

TINJAUAN SINGKAT PERKEMBANGAN CASE-BASED REASONING

Sri Mulyana¹⁾ dan Sri Hartati²⁾

¹⁾Program Studi Ilmu Komputer

²⁾Program Studi Elektronika & Instrumentasi

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada

E-mail : smulyana@ugm.ac.id; shartati@ugm.ac.id

Abstrak

Case-Based Reasoning (CBR) merupakan sebuah pendekatan penyelesaian masalah dengan menekankan peran pengalaman sebelumnya. Permasalahan baru dapat diselesaikan dengan memanfaatkan kembali dan mungkin malakukan penyesuaian terhadap permasalahan yang memiliki kesamaan yang telah diselesaikan sebelumnya. Case-Based Reasoning (CBR) telah berhasil diaplikasikan untuk penyelesaian masalah pada berbagai bidang. Pada paper ini disajikan survey atau review yang berisi tinjauan singkat perkembangan Case-Based Reasoning (CBR) berikut bidang aplikasinya.

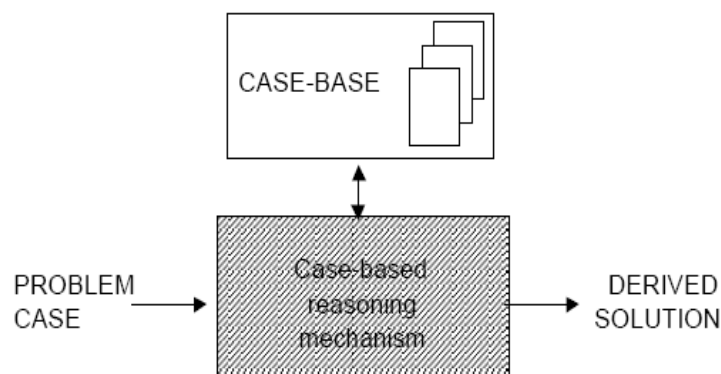
Kata Kunci : *Case-Based Reasoning (CBR), Retrieve, Reuse, Rivise, Retain*

1. PENDAHULUAN

Secara singkat *Case-Based reasoning (CBR)* didefinisikan sebagai sebuah metodologi untuk penyelesaian masalah dengan memanfaatkan pengalaman sebelumnya [Main dkk, 2001]. *Case-Based reasoning (CBR)* merupakan sebuah paradigma utama dalam penalaran otomatis (*automated reasoning*) dan mesin pembelajaran (*machine learning*). Di dalam CBR, seseorang yang melakukan penalaran dapat menyelesaikan masalah baru dengan memperhatikan kesamaannya dengan satu atau beberapa penyelesaian dari permasalahan sebelumnya.

Struktur sistem CBR dapat digambarkan sebagai kotak hitam seperti pada gambar-1, yang mencakup mekanisme penalaran dan aspek eksternal, meliputi :

- Spesifikasi masukan atau kasus dari suatu permasalahan
- Solusi yang diharapkan sebagai luaran
- Kasus-kasus sebelumnya yang tersimpan sebagai referensi pada mekanisme penalaran.



Gambar-1 : Arsitektur sebuah sistem CBR [Main dkk, 2001]

CBR dapat memiliki makna yang berbeda, tergantung tujuan dari penalaran: penyesuaian dan penggabungan solusi sebelumnya untuk menyelesaikan sebuah masalah baru, menjelaskan kondisi baru sesuai kondisi yang sama berdasarkan pengalaman sebelumnya, sebuah kritik terhadap solusi berdasarkan kasus sebelumnya, menemukan alasan dari kondisi sebelumnya untuk memahami situasi baru atau membangun sebuah solusi yang disepakati berdasarkan kasus sebelumnya [Mantaras dkk, 2006]. Dari beberapa aspek yang berbeda tersebut dapat dikelompokkan ke dalam dua tipe utama : CBR interpretatif dan CBR untuk penyelesaian masalah [Kolodner, 1992].

Pada CBR interpretatif, aspek yang penting adalah argumentasi apakah suatu situasi baru seharusnya diperlakukan seperti sebelumnya berdasarkan persamaan dan perbedaannya, sedangkan CBR untuk penyelesaian masalah, bertujuan mendapatkan penyelesaian masalah baru dengan melakukan adaptasi terhadap penyelesaian pada kasus-kasus sebelumnya. Pembagian ini tidak dimaksudkan untuk memisahkan antar keduanya, karena pada kenyataannya banyak masalah yang memiliki kedua tipe tersebut, bahkan kebanyakan aplikasi pembelajaran berbasis kasus menggunakan kedua metode tersebut. Sebagai contoh, aplikasi mediasi karyawan [Sycara, 1987] yang membutuhkan keduanya yaitu sebuah interpretasi terhadap suatu keadaan kemudian

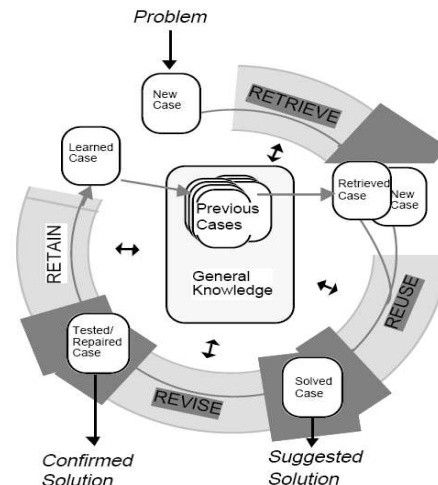
menentukan suatu penyelesaian berdasarkan interpretasi tersebut. Bahkan, terdapat banyak sistem yang menggunakan CBR interpretatif untuk mengevaluasi penyelesaian yang dihasilkan, karena evaluasi adalah salah satu dasar operasi pada kebanyakan penalaran berbasis kasus.

Tidak seperti metodologi penyelesaian masalah pada *Artificial Intelligence* (AI), metodologi penyelesaian masalah CBR adalah berbasis memori, sehingga orang akan membayangkan permasalahan-permasalahan dan penyelesaian yang diingatnya sebagai titik awal untuk menyelesaikan permasalahan baru. Sebuah pengamatan pada penyelesaian masalah berbasis CBR, menyatakan bahwa masalah yang sama akan memiliki penyelesaian yang sama [Leake dan Wilson, 1999].

Secara singkat, tahap-tahap penyelesaian masalah berbasis CBR adalah sebagai berikut : [Mantaras dkk, 2006]

- Pengambilan kembali kasus-kasus yang sesuai dari memori (hal ini membutuhkan pemberian indeks terhadap kasus-kasus dengan menyesuaikan fitur-fiturnya).
- Pemilihan sekelompok kasus-kasus yang terbaik.
- Memilih atau menentukan penyelesaian.
- Evaluasi terhadap penyelesaian (hal ini dimaksudkan untuk meyakinkan agar tidak mengulang penyelesaian yang salah)
- Penyimpanan penyelesaian kasus terbaru dalam penyimpan kasus/memori.

Sesuai dengan tahap-tahap tersebut, Aamodt dan Plaza [Aamodt dan Plaza, 1994] menjelaskan sebuah CBR sebagai sebuah siklus yang disingkat 4 R yaitu, Retrieve, Reuse, Revise dan Retain seperti pada gambar-2 berikut ini :



Gambar-2 : Siklus CBR [Aamodt dan Plaza, 1994]

2. AWAL PERKEMBANGAN CASE-BASED REASONING

Pendekatan *case-based reasoning* dan *case-based learning* telah mengalami pertumbuhan yang sangat pesat [Kolodner, 1983]. Beberapa tokoh yang mengawali penelitian bidang *Case-Based reasoning* (CBR) adalah Schank dengan *dynamic memory* [Schank, 1982] yang menitikberatkan pada pengaruh pengetahuan, belajar dan memori, Carbonell pada bidang analogi [Carbonell, 1983], Kolodner [Kolodner, 1983] dan Rissland [Rissland, 1983] yang bekerja pada bidang penalaran formal. Setelah itu, pengembangan CBR terus berlanjut dengan berbagai penelitian oleh Kolodner dan murid-muridnya [Kolodner dkk, 1985] [Kolodner, 1987] [Sycara, 1987], dan penelitian oleh Hammond dan yang lain pada bidang *case-based planning* [Hammond, 1986] [Hammond, 1987] [Collins, 1987], dan penelitian oleh Ashley dan Rissland dengan sistem HYPO untuk penalaran legal [Ashley dan Rissland, 1987].

Dilihat dari tipe pemecahan masalah CBR, beberapa sistem telah dikembangkan untuk perencanaan dan perancangan berbasis kasus diantaranya yang disebut JULIA [Hinrichs, 1988] untuk perencanaan produksi tepung, CYCLOPS [Navinchandra, 1988] untuk desain pemanfaatan lahan, KRITIK [Goel, 1989] [Goel dan Chandrasekaran, 1989] yang mengkombinasikan penalaran berbasis kasus dan penalaran berbasis model untuk desain mesin, CLAVIER [Barletta dan Hennessey, 1989] untuk pengaturan potongan-potongan material dalam sebuah pabrik mobil, model memory SMART [Velooso, 1992] untuk meningkatkan efisiensi atas sistem PRODIGY [Carbonel dkk, 1991] dan ARCHIE [Pearce dkk, 1992] dan CADRE [Dave dkk, 1994] untuk membantu seorang arsitek memahami dan menyelesaikan permasalahan perancangan konseptual.

Bidang aplikasi penting lainnya dalam pemecahan masalah berbasis CBR adalah untuk diagnosis. Pada bidang diagnosis ini, pemecahan masalah berbasis CBR seringkali digunakan untuk menyesuaikan kasus baru dengan permasalahan lama. CASEY [Koton, 1988] telah dikenal sebagai sebuah sistem berbasis kasus untuk

mendiagnosis masalah kesehatan dari seorang pasien dengan pencocokan terhadap diagnosis pasien yang telah diketahui sebelumnya. Sistem berbasis kasus untuk diagnosis yang lain adalah PROTOS [Bareiss, 1989].

3. CBR, ILMU KOGNITIF, DAN PENALARAN ANALOGI

Pembahasan tentang CBR, sangat dipengaruhi oleh riset dalam ilmu kognitif. Penelitian CBR yang ada saat ini didasari oleh sebuah studi tentang pengetahuan sejarah manusia [Schank dan Abelson, 1977], khususnya penelitian tentang peranan memori dalam pengetahuan [Schank, 1982]. *Memory Organizing Packets* (MOPs) mengatur urutan peristiwa, tetapi MOPs secara individu akan berbagi struktur dan pewarisan informasi dari MOPs yang lain. MOPs mengatur peristiwa secara tunggal yang disebut 'ingatan'. Ingatan-ingatan tersebut dapat memainkan banyak peran dalam melakukan interpretasi dan penyelesaian masalah. Sebagai contoh, selama melakukan perencanaan, sebuah masalah dapat membangkitkan ingatan masa lalu yang dapat disesuaikan untuk membantu dalam menyelesaikan masalah baru. Formula ini merupakan dasar untuk CBR. Ingatan seringkali melintas dan memungkinkan untuk memperoleh pelajaran dari suatu situasi yang selanjutnya dapat diaplikasikan pada situasi lain yang sedikit berbeda.

Manakala harapan gagal diperoleh selama proses pemahaman, ingatan dari penjelasan sebelumnya akan sangat bermanfaat untuk membantu dalam menyelesaikan kembali masalah yang mengandung anomali [Schank, 1986] [Schank dkk, 1994]. Sistem SWALE [Kass dkk, 1986] [Schank dan Leake, 1989] menggunakan ekspektasi berbasis MOP untuk memandu pemahaman sampai menemukan anomali, kemudian menampilkan kembali penjelasan sebelumnya untuk disesuaikan dengan situasi yang baru.

Hal lain yang memberikan kontribusi pada CBR datang dari penelitian yang menggunakan *preseden* pada penalaran legal. Masalah-masalah yang dimaksud meliputi penanganan banyak kasus dan kasus-kasus yang bersifat hipotesis dalam bentuk legal [Rissland dkk, 2005]. Dalam beberapa penelitian telah dijelaskan peranan CBR dalam penalaran dan pembelajaran bagi manusia yang sudah sangat berkembang, sebagai contoh sistem pengajaran yang dibentuk dari CBR [Schank dkk, 1993] [Kolodner dkk, 2003]. Salah satu komponen utama dari penalaran diagnosis medis juga telah ditunjukkan, mengikuti tipe pencocokan pola [Patel dan Groen, 1986], yang esensinya adalah proses penalaran berbasis kasus berdasarkan pengalaman pasien-pasien sebelumnya.

Secara fundamental, CBR juga berhubungan dengan penalaran analogi, salah satu bidang penelitian dalam ilmu kognitif. Riset penalaran analogi dititikberatkan pada mekanisme dasar seperti pencocokan dan pengambilan kembali (*retrieve*) dan bagaimana mekanisme tersebut digunakan dalam proses kognitif lain, yang meliputi penalaran dan pembelajaran. Teori psikologi pada bidang proses analogi telah memberi petunjuk pada model komputasi yang dapat digunakan untuk mengembangkan sistem CBR. Sebagai contoh adalah *Structure-Mapping Engine* (SME) [Falkenhainer dkk, 1986] [Forbus dkk, 1994] yang didasarkan pada teori struktur pemetaan yang dikembangkan oleh Gentner [Gentner, 1983]. SME telah digunakan sebagai alat pemodelan kognitif untuk menerangkan beberapa sifat psikologi yang ada, dan beberapa prediksi yang dibuat berdasarkan SME selanjutnya telah dipertegas dalam penelitian-penelitian bidang psikologi [Forbus, 2001].

4. RETRIEVAL DALAM CBR

Salah satu tahap penting dalam siklus CBR adalah pengambilan kembali (*retrieval*) terhadap kasus-kasus sebelumnya yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah baru. Salah satu pertanyaan mendasar adalah atas dasar/pertimbangan apa *retrieval* tersebut dilakukan. Satu hal yang dijadikan pertimbangan dalam banyak penelitian adalah penilaian kesamaan (*similarity assesment*).

Dalam beberapa aplikasi CBR, sudah cukup memadai untuk menilai kesamaan terhadap kasus-kasus yang tersimpan berdasarkan ciri-ciri yang nampak. Yang dimaksud ciri-ciri yang nampak dari suatu kasus adalah penjelasan yang dimilikinya dan bentuk penyajian menggunakan pasangan-pasangan nilai atribut. Pada aplikasi-aplikasi yang lain seringkali ciri-ciri diperoleh dari penjelasan kasus-kasus dengan melakukan inferensi sesuai dengan domain pengetahuan. Dalam aplikasi yang lain, sebuah kasus disajikan dalam struktur yang kompleks, seperti graf, maka untuk *retrieval* membutuhkan penilaian terhadap kesamaan strukturnya. Terdapat beberapa pendekatan penilaian kesamaan (*similarity assesment*) untuk *retrieval*, antara lain: [Mantaras dkk, 2006]

- *Assessment of surface similarity*
- *Assessment of structural similarity*
- *Similarity framework*

4.1 *Assessment of surface similarity*

Dalam pendekatan *retrieval* berdasarkan ciri yang nampak, kesamaan setiap kasus dengan masalah baru, disajikan sebagai sebuah bilangan real dalam rentang [0,1] yang dihitung sesuai dengan ukuran kesamaan yang diberikan. Biasanya, kasus yang dipanggil kembali adalah kasus ke-*k* yang memiliki kesamaan paling tinggi dengan masalah baru. Pendekatan ini lebih dikenal dengan '*k nearest neighbor*' *retrieval* yang biasa disingkat *k-NN* [Cover dan Hart, 1967]. Terdapat banyak cara dalam pengukuran kesamaan dan pendekatan yang berbeda disesuaikan dengan perbedaan representasi kasus.

Sebuah sistem CBR dapat menjamin untuk memanggil kembali k kasus yang memiliki tingkat kesamaan maksimal dengan masalah baru dengan melakukan perhitungan kesamaan masalah baru dengan setiap kasus yang tersimpan di memori. Namun, untuk memproses semua urutan kasus dalam memori tersebut memiliki kompleksitas $O(n)$, dengan n menyatakan banyaknya kasus. Dalam hubungan dengan masalah kompleksitas ini, telah dilakukan banyak penelitian untuk mereduksi waktu pemanggilan kembali (*retrieval*), antara lain Stanfill dan Waltz yang meliputi penggunaan komputer paralel [Stanfill dan Waltz, 1986], Wess dkk, mengusulkan pendekatan untuk *retrieval* dengan melakukan pengaturan memori berdasarkan kesamaan antar kasus [Wess dkk, 1993].

Smyth dan McKenna mengajukan sebuah model alternatif dalam pemanggilan kembali (*retrieval*) kasus yaitu dengan menyediakan sebuah model eksplisit kompetensi berbasis kasus, yang selanjutnya disebut algoritma *footprint-based retrieval* [Smyth dan McKenna, 1999] [Smyth dan McKenna, 2001]. Algoritma tersebut merupakan pendekatan *retrieval* dua tahap dengan mencari dua populasi yang jelas dari suatu kasus. Hal ini dilakukan dengan menyediakan pencarian atas sebagian kecil dari kasus yang disebut *footprint* kasus yang mencerminkan kasus secara menyeluruh. Tahap pertama dari proses *retrieval* adalah mengidentifikasi *footprint* kasus yang memiliki tingkat kesamaan paling tinggi dengan referensi kasus, sedangkan tahap berikutnya adalah mencari sebagian kecil kasus yang lain yang berhubungan dengan referensi kasus tersebut.

Simoudis dan Miller memperdebatkan bahwa pemanggilan kembali (*retrieval*) yang hanya didasarkan pada ciri-ciri yang nampak tidak akan cukup membedakan apabila diterapkan pada kasus yang besar, sehingga memerlukan kombinasi dengan teknik-teknik lain yang mengurangi sejumlah kasus untuk adaptasi. Disampaikan bahwa pendekatan yang disebut *validated retrieval* secara dramatis dapat mengurangi sejumlah kasus potensial yang sesuai [Simoudis dan Miller, 1990].

4.2 *Assessment of structural similarity*

Penelitian yang berbasis pada penilaian manusia berkenaan dengan kesamaan dan analogi telah menunjukkan bahwa keduanya baik *surface assessment* maupun *structure assessment* diperlukan dalam proses *retrieval* [Forbus dkk, 1994]. Diinspirasi penelitian sebelumnya oleh Gentner dan Forbus tahun 1991, Borner mengusulkan suatu pendekatan dalam proses *retrieval* dalam dua tahap. Pertama menampilkan kandidat kasus berdasarkan *surface assessment* sesuai dengan masalah baru (seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 4.1 di atas), kemudian diikuti dengan penilaian *structure assessment*. *Structure assessment* didefinisikan sebagai struktur graf khusus, dimana masalah baru mempunyai kesamaan dengan kasus yang tersimpan, dengan menggunakan aturan transformasi tertentu dan latar belakang pengetahuan yang diberikan diperlukan untuk menentukan kesamaan struktur.

Representasi kasus berorientasi obyek menghasilkan representasi nilai atribut yang lebih sederhana. Dalam hal ini kasus-kasus disajikan dengan himpunan obyek. Setiap obyek memiliki klas-klas yang diatur dalam hirarki klas. Subuah klas akan menentukan atribut-atribut yang dimiliki, dengan demikian, hirarki klas berisi pengetahuan kesamaan yang digunakan. Bergmann dan Sahl menyarankan bahwa penilaian kesamaan sering dibatasi hanya untuk obyek-obyek yang memiliki klas yang sama. Hal ini disebabkan tidak adanya sudut pandang yang jelas bagaimana melihat kesamaan antar obyek dengan klas yang berbeda [Bergmann dan Sahl, 1998].

CREEK [Aamold, 1994] [Aamold, 2004] menggunakan sebuah sistem berorientasi obyek dengan representasi berbasis frame untuk menangani kedua kasus tersebut pada domain pengetahuan umum. Metode penyebaran aktivasi menyajikan kasus dalam memori sebagai jaringan yang saling terhubung dari simpul-simpul yang menyatakan kombinasi nilai atribut dari suatu kasus [Brown, 1994]. Aktivasi tesebar dari simpul nilai atribut tujuan ke seluruh jaringan menyebabkan diaktifkannya representasi kasus-kasus baru yang sama. Pendekatan ini cukup efisien dan fleksibel dalam menangani diskripsi kasus yang tidak lengkap, tetapi dapat mendatangkan biaya rekayasa pengetahuan yang signifikan dalam membangun jaringan aktivasi.

Cara lain yang digunakan untuk merepresentasikan relasi antar atribut yaitu menggunakan konsep generalisasi kasus [Bergmann dkk, 1999] [Bergmann, 2002] [Mougui dan Bergmann, 2002]. Generalisasi kasus menangani sebagian dari ruang penyelesaian masalah, dan dapat menyediakan penyelesaian pada sekelompok permasalahan yang berdekatan, jadi bukan hanya pada satu permasalahan saja. Bunke dan Messmer (1993) mengajukan satu dari beberapa pengukuran kesamaan struktur untuk kasus-kasus yang direpresentasikan dalam struktur graf. Pengukuran tersebut didasarkan pada operasi pengeditan graf yang meliputi penyisipan, penghapusan, dan penggantian titik (*vertex*) maupun garis (*edge*) pada graf. Untuk meningkatkan efisiensi pada pendekatan ini, diperkenalkan algoritma pencocokan subgraf yang bekerja menyeluruh dalam memori kasus, yang mana subgraf yang sama-sama dimiliki oleh banyak kasus hanya tersimpan sekali.

4.3 *Similarity framework*

Terdapat banyak cara untuk mengukur kesamaan, sehingga tidaklah mengherankan apabila beberapa peneliti dalam memandang kesamaan ini tidak dalam satu pandangan, dan tidak bergantung dengan algoritma

khusus. Sebagai contoh Richter telah mendiskusikan ide kesamaan dalam konteks pada kerangka matematika formal [Richter, 1992].

Osborne dan Bridge menyampaikan kerangka umum lain yang membedakan pengukuran kesamaan antara *ordinal* dan *cardinal* [Osborne dan Bridge, 1996]. Pengukuran ordinal menggunakan diskripsi target untuk menghasilkan sebagian urutan kasus dalam memori. Tidak ada informasi tentang derajat kesamaan yang diberikan, kasus-kasus hanya diurutkan, dengan ketentuan bahwa kasus pada urutan yang lebih tinggi akan ditampilkan kembali sebelum kasus yang berada pada urutan yang lebih rendah. Pengukuran kardinal merupakan fungsi-fungsi yang menilai kasus, dengan memberikan sebuah nilai bilangan real untuk menyatakan derajat kesamaan. Osborne dan Bridge menyajikan himpunan operator yang memungkinkan pengembangan sistem pengukuran *cardinal* dan *ordinal* secara sistematis dan fleksibel.

5. REUSE DAN REVISION DALAM CBR

Proses *reuse* dalam siklus CBR adalah tanggung jawab dalam memberikan solusi dari sebuah kasus baru berdasarkan penyelesaian-penyelesaian kasus yang diambil kembali. Penggunaan kembali kasus-kasus yang di-*retrieve* merupakan hal yang sangat mudah sebagaimana pengembalian penyelesaian masalah sebelumnya, tanpa melakukan perubahan, sebagai penyelesaian yang disediakan untuk masalah baru. Hal ini sering berkaitan dengan masalah klasifikasi, yang mana tiap-tiap penyelesaian atau klas sering diwakili oleh satu kasus dalam basis kasus. Oleh karena itu, kebanyakan kasus yang diambil kembali dan memiliki kesamaan yang cukup, sangat mungkin berisi penyelesaian yang sesuai. Namun demikian, *reuse* menjadi lebih sulit jika terdapat perbedaan yang signifikan antara masalah baru dengan kasus-kasus yang diambil kembali. Dalam kondisi ini, penyelesaian yang diambil kembali memerlukan adaptasi untuk mengatasi perbedaan-perbedaan penting tersebut. Pembuatan keputusan medis merupakan salah satu bidang yang memerlukan adaptasi.

Adaptasi ini menjadi suatu yang sangat penting, ketika CBR digunakan untuk pekerjaan penyelesaian masalah yang selalu berkembang seperti desain, konfigurasi dan perencanaan. Metode-metode adaptasi berbeda dalam kompleksitas sehubungan dengan dua dimensi : apa yang berubah pada penyelesaian yang diambil dan bagaimana perubahan itu dicapai. Adaptasi dapat juga digunakan manakala umpan balik penyelesaian mengindikasikan diperlukannya perbaikan, hal ini merupakan bagian dari tahap perbaikan pada siklus CBR.

6. RETENSION DALAM CBR

Retensi merupakan tahap terakhir dalam siklus CBR yang menghasilkan penyelesaian masalah terbaru yang digabung dalam sistem pengetahuan. Hal ini telah diterjemahkan menjadi berbagai pendekatan untuk merekam hasil dari penyelesaian masalah sebagai sebuah kasus baru dan dapat ditambahkan dalam basis kasus. Tentunya terdapat berbagai isu tentang cara yang terbaik untuk mempelajari kasus baru dan ternyata sistem yang berbeda akan merekam informasi yang berbeda.

Secara umum, pandangan modern tentang retensi telah mengakomodasi perspektif yang lebih luas tentang makna dari sistem CBR untuk belajar dari pengalamannya dalam menyelesaikan masalah. Hal ini merupakan sebuah pandangan bahwa tanggapan yang besar untuk beberapa masalah yang timbul selama penerapan sistem CBR dalam skenario penyelesaian masalah yang kompleks.

7. BIDANG APLIKASI CBR

Case Base Reasoning (CBR) telah diaplikasikan dalam banyak bidang yang berbeda dan sistem yang disebutkan disini merupakan sistem yang telah teruji. Dari berbagai bidang aplikasi tersebut menunjukkan betapa luasnya cakupan CBR, yang kebanyakan merupakan aplikasi dalam kerangka sebuah kecerdasan buatan. Bidang aplikasi tersebut antara lain :

- a. Hukum : CBR yang memodelkan masalah kejahatan dalam bentuk kalimat, disebut JUDGE, CBR yang berhubungan dengan hukum perdagangan rahasia yang disebut HYPO, CBR dalam bidang penuntutan tindak kejahatan yang dikenal dengan *Malicious Prosecution Consultant* (MPC), merupakan sistem penalar berbasis kasus umum yang digunakan dalam area hukum yang disebut OPINE, sistem legal untuk pengkodean masalah hukum, disebut HELIC-II (*Hypothesis-tical Explanation constructor by Legal Inference with Cases by 2 inference engines*), CBR yang dioperasikan pada bidang hukum upah pekerja yang disebut IKBALS, CBR untuk ekstraksi pengetahuan menggunakan ANNs disebut HILDA, CBR untuk inferensi bidang hukum, CBR untuk penalaran hukum dengan pendekatan neuro-fuzzy
- b. Kedokteran : CBR untuk penyelesaian masalah klinik, CBR untuk analisis penyakit jantung berdasarkan kondisi pasien yang disebut CASEY, CBR untuk mengklasifikasi kategori kasus yang disebut PROTOS, CBR untuk diagnosis medis (studi kasus : penyakit pneumonia) yang disebut BOLERO, CBR untuk sistem diagnosis medis.
- c. Rekayasa : CBR untuk mendesain arsitektur bangunan kantor yang disebut ARCHIE, CBR untuk perencanaan struktur, disebut CADSYN, CBR untuk tataletak bangunan tempat tinggal.
- d. Komputasi : CBR untuk validasi kasus yang diambil kembali (*retrieval*), CBR untuk aplikasi bantuan teknis (*help desk*).

- e. Jaringan Komunikasi : CBR untuk menangani kegagalan jaringan komunikasi yang disebut CRITTER, CBR untuk menentukan modul-modul yang rawan kesalahan pada jaringan komunikasi.
- f. Desain Pabrik : CBR untuk pengelolaan autoclave, CBR untuk mendesain sepatu, Aplikasi pabrikan dengan CBR.
- g. Keuangan : CBR untuk audit keuangan, disebut SCAN, CBR untuk mendeteksi kepailitan Bank dengan ANN.
- h. Penjadwalan : CBR untuk meningkatkan kualitas penjadwalan yang disebut CABINS, CBR untuk perakitan mobil, CBR untuk mengelola penjadwalan pesawat terbang, disebut SMART, CBR untuk perencanaan dan penjadwalan terdistribusi.
- i. Bahasa : CBR untuk pelafalan kata dalam bahasa Inggris, disebut MBRTALK, CBR untuk pelafalan kata dalam bahasa Inggris yang disebut PRO.
- j. Sejarah : CBR untuk penjelasan dan pemahaman cerita/sejarah.
- k. Makanan/Nutrisi : CBR untuk penentuan resep baru, disebut Chef, CBR untuk konsultasi nutrisi, CBR untuk perencanaan menu makanan.
- l. Penemuan Rute : CBR untuk mendapatkan sebuah rute di negara Singapura, CBR untuk perencanaan rute, CBR untuk transportasi logistik.
- m. Lingkungan : CBR untuk memprediksi tingkat pencemaran udara, disebut AIRQUAP, CBR untuk penanganan limbah.

8. KESIMPULAN

Dari uraian perkembangan dan aplikasi *Case Based Reasoning* (CBR) ini, dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Riset mengenai CBR telah berkembang dengan pesat, karena CBR memiliki beberapa keunggulan antara lain :
 - mengurangi pekerjaan pada akuisisi pengetahuan
 - menghindari pengulangan kesalahan yang dibuat sebelumnya
 - menyediakan fleksibilitas dalam pemodelan pengetahuan
 - dapat untuk penalaran pada masalah yang tidak memiliki pengetahuan atau definisi atau model yang lengkap
 - dapat digunakan untuk membuat perkiraan sebagai kemungkinan sukses berdasarkan solusi yang telah diajukan
 - pembelajaran sepanjang waktu
 - memungkinkan pengulangan semua tahap yang diperlukan untuk mengambil atau menghadirkan solusi
 - menyediakan alat sebagai suatu penjelasan
 - dapat digunakan dengan cara yang berbeda
 - dapat digunakan dalam berbagai permasalahan
 - menggambarkan penalaran pada manusia
- b. Diantara permasalahan yang ada pada pengembangan sistem CBR antara lain :
 - metode yang paling tepat untuk retrieving
 - dalam pengembangannya, tidak selalu tersedia dokumentasi kasus yang pernah terjadi pada suatu permasalahan
- c. Sistem CBR telah diaplikasikan pada banyak bidang antara lain : hukum, kedokteran, rekayasa, komputasi, jaringan komunikasi, pabrikan, keuangan, penjadwalan, lingkungan dan lain-lain

9. DAFTAR PUSTAKA

- Aamodt, A., 1994, *Explanation-driven case-based reasoning*. In Wess, S, Althoff, K.-D and Richter, M (eds) *Topics in Case-Based Reasoning*. Berlin: Springer, pp. 274-288
- Aamold, A.; Plaza, E., 1994, *Case-based Reasoning : foundation issues, methodological variation and System approach*, AI Communication 7(1), pp. 39-59
- Aamodt, A., 2004, *Knowledge-intensive case-based reasoning in Creek*. In Proceedings of the Seventh European Conference on Case-Based Reasoning. Berlin: Springer, pp. 1-15
- Ashley, K.D.; Rissland, E.L., 1987, *Compare and Contrast : A test experience*, Proceedinga AAAI '87
- Bareiss, R.; Poter, W.; Weir, C.C., 1989, *PROTOS : An exemplar-based learning apprentice*, Int. J. Of Man-Machine Studies 29, pp. 549-561
- Barletta, R.; Hennessy, D., 1989, *Case adaption in autoclave layout design*. In Hammond (eds.) : Proceeding Secong Workshop on case-based reasoning, Pensacola Beach, Florida, Morgan-Kauffman

- Bergmann, R., 2002, *Experience Management: Foundations, Development Methodology, and Internet-Based Applications*. Berlin: Springer
- Bergmann, R.; Stahl, A., 1998, *Similarity measures for object-oriented case representations*. In Proceedings of the Fourth European Workshop on Case-Based Reasoning. Berlin: Springer, pp. 25–36
- Bergmann, R.; Vollrath, I.; Wahlmann, T., 1999, *Generalized cases and their application to electronic design*. In Proceedings of the Seventh German Workshop on Case-Based Reasoning
- Brown, M.G., 1994, *An underlying memory model to support case retrieval*. In Wess, S, Althoff, K-D and Richter, M (eds) *Topics in Case-Based Reasoning*. Berlin: Springer, pp. 132–143
- Bunke, H.; Messmer, B.T., 1993, *Structural similarity as guidance in case-based design*. In Proceedings of the First European Workshop on Case-Based Reasoning. Berlin: Springer, pp. 106–118
- Carbonell, J., 1983, *Lerning by analogy : Formulating and generalizing plans from past experience*. In (Michalsi, Carbonell dan Mithec, eds.) : *Machine Learning : An Artificial Intelligence Approach*, Tioga, Palo Al
- Carbonel, J.; Knoblock, C.A.; Minton, S., 1991, *PRODIGY : An integrated architecture for planning and learning*. In (Kurt Van Lehn eds.) *Architecture for Intelligence, the Twenty Second Caenegie Mellon Symposium on Cognition*, Earlbaum Publ.
- Collins, G., 1987, *Plan creation: Using strategies as blueprints*. Ph.D. Thesis. Yale University
- Cover, T.M.; Hart, P.E., 1967, *Nearest neighbor pattern classification*. *IEEE Transactions on Information Theory* IT-13, 21–27
- Dave, B.; Schmitt, G.; Shih, S.G.; Bendel, L.; Faltings, B.; Smith, I.; Hua, K.; Bailey, S.; Ducret, J.M.; Jent, K., 1994, *Case-based spatial design reasoning*. *Proceedings Second European Workshop on Case-Based Reasoning*, 115-124
- Falkenhainer, B.; Forbus, K.; Gentner, D., 1986, *The structure-mapping engine*. In Proceedings of the Fifth National Conference on Artificial Intelligence. Menlo Park, CA: AAAI Press, pp. 272–277
- Forbus, K., 2001, *Exploring analogy in the large*. In Gentner D., Holyoak K., Kokinov B. (eds) *The Analogical Mind: Perspectives from Cognitive Science*. Cambridge, MA: MIT Press, pp. 23–58.
- Forbus, K.; Ferguson, R.; Gentner, D., 1994, *Incremental structure-mapping*. In Proceedings of the Sixteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, pp. 313–318
- Gentner, D., 1983, *Structure-mapping: a theoretical framework for analogy*. *Cognitive Science* 7, 155–170
- Goel, A., 1989, *Integration of case-based reasoning and model-based reasoning for adaptive design problem solving*. Ph.D. Thesis. The Ohio State University
- Goel, A.; Chandrasekaran, B., 1989, *Use of device models in adaptation of design cases*. In Hammond (ed.): *Proceedings Second Workshop on case-based reasoning*, Pensacola Beach, Florida, Morgan-Kauffman
- Hammond, K., 1986, *CHEF: A model of case-based planning*. *Proceedings of AAAI-86*
- Hammond, K., 1987, *Explaining and repairing plans that fail*. *IJCAI-87*, 109-114
- Hinrichs, T.R., 1988, *Towards an architecture for open world problem solving*. In Kolodner (ed.): *Proceedings Case-Based Reasoning Workshop*, San Mateo, California, Morgan-Kauffman Publ.
- Kass, A.; Leake, D.B.; Owens, C., 1986, *SWALE: a program that explains*. In Schank R. (ed.) *Explanation Patterns: Understanding Mechanically and Creatively*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, pp. 232–254
- Kolodner, J., 1983, *Reconstructive memory, a computer model*. *Cognitive Science* 7, 281-328
- Kolodner, J., 1987, *Capitalizing on failure through case-based inference*. *Proceedings Ninth Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Erlbaum
- Kolodner, J., 1992, *An introduction to case-based reasoning*. *Artificial Intelligence Review* 6, 3-34
- Kolodner, J.; Simpson, R.L.; Sycara, K., 1985, *A process model of case-based reasoning in problem solving*. *IJCAI-85*
- Kolodner, J.L.; Camp, P.J.; Crismond, D.; Fasse, B.; Gray, J.; Holbrook, J.; Puntembakar, S., 2003, *Problem-based learning meets case-based reasoning in the middle-school science classroom: putting learning-by-design into practice*. *Journal of the Learning Sciences* 12(4), 495–54
- Koton, P., 1988, *Using experience in learning and problem solving*. Ph.D. Thesis. Computer Science Dept. MIT
- Leake, D.; Wilson, D., 1999, *When experience is wrong: examining CBR for changing tasks and environments*. In Proceedings of the Third International Conference on Case-Based Reasoning. Berlin: Springer, pp. 218–232.
- Main, J.; Dillon, T.S.; Shiu, S., 2001, *A Tutorial on Case-Based Reasoning : Soft Computing in Case-Based Reasoning (Eds)*, Sprenger-Verlag, London, pp. 1-28
- Mantaras, R.L.; Mesherry, D.; Bridge, D.; Leake, D.; Smyth, B.; Craw, S.; Falting, B.; Maher, M.L.; Cox, M.T.; Forbus, K.; Keane, M.; Aamodt, A.; Watson, I., 2006, *Retrieval, reuse, revision and retention in case-based reasoning*, *The Knowledge Engineering Review*, Vol. 20:3. 215-240, Cambridge University Press, United Kingdom.

- Mougouie, B.; Bergmann, R., 2002, *Similarity assessment for generalized cases by optimization methods*. In Proceedings of the Sixth European Conference on Case-Based Reasoning. Berlin: Springer, pp. 249–263
- Navinchandra, D., 1988, *Case-based reasoning in CYCLOPS, a design problem solver*. In Kolodner (ed.): Proceedings Case-Based Reasoning Workshop, San Mateo, California, Morgan-Kaufman Publ.
- Osborne, H.R.; Bridge, D.G., 1996, *A case base similarity framework*. In Proceedings of the Third European Workshop on Case-Based Reasoning. Berlin: Springer, pp. 309–323.
- Patel, V.L.; Groen, G.J., 1986, *Knowledge-based solution strategies in medical reasoning*. Cognitive Science 10, 91–116.
- Pearce, M.; Goel, A.; Kolodner, J.; Zimring, C.; Sentosa, L.; Billington, R., 1992, *Case-based design support: A case study in architectural design*. IEEE EXPERT 7, 14-20
- Richter, M.M., 1992, *Classification and learning of similarity measures*. In Proceedings der Jahrestagung der Gesellschaft für Klassifikation. Berlin: Springer, pp. 1–8
- Rissland, E.; Ashley, K.; Branting, L.K., 2005, *Case-based reasoning and law*. Knowledge Engineering Review. This issue
- Rissland, E.L., 1983, *Examples in legal reasoning: legal hypotheticals*. Proceedings IJCAI'83, Karlsruhe
- Schank, R.C., 1982, *Dynamic Memory: A theory of learning in computers and people*. Cambridge University Press
- Schank, R.C., 1986, *Explanation Patterns: Understanding Mechanically and Creatively*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum
- Schank, R.C.; Abelson, R.P., 1977, *Scripts, Plans, Goals and Understanding: An Inquiry into Human Knowledge Structures*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum
- Schank, R.C.; Fano, A.; Bell, B.; Jona M., 1993, *The design of goal-based scenarios*. Journal of the Learning Sciences 3(4), 305–345.
- Schank, R.C.; Kass, A.; Riesbeck, C.K., 1994, *Inside Case-Based Explanation*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Schank, R.C.; Leake, D., 1989, *Creativity and learning in a case-based explainer*. Artificial Intelligence 40(1–3), 353–385.
- Simoudis, E.; Miller, J., 1990, *Validated retrieval in case-based reasoning*. In Proceedings of the Eighth National Conference on Artificial Intelligence. Menlo Park, CA: AAAI Press, pp. 310–315
- Smyth, B.; McKenna, E., 1999, *Footprint based retrieval*. In Proceedings of the Third International Conference on Case-based Reasoning. Berlin: Springer, pp. 343–357
- Smyth, B., McKenna, E., 2001, *Competence guided incremental footprint-based retrieval*. Knowledge-Based Systems 14(3–4), 155–161
- Stanfill, C.; Waltz, D., 1986, *Toward memory-based reasoning*. Communications of the ACM 29(12), 1213–1228
- Sycara, E.P., 1987, *Resolving adversarial conflicts: an approach to integrating case-based and analytic methods*. Ph. D. Thesis, Georgia Tech
- Veloso, M., 1992, *Learning by analogical reasoning in general problem solving*. Ph.D. Thesis. Carnegie Mellon University
- Wess, S.; Althoff, K.D.; Derwand, G., 1993, *Using k-d trees to improve the retrieval step in case-based reasoning*. In Proceedings of the First European Workshop on Case-Based Reasoning. Berlin: Springer, pp. 167–181