipengaruhi oleh jumlah fitur yang digunakan untuk mewakili citra. Struktur pengindeksan seperti *R-tree* dan *R*-tree* adalah pendekatan populer untuk pengindeksan item. Namun, struktur tersebut tidak tampil baik di ruang fitur berdimensi tinggi dan dengan demikian alternatif struktur pengindeksan dapat digunakan dalam skenario seperti itu. Seperti yang ditunjukkan pada gambar diatas, tanda panah pada gambar menggambarkan interaksi dan hubungan antara masing-masing modul dalam sistem. Garis putus-putus link peringkat dan hasil output modul, dan prosesor kueri adalah opsional, karena link bertindak sebagai mekanisme umpan balik pengguna kueri fine-tuning. Mekanisme umpan balik umum menyediakan sistem dengan kinerja pencarian yang lebih baik. Namun demikian, mekanisme hanya tersedia untuk beberapa sistem. Sistem CBIR adalah bidang penelitian yang relatif baru, setiap modul yang ditunjukkan pada gambar diatas menyajikan tantangan yang berbeda untuk komunitas riset. Tantangan-tantangan ini meliputi:

1. Fitur apa yang harus digunakan untuk mewakili gambar secara efektif?
2. Bagaimana caranya membagi objek-objek dalam sebuah citra?
3. Bagaimana seharusnya *database* diindeks sehingga gambar dapat dengan cepat diambil?
4. Bagaimana mengatasi permasalahan semantik yang ada?

2.3.2.1 Citra Digital

Citra digital adalah suatu representasi objek yang disimpan dalam format digital. Teknologi dasar untuk menciptakan dan menampilkan warna pada citra digital berdasarkan pada penelitian bahwa sebuah warna merupakan kombinasi dasar dari tiga warna, yaitu merah, hijau, dan biru (basis warna RGB). Format data citra digital berhubungan erat dengan warna. Pada kebanyakan kasus, terutama untuk keperluan penampilan secara visual, nilai data digital merepresentasikan warna dari citra yang diolah. Format citra digital yang banyak dipakai adalah Citra Biner (monokrom), Citra Skala Keabuan (gray scale), Citra Warna (true color), dan Citra Warna Berindeks.

2.3.2.2 Pengolahan Citra

Pengolahan citra (*image processing*) merupakan proses mengolah piksel-piksel dalam citra digital untuk suatu tujuan tertentu. Beberapa alasan dilakukannya pengolahan citra pada citra digital antara lain :

1. Untuk mendapatkan citra asli dari suatu citra yang sudah buruk karena pengaruh derau. Proses pengolahan bertujuan mendapatkan citra yang diperkirakan mendekati citra sesungguhnya.
2. Untuk memperoleh citra dengan karakteristik tertentu dan cocok secara visual yang dibutuhkan untuk tahap lebih lanjut dalam pemrosesan analisis citra.

Terdapat banyak macam operasi pengolahan citra yang dapat diklasifikasikan sebaga berikut :

1. Perbaikan kualitas citra

Operasi ini bertujuan untuk memperbaiki citra dengan cara memanipulasi parameter - parameter citra. Beberapa contoh perbaikan kualitas citra antara lain :

- a. Perbaikan kontras gelap/terang
- b. Perbaikan tepian objek (*edge enhancement*)
- c. Penajaman (*sharpening*)
- d. Pemberian warna semu (*pseudocoloring*)
- e. Penapisan derau (*noise filtering*)

2. Pemugaran Citra (*image restoration*)

Operasi ini bertujuan menghilangkan cacat pada citra. Tujuan pemugaran citra hampir sama dengan operasi perbaikan citra. Bedanya pada pemugaran citra, penyebab degradasi gambar diketahui.

Contoh-contoh operasi pemugaran citra :

- a. Penghilangan kesamaran (*deblurring*)
- b. Penghilangan derau (*noise*)

3. Pemampatan Citra (*image compression*)

Jenis operasi ini dilakukan agar citra dapat direpresentasikan dalam bentuk yang lebih kompak sehingga memerlukan memori yang lebih sedikit. Hal penting yang harus diperhatikan dalam pemampatan citra adalah citra yang telah dimampatkan harus tetap mempunyai kualitas gambar yang bagus.

4. Segmentasi Citra (*image segmentation*)

Jenis operasi ini bertujuan untuk memecah suatu citra kedalam beberapa segmen dengan suatu kriteria tertentu. Jenis operasi ini berkaitan erat dengan pengenalan pola. Salah satu jenis algoritma segmentasi adalah K-means. Algoritma K-means adalah teknik iteratif yang digunakan untuk partisi citra ke K(variabel) kelas.

Algoritma dasar:

1. Pilih pusat kluster K, baik secara acak atau berdasarkan pada nilai heuristik.
2. Masukkan setiap piksel dalam citra ke kluster yang meminimalkan jarak antara piksel dan pusat kluster.
3. Menghitung kembali pusat-pusat kluster dengan rata-rata semua piksel dalam kluster.
4. Ulangi langkah 2 dan 3 sampai konvergensi dicapai (misalnya kluster piksel tidak berubah)

Dalam hal ini, jarak adalah kuadrat dari perbedaaan atau absolut antara piksel dan pusat kluster. Perbedaannya biasanya didasarkan pada warna piksel, intensitas, tekstur, dan lokasi, atau kombinasi tertimbang dari faktor-faktor. K bisa dipilih secara manual, secara acak, atau dengan sebuah heuristik.

Algoritma ini dijamin untuk dapat mengelompokan, tetapi solusi yang diberikan belum tentu optimal. Kualitas dari solusi tergantung pada set awal kluster dan nilai K.

Dalam statistik dan mesin pembelajaran, algoritma K-means adalah algoritma untuk partisi n objek ke dalam k kluster. Hal ini mirip dengan

algoritma *expectation-maximization* untuk campuran dari Gaussians dalam bahwa mereka berusaha untuk menemukan pusat kluster alami di data. Model ini mensyaratkan bahwa obyek atribut sesuai dengan elemen ruang vektor. Tujuan adalah untuk meminimalkan total varian intra-kluster, atau kesalahan fungsi kuadrat. K-means diciptakan pada tahun 1956. Bentuk yang paling umum dari algoritma menggunakan heuristik perbaikan iteratif dikenal sebagai algoritma Lloyd's. Algoritma Lloyd's dimulai dengan partisi poin masukan ke k set awal, baik secara acak atau menggunakan beberapa data heuristik. Kemudian menghitung titik rata-rata, atau sentroid, dari setiap set. Ia membangun sebuah partisi baru dengan mengasosiasikan setiap titik dengan sentroid terdekat. Kemudian sentroid dihitung ulang untuk kluster baru, dan algoritma diulang oleh aplikasi alternatif kedua langkah sampai konvergensi, yang diperoleh ketika tidak ada poin kluster yang berpindah (atau alternatifnya sentroid tidak lagi berubah). Algoritma Lloyd dan K-means sering digunakan sebagai sinonim, namun pada kenyataannya algoritma Lloyd's adalah heuristik untuk memecahkan masalah k-means, seperti dengan kombinasi tertentu dari titik awal dan titik sentroid. Variasi lain ada, tapi algoritma Lloyd tetap terpopuler, karena sangat cepat konvergen dalam praktek. Dalam hal kinerja algoritma ini tidak dijamin untuk mengembalikan optimal global. Kualitas solusi akhir sangat tergantung pada set awal kluster, dan mungkin, dalam prakteknya, jauh lebih miskin daripada optimum global. Karena algoritma ini sangat cepat, metode yang umum adalah dengan menjalankan beberapa kali algoritma dan mengembalikan kluster terbaik

ditemukan. Sebuah kelemahan dari algoritma k-means bahwa jumlah k kluster adalah input. Pilihan yang tidak tepat k dapat menghasilkan hasil yang buruk.

5. Analisis Citra (*Image Analysis*)

Jenis operasi ini bertujuan menghitung besaran kuantitatif dari citra untuk menghasilkan deskripsi. Teknik pengolahan citra mengekstraksi ciri-ciri tertentu yang membantu dalam identifikasi objek. Proses segmentasi kadang kala diperlukan untuk melokalisasi objek yang diinginkan dari sekelilingnya.

Contoh-contoh operasi analisis citra :

- a. Pendeteksian tepian objek (*edge detection*)
- b. Ekstraksi batas (*boundary extraction*)
- c. Representasi Daerah (*region representation*)

6. Rekonstruksi Citra (*Image Reconstruction*)

Jenis operasi ini bertujuan untuk membentuk ulang objek dari beberapa citra hasil proyeksi. Operasi rekonstruksi citra banyak digunakan dalam bidang medis.

2.3.2.3 Fitur dan Ekstraksi Fitur

Pada proses pengolahan citra dibutuhkan data masukan dari citra tersebut. Namun terkadang data pada citra berjumlah banyak dan besar sehingga data tersebut perlu diklasifikasikan menjadi suatu kumpulan fitur yang direpresentasikan dalam bentuk vektor. Representasi dalam bentuk vektor inilah yang biasanya disebut sebagai fitur vektor (*feature vector*). Pengklasifikasian

data masukkan menjadi kumpulan fitur tersebut kita sebut sebagai pengekstrasian fitur. Dengan ekstraksi fitur ini, maka kita dapat menyaring informasi informasi yang diperlukan saja serta menghasilkan informasi yang lebih tepat dan eksplisit.

Pengekstrasian fitur biasanya dilakukan dengan bantuan perangkat lunak. Dengan mengekstrasi fitur yang tepat, maka kita dapat menghasilkan informasi yang jelas dan berguna. Dibawah ini dijelaskan mengenai beberapa macam *low level features* yang biasanya digunakan dalam pengekstrasian fitur.

2.3.2.3.1 Ruang Warna

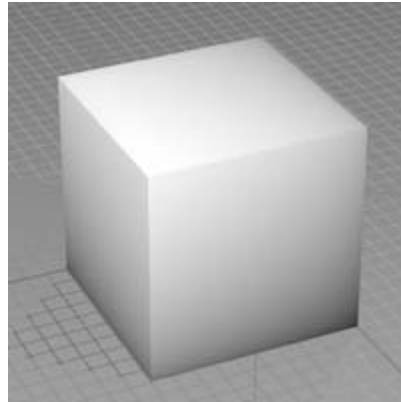
Warna menjadi salah satu fitur yang dominan digunakan dalam pengekstrasian fitur, terutama histogram warna yang akan sangat membantu dalam menghitung dan mengetahui perbedaan warna yang terjadi. Terdapat beberapa macam model ruang warna antara lain :

1. RGB

Model warna yang mana terdapat tiga warna yaitu merah, hijau dan biru yang disatukan untuk menghasilkan sekumpulan variasi warna lainnya.

Tujuan utama dari model warna RGB ini adalah untuk merepresentasikan dan menampilkan gambar dalam peralatan elektronik, seperti monitor, kamera, scanner, dll.

Model warna RGB menggunakan sistem koordinat Cartesian seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.3, dimana $(0,0,0)$ menandakan warna hitam hingga $(1,1,1)$ yang menandakan warna putih.



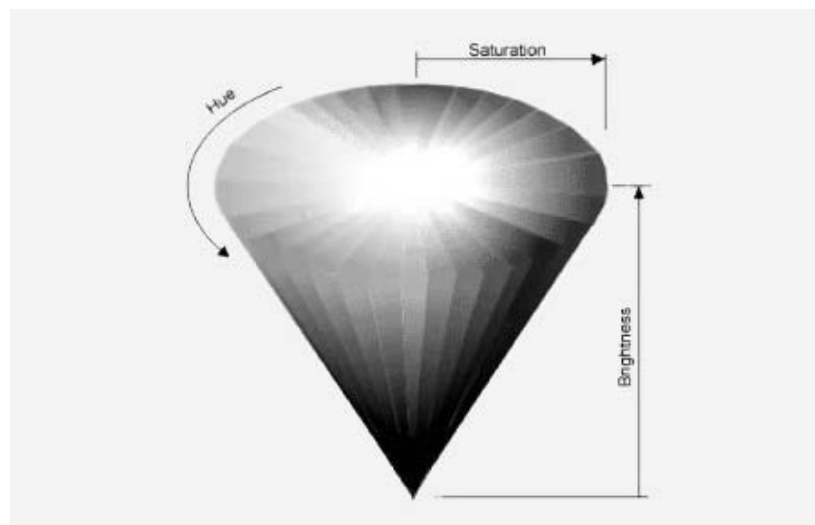
Gambar 2.4 Representasi RGB dalam bentuk koordinat

2. HSV

HSV merupakan kepanjangan dari *Hue*, *Saturation*, dan *Value*. *Hue* merupakan nilai warna yang berkisar dari 0 hingga 360. *Saturation* merupakan nilai keabuan yang bernilai dari 0 hingga 1. Sedangkan *Value* merupakan nilai kecerahan yang bernilai dari 0 hingga 100%. Model warna HSV ini pada umumnya lebih mudah dikenal oleh manusia dibanding mode warna lainnya karena HSV lebih menyerupai cara manusia mempersepsikan warna.

Tabel 2.2 Tabel Penyebaran Warna pada HSV

Angle	Color
0-60	Red
61-120	Yellow
121-180	Green
181-240	Cyan
241-300	Blue
301-360	Magenta



Gambar 2.5 Representasi Warna pada HSV

3. L*a*b

L * a * b CIE 1976 L * a * b model warna, yang didefinisikan oleh Komisi Penerangan Internasional (Commission Internationale d'Eclairage, disingkat CIE), adalah model warna yang paling lengkap digunakan secara konvensional untuk menggambarkan semua warna dapat dilihat dengan mata manusia (Pham Iad, pg 18). Tiga parameter

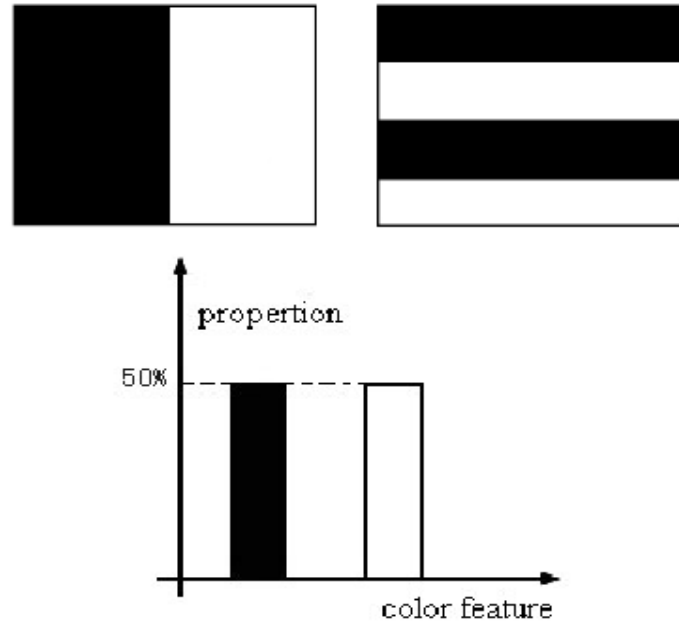
dalam model mewakili kecerahan warna (L), posisinya antara magenta dan hijau (a^*), dan posisinya antara kuning dan biru (b^*).

2.3.2.3.2 Histogram Warna

Histogram warna adalah suatu bentuk representasi warna pada sebuah gambar. Pada gambar digital, histogram warna merepresentasikan jumlah piksel yang telah diwarnai. Histogram warna sering menggunakan model warna RGB dan HSV.

Histogram warna dapat dikuantisasi dengan mengurangi jumlah *bin* agar menghemat memori dan mempercepat proses. Kuantisasi yang dimaksud adalah dengan menggabungkan rentang warna tertentu yang menghasilkan data yang baru.

Namun dengan segala kemudahan itu, histogram warna memiliki kekurangan dalam hal warna spasial, karena dua gambar yang berbeda dapat menghasilkan histogram warna yang sama.



Gambar 2.6 Dua gambar yang berbeda menghasilkan histogram warna yang sama

2.3.2.3.3 Momen Warna

Stricker dan Orengo yang mengusulkan metode momen warna menganggap bahwa fokus informasi warna ada pada momen warna (*low level feature*) citra. Momen warna melakukan statistik momen untuk order pertama, orde kedua, dan order ketiga pada setiap komponen warna. Untuk temu-kembali citra, momen warna merupakan sebuah metode representasi fitur warna yang simple dan efektif. Momen warna sebagai orde pertama (*mean*) dan kedua (*variance*) dan ketiga-order (*gradient*), terbukti sangat efektif dalam menyajikan distribusi warna pada citra (Xue, 2009, pg2). Tiga momen didefinisikan dengan angka sebagai berikut:

$$\text{Mean : } \mu_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N f_{ij}$$

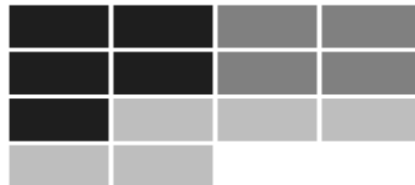
$$\text{Variance: } \sigma_i = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (f_{ij} - \mu_i)^2}$$

$$\text{Gradient: } S_i = \sqrt[3]{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (f_{ij} - \mu_i)^3}$$

2.3.2.3.4 Tesktur

Selain warna, tekstur menjadi salah satu fitur utama yang sering digunakan untuk mengenal dan mengklasifikasi objek dan pemandangan. Beberapa fitur tekstur yang sering digunakan seperti *Gray level co-occurrence matrices* (GLCM) dan *edge histogram*.

Gray Level Co-occurrence Matrices merupakan salah satu fitur tekstur yang sering digunakan untuk pengekstrasian fitur. GLCM merupakan tabulasi dari kombinasi intensitas piksel yang berbeda dalam sebuah gambar.



0	0	1	1
0	0	1	1
0	2	2	2
2	2	3	3

Gambar 2.7 Perhitungan nilai piksel

Tabel 2.3 Tabel kombinasi piksel

Pixel Combination	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

Tabel 2.4 Hasil Tabulasi GLCM

2	2	1	0
0	2	0	0
0	0	3	1
0	0	0	1

2.3.2.3.5 Bentuk

Bentuk merupakan salah satu fitur yang penting untuk mengenal konten dari sebuah objek. Namun biasanya pengekstrasian fitur bentuk dilakukan setelah proses segmentasi gambar digital dilakukan. Representasi fitur bentuk dapat dikategorikan menjadi dua macam, yaitu *contour based* dan *region based*.

2.3.2.4 Permasalahan Semantik (*Semantic Gap*)

Permasalahan semantik pada CBIR dapat dikaitkan kepada ketidakmampuan sistem untuk menjembatani antara fitur low-level yang dapat langsung ditemukan pada citra dengan interpretasi manusia terhadap citra. Ini yang menjadi masalah utama dalam menciptakan sistem yang dapat “berpikir” layaknya manusia. Ada beberapa cara yang ditawarkan untuk menyelesaikan permasalahan semantik ini, salah satunya adalah dengan anotasi. Anotasi adalah pemberian catatan kecil kepada sebuah objek berkaitan dengan fitur low-level yang dimiliki olehnya.

2.3.2.5 Anotasi (*Annotation*)

Ada beberapa teknik anotasi antara lain secara manual, secara otomatis, maupun secara semi-otomatis. Secara manual, maka user yang memasukkan anotasi ke dalam sebuah citra. Secara otomatis, sistem dapat dibuat kedalam sebuah lingkungan dimana sistem tersebut pada akhirnya dapat memberikan anotasi terhadap sebuah objek. Secara semi-otomatis, sistem secara otomatis mengeluarkan anotasi untuk objek-objek pada citra yang dimaksud namun sistem memerlukan validasi dari pengguna untuk menentukan mana hasil anotasi yang tepat dan mana yang tidak. Karena masih ada keterlibatan manusia sebagai user, maka sistem seperti ini diklasifikasikan sebagai sistem semi-otomatis. Anotasi citra otomatis (*automated image annotation*) adalah proses dimana sistem komputer secara otomatis memberikan metadata dalam bentuk *captioning* atau kata kunci untuk citra digital. Aplikasi teknik visi komputer digunakan dalam

sistem Temu-kembali citra untuk mengatur dan menemukan citra-citra yang berhubungan dari database.

Metode ini dapat dianggap sebagai jenis klasifikasi citra multi-kelas dengan jumlah kelas yang sangat besar - sebesar ukuran kosa kata. Biasanya, citra analisis dalam bentuk fitur vektor diekstraksi dan kata-kata pelatihan anotasi digunakan oleh teknik mesin belajar untuk mencoba secara otomatis menerapkan anotasi ke citra baru. Metode pertama mempelajari korelasi antara fitur citra dan anotasi, kemudian teknik-teknik tersebut dikembangkan dengan menggunakan mesin terjemahan untuk mencoba dan menerjemahkan kosakata tekstual dengan 'kosakata visual', atau daerah dikelompokkan dikenal sebagai blob.

Kelebihan anotasi gambar otomatis dibandingkan Temu-kembali citra berbasis konten adalah kueri dapat lebih alami ditentukan oleh pengguna. CBIR umum (saat ini) mengharuskan pengguna untuk melakukan pencarian berdasarkan konsep citra seperti warna dan tekstur, atau menggunakan contoh kueri. Fitur tertentu pada citra contoh dapat menyamakan fokus pengguna. Metode tradisional pengambilan citra seperti yang digunakan oleh perpustakaan telah mengandalkan pada anotasi manual, yang mahal dan memakan waktu, terutama database citra besar dan terus membesar.

Beberapa mesin anotasi bersifat online, termasuk mesin *real-time tagging* ALIPR.com dikembangkan oleh peneliti Penn State, dan Behold - sebuah mesin pencari gambar yang mengindeks lebih dari 1 juta gambar Flickr menggunakan *tag* secara otomatis.

2.3.2.6 Pembelajaran Mesin (*Machine Learning*)

Pembelajaran mesin adalah disiplin ilmu yang berkaitan dengan desain dan pengembangan algoritma yang memungkinkan komputer untuk mengembangkan perilaku berdasarkan data empiris, seperti dari data sensor atau *database*. Seorang pembelajar dapat mengambil keuntungan dari contoh (data) untuk menangkap karakteristik dari area penelitian yang tidak diketahui mereka dengan distribusi probabilitas. Data dapat dilihat sebagai contoh yang menggambarkan hubungan antara variabel yang diamati. Fokus utama dari mesin pembelajaran penelitian ini adalah untuk secara otomatis belajar mengenali pola-pola yang kompleks dan membuat keputusan cerdas berdasarkan data, kesulitan terletak pada kenyataan bahwa himpunan semua perilaku tidak dapat terwakili secara menyeluruh oleh himpunan contoh yang diamati (data pelatihan). Oleh karena itu pelajar harus men-generalisasi dari contoh-contoh yang diberikan, sehingga dapat menghasilkan keluaran yang berguna dalam kasus baru. Kecerdasan buatan adalah bidang yang erat terkait, seperti juga teori probabilitas dan statistik, *data mining*, pengenalan pola, kontrol adaptif, komputasi *neuroscience* dan ilmu komputer teoritis.

Adapun algoritma-algoritma yang ada antara lain, *supervised learning*, *unsupervised learning*, *reinforcement learning*, *transduction*, dan *learning to learn*. Perbedaan mendasar antara *supervised learning* dan *unsupervised learning* adalah pada keterlibatan pengguna dalam melatih sistem. Pada *supervised learning*, proses pembelajaran harus diawasi terus menerus oleh pengguna dan data hendaknya diklasifikasikan terlebih dahulu tergantung jenis kelas yang mau dilatih. Pada *unsupervised learning*, pengguna hanya perlu

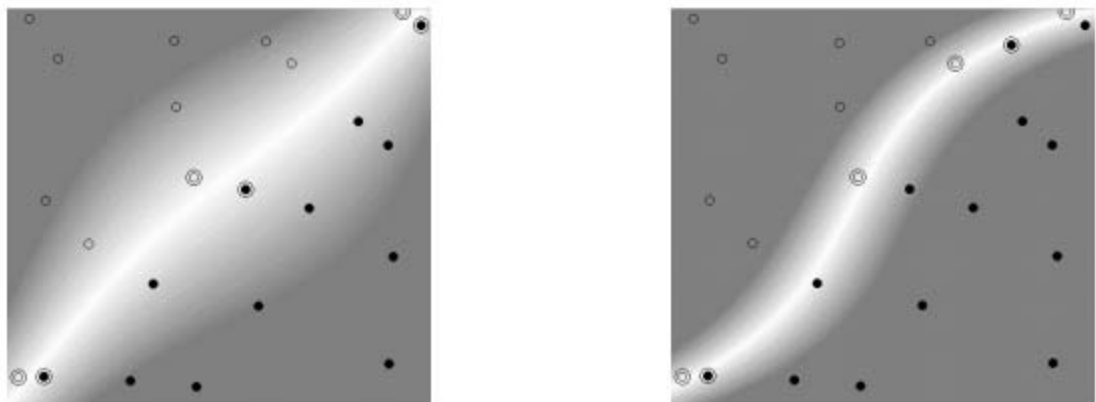
memasukkan semua data ke dalam pembelajaran dan membiarkan mesin yang melakukan pemilahan data itu sendiri. Salah satu contoh dari *supervised learning* adalah SVM (*Support Vector Machine*).

SVM (*Support Vektor Machine*) adalah seperangkat metode pembelajaran yang menganalisis data dan mengenali pola, digunakan untuk klasifikasi dan analisis regresi. Algoritma SVM asli diciptakan oleh Vladimir Vapnik dan inkarnasi standar saat ini (margin lunak) diusulkan oleh Corinna Cortes dan Vapnik Vladimir. Pada SVM standar mengambil set input data, dan memprediksi, untuk setiap masukan yang diberikan, yang mana dari dua kelas yang mungkin input adalah anggota, yang membuat sebuah SVM tergolong non-probabilistik linier biner. Karena sebuah SVM adalah sebuah pengklasifikasi, jika diberi satu set contoh pelatihan, maka masing-masing ditandai sebagai milik salah satu dari dua kategori, suatu algoritma pelatihan SVM membangun sebuah model yang memprediksi apakah contoh yang baru jatuh ke dalam satu kategori atau yang lain. Secara intuitif, model SVM merupakan representasi dari contoh sebagai titik dalam ruang, dipetakan sehingga contoh kategori terpisah dibagi oleh celah yang jelas yang selebar mungkin. contoh baru kemudian dipetakan ke dalam ruang yang sama dan diperkirakan termasuk kategori berdasarkan sisi mana celah yang mereka jatuh.

SVM membangun *hyperplane* atau *set hyperplanes* dalam ruang dimensi tinggi atau tak terbatas, yang dapat digunakan untuk klasifikasi, regresi atau tugas-tugas lainnya. Secara intuitif, suatu pemisahan yang baik dicapai oleh *hyperplane* yang memiliki jarak terbesar titik *data training* terdekat dari setiap

kelas (disebut margin fungsional), karena pada umumnya semakin besar margin error maka hasil generalisasi pemilah semakin rendah.

Sedangkan masalah asli mungkin dinyatakan dalam dimensi ruang terbatas, sering terjadi bahwa dalam ruang yang set untuk bisa menerima diskriminasi tidak dipisahkan secara linear. Untuk alasan ini diusulkan bahwa ruang dimensi hingga dipetakan ke dalam sebuah ruang dimensi yang jauh lebih tinggi mungkin membuat pemisahan lebih mudah dalam ruang itu. skema SVM menggunakan pemetaan ke dalam ruang yang lebih besar sehingga *cross product* dapat dihitung dengan mudah dalam hal variabel dalam ruang asli membuat beban yang wajar. *cross product* di ruang yang lebih besar didefinisikan dalam hal fungsi kernel $K(x, y)$ yang dapat dipilih sesuai dengan masalah. *Hyperplanes* dalam ruang besar yang didefinisikan sebagai himpunan titik-titik yang *cross product* dengan vektor dalam ruang yang konstan. Vektor yang *mendefinisikan* hyperplanes dapat dipilih untuk menjadi kombinasi linear dengan parameter a_i fitur vektor citra yang terjadi pada *database*.



Gambar 2.8 Kernel *linear* (kiri) dengan *non-linear* (kanan)

Seperti pada Gambar 2.8 (Burgess, 1998, p21) diperlihatkan perbedaan antara kernel *linear* dan kernel *non-linear* adalah kemampuan klasifikasi kernel *non-linear* lebih fleksibel untuk data-data yang penyebarannya *non-linear*. Tetapi untuk beberapa kasus diperlukan pendekatan *linear*. Salah satu kernel *non-linear* adalah RBF (*Radial Basis Function*). Kernel ini memetakan *sample* ke ruang dimensi yang lebih tinggi secara *non-linear* (Hsu, 2003, p4).