

Perkembangan Model Data Temporal serta Implementasinya pada Database Management Systems

Supria

Computer Science Department, School of Computer Science,
Bina Nusantara University,
Jakarta, Indonesia 11480
supria@binus.ac.id

*Correspondence: supria@binus.ac.id

Abstract - This essay examines how temporal data models are created and how they are integrated into database management systems. The well-known Relational Data Model's extension, the Temporal Relational Data Model, is discussed. The application of this temporal data model in database management systems is also researched. The Historical Relational Data Model adds timestamps to attributes, and the Temporal Relational Model adds timestamps to tuples. These two approaches make up the temporal data model. It has become apparent via the implementation of this temporal data model that not all temporal data ideas are applicable to database management systems. IBM DB2 has explicitly integrated the idea of time stamps, but not the idea of PERIOD data type. While Teradata has implemented the PERIOD data type, but has not yet implemented the concept of explicit timestamps.

Keywords: Relationship Data Model; Temporal Relationship Data Model; Historical Relationship Data Model; IBM DB2; Teradata

Abstrak - Paper ini merupakan hasil studi tentang perkembangan model data temporal beserta implementasinya pada Database Management Systems. Pembahasan meliputi model data relasi temporal yang merupakan ekstensi dari Model Data Relasi yang sudah dikenal. Selanjutnya dilakukan studi terhadap implementasi model data temporal ini pada Database management Systems. Terdapat dua pendekatan terhadap model data temporal ini, yaitu Model Relasi Temporal yang menambahkan stempel waktu pada tuple, dan Model Data Relasi Historis yang menambahkan stempel waktu pada Atribut. Dalam pengimplementasian model data temporal ini, ternyata belum semua konsep data temporal diterapkan pada Database management Systems. Pada IBM DB2 sudah

menerapkan konsep stempel waktu secara eksplisit, namun belum menerapkan konsep tipe data PERIODE. Sedangkan Teradata sudah menerapkan tipe data PERIODE, namun belum menerapkan konsep stempel waktu secara eksplisit.

Kata Kunci: Model Data Relasi; Model Data Relasi Temporal; Model Data Relasi Historis; IBM DB2; Teradata

I. PENDAHULUAN

Dalam literatur database, dikenal 3 model data level implementasi (*implementation level*) yang sudah dianggap mapan yaitu model data relasi (*relational data model*), model data hirarki (*hierarchical data model*), dan model data jaringan (*network data model*). Sedangkan pada *high level concept* (tidak tergantung pada jenis DBMS yang digunakan), dikenal *EntityRelationship* (ER) model, dan *Enhanced Entity Relationship* (EER) data model. Kedua model ini (ER dan EER) dapat dikonversi (*mapping*) ke dalam model data relasi, model data hirarki, dan model data jaringan.

Model Data Relasi (MDR), pertama kali diperkenalkan oleh E.F. Codd pada tahun 1970. Hingga saat ini, dari ketiga model pada level implementasi di atas MDR merupakan model data yang paling populer. Hal ini disebabkan MDR merupakan model yang simpel serta mempunyai fondasi matematis yang cukup solid.

Akan tetapi, database relasi (yang didasarkan pada MDR) mengandung beberapa keterbatasan. Salah satu keterbatasannya adalah bahwa data yang tersimpan dalam database merupakan data terakhir atau data saat ini. Jika nilai data (*data value*) diperbaharui (*update*), maka nilai data yang baru akan menggantikan nilai data yang telah ada dalam database, sedangkan nilai data yang lama akan

terhapus. Dengan demikian, nilai data yang lama akan hilang dari database.

Meskipun untuk beberapa aplikasi database relasi ini cukup memadai, namun dengan keterbatasan tersebut di atas, masalahnya akan menjadi kompleks bila para pengguna database memerlukan nilai-nilai data dimasa lampau, masa kini atau bahkan data dimasa datang. Oleh karena itu, untuk keperluan aplikasi-aplikasi seperti ini diperlukan database yang mendukung penyimpanan dan kemampuan *query* informasi yang bervariasi terhadap waktu. Database yang memelihara data diwaktu lampau, waktu kini, dan bahkan diwaktu akan datang itu disebut database temporal.

Untuk mendukung database temporal, telah dikembangkan berbagai model data baru yang merupakan ekstensi dari MDR, dengan cara menambahkan aspek *temporal* (waktu) pada MDR. Dalam makalah ini model-model relasi data dengan ekstensi temporal ini disebut Model Data Relasi Temporal (MDRT), dan Relasi (*relational instance*) pada MDRT disebut relasi temporal. Dengan adanya penambahan aspek temporal ini, maka konsekuensinya antara MDR dan MDRT terdapat perbedaan yang mendasar pada konsep pemodelan dan relasi aljabarnya.

II. METODOLOGI

Studi ini dilakukan dengan *me-review* terhadap penelitian-penelitian yang terkait dengan pemodelan database temporal beserta implementasinya pada *Enterprise Database Management Systems*. Paper ini membahas Model Data Relasi Temporal sebagai ekstensi dari Model Data Relasi dan selanjutnya akan dibahas mengenai implementasi dari temporal data pada dua *Enterprise Database Management Systems*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 MDRT sebagai ekstensi dari MDR

Dalam MDR, sebuah relasi dapat divisualisasikan dalam bentuk 2 dimensi. Sumbu horizontal menunjukkan atribut dari relasi, sedangkan sumbu vertical menunjukkan tuple dari relasi tersebut. Gambar 1 memperlihatkan relasi PEGAWAI untuk skema relasi PEGAWAI (NIP, NAMA, JABATAN, GAJI, DIREKTUR), dengan NIP (Nomor Induk Pegawai) sebagai atribut kunci (*key attribute*). Jika salah satu nilai atribut atau nilai tuple diperbaharui (*update*), maka nilai atribut atau tuple yang lama tersebut terhapus.

NIP	NAMA	JABATAN	GAJI	DIREKTUR
001	Hesti	Analisis	600000	Agus
002	Seri	Analisis Senior	800000	Agus

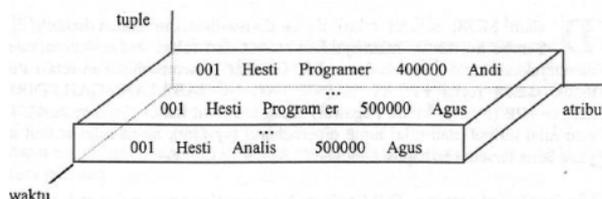
Gambar 1. Relasi PEGAWAI divisualisasikan dalam 2 dimensi.

MDRT dapat dipandang sebagai ekstensi dari MDR. Dalam MDRT, sebuah relasi temporal dapat divisualisasikan

dalam bentuk 3 dimensi yaitu 2 dimensi sama dengan pada relasi konvensional, ditambah satu dimensi temporal (dimensi waktu). Gambar 2 memperlihatkan contoh struktur 3 dimensi dari relasi temporal PEGAWAI (yang disederhanakan untuk satu tuple). Pada gambar tersebut diperlihatkan historis pegawai yang bernama Hesti. Pada satu titik atau interval waktu tertentu, gaji Hesti sebesar 400000, kemudian gajinya naik menjadi 500000.

Begitu pula perubahan-perubahan yang terjadi pada jabatan dan direktornya direkam secara historis. Pada relasi konvensional, jika (nilai data) gaji Hesti diperbaharui, maka (nilai data) gaji yang lama akan hilang, sedangkan pada relasi temporal, (nilai data) gaji yang lama masih tetap ada. Dari kedua visualisasi tersebut, dalam perspektif MDRT, relasi pada MDR dapat dianggap sebagai relasi sesaat (*snapshot relation*), karena relasi tersebut hanya menggambarkan relasi pada satu saat tertentu saja.

Untuk pembahasan relasi temporal lebih rinci, diandaikan data historis dari pegawai yang bernama Hesti dan Seri adalah sebagai berikut: Hesti mulai tercatat sebagai programmer pada 2010. Pada 2012, gajinya naik dari 400000 menjadi 500000. Pada 2016 jabatannya naik menjadi analis tetapi gajinya tidak mengalami kenaikan. Seri mulai tercatat sebagai analis senior pada 2007 dengan gaji 800000. Pada 2018 gajinya naik menjadi 900000. Yang menjadi direktur pada periode 2007 hingga 2015 adalah Andi. Mulai 2016 direktornya diganti oleh Agus. Relasi PEGAWAI memuat data historis ini mulai 2007 hingga 2022. Dalam makalah ini set waktu diasumsikan mempunyai struktur linier, diskrit dan isomorfik terhadap integer.



Gambar 2. Visualisasi relasi PEGAWAI dengan dimensi temporal (waktu)

Jika sebuah relasi temporal, misalnya relasi temporal PEGAWAI di atas, sebagian besar nilai data atributnya secara historis mengalami perubahan (*update*), maka visualisasi dalam ruang 3 dimensi menjadi sulit. Untuk mengatasi masalah ini, relasi temporal diilustrasikan dalam bentuk diagram relasi temporal 2 dimensi dengan menambahkan (membubuhkan) stempel waktu (*timestamp*). Stempel waktu ini dapat dibubuhkan dengan 2 cara yaitu: dibubuhkan pada tuple atau dibubuhkan pada atribut.

Navathe (1987), mengusulkan model dengan cara pertama yaitu stempel waktu dibubuhkan pada tuple. Model yang diusulkannya diberi nama Model Relasi Temporal (*Temporal Relational Model/TRM*). Pada TRM ini relasi temporal diilustrasikan dalam 2 dimensi (sama dengan pada model konvensional) ditambah dengan 2 atribut waktu yang menunjukkan interval waktu dari tuple tersebut. Kedua atribut waktu tersebut merupakan stempel waktu bagi setiap tuplenya. Dengan stempel waktu yang dibubuhkan pada tuple tersebut, maka relasi temporal

PEGAWAI diilustrasikan seperti pada Tabel I. Pada tabel tersebut, kedua atribut tambahan (atribut waktu) tersebut diberi nama TAWAL dan TAKHIR. Kedua atribut waktu tersebut secara bersama-sama menunjukkan interval waktu dari masing-masing tuple. Cara kedua, seperti diusulkan oleh Clifford (1987), stempel waktu diberikan pada atribut. Model dengan stempel waktu atribut yang diusulkan Clifford ini diberi nama Model Data Relasi Historis (*Historical Relational Data Model / HRDM*).

Tabel I. Relasi temporal PEGAWAI dengan stempel waktu pada tuple

NIP	NAMA	JABATAN	GAJI	DIR	TAWAL	TAKHIR
1	Hesti	Programer	400000	Andi	2010	2011
1	Hesti	Programer	500000	Andi	2012	2015
1	Hesti	Analisis	500000	Agus	2016	2022
2	Seri	Analisis enior	800000	Andi	2007	2015
2	Seri	Analisis snior	800000	Agus	2016	2017
2	Seri	Analisis snior	900000	Agus	2018	2022

Dengan stempel waktu atribut ini, maka setiap nilai data atribut terdiri dari 2 komponen yaitu komponen nilai data (*data value component*) dan komponen nilai stempel waktunya (*lifespan component*). Relasi temporal PEGAWAI dengan stempel waktu atribut ini diperlihatkan pada Tabel II. Karena *lifespan* untuk atribut NAMA sama dengan *lifespan* untuk atribut NIP, maka untuk penghematan ruang, *lifespan* untuk atribut nama tidak dituliskan.

Tabel II. Relasi temporal PEGAWAI dengan stempel waktu pada atribut

NIP	NAMA	JABATAN	GAJI
[2010,2022] 001	Hesti	[2010,2015] Programer [2016,2022] Analisis	[2010,2011] 400000 [2012,2022] 500000
[12007,2022] 002	Seri	[2007,2022] Analisis Senior	[2007,2017] 800000 [2018,2022] 900000

Keberadaan sebuah objek dalam database temporal tidak selalu dibatasi dalam satu periode atau interval waktu tertentu. Sebagai contoh, jika Dina seorang pegawai dengan status kontrak, bekerja mulai 2012 sampai 2014. Setelah masa kontrak habis, pegawai tersebut berhenti (keluar). Pada 2016 pegawai tersebut kembali bekerja hingga 2018. Dengan demikian keberadaan “objek” Dina pada database adalah $[2012, 2014] \cup [2016, 2018]$. Set waktu (periode waktu) dimana sebuah objek ada (eksis) dalam realita yang dimodelkan disebut *valid-time lifespan*. Untuk memudahkan, dalam makalah ini *valid time lifespan* cukup ditulis dengan *lifespan* saja. Dalam HRDM, terdapat *lifespan* untuk tuple dan *lifespan* untuk atribut pada skema relasi. *Lifespan* dari nilai atribut (*attribute value lifespan*) merupakan irisan (*intersection*) antara *lifespan* tuple dengan *lifespan* atribut pada skema relasi (ingat perbedaan antara nilai atribut dengan atribut pada skema relasi). Tabel 2 merupakan penyederhanaan dari relasi temporal HRDM, yaitu dengan mengasumsikan bahwa *lifespan* untuk tuple sama dengan *lifespan* untuk nilai atribut kunci.

Dengan stempel waktu pada tuple maka relasinya dipertahankan dalam bentuk *First Normal Form* (1NF), sehingga lebih mudah diimplementasikan. Akan tetapi

cara ini mengandung kelemahan yaitu satu data “objek” terfragmentasi kedalam beberapa tuple seperti terlihat pada tabel 1. Dengan demikian akan terbentuk relasi-relasi kecil sebagai akibat fragmentasi. Sebaliknya, pada stempel waktu atribut, bentuk relasinya menjadi *Non First Normal Form* (N1NF) sehingga lebih sulit diimplementasikan. Meskipun demikian, pemodelan dengan stempel waktu atribut ini lebih langsung mencerminkan dimensi temporal dalam ruang 3 dimensi. Hal ini disebabkan satu data “object” terhimpun dalam satu tuple

3.2. Implementasi Temporal data pada Sistem Database Relasi

Petkovic (2016) melakukan penelitian terkait implementasi data temporal sistem database. Riset yang dilakukan adalah membandingkan implementasi data temporal pada *Enterprise Database Management System* (EDBMS) IBM DB2 yang menerapkan SQL 2011 standard dengan implementasi pada Teradata yang menerapkan model TSQL2. Evaluasi dilakukan berdasarkan penerapan konsep: Dimensi waktu, *Temporal key constraints*, Tipe data PERIODE, serta Stempel waktu implisit dan eksplisit.

Hasil penelitian Petkovic menunjukkan bahwa baik IBM DB2 maupun Teradata sudah menerapkan ekstensi waktu atau dimensi waktu. Hanya saja IBM DB2 menggunakan dua tabel untuk menyimpan data waktu transaksi, satu tabel digunakan untuk menyimpan tuple saat ini (*current*) dan yang tabel satunya lagi untuk menyimpan data historis. *Temporal key constraints* sudah diterapkan baik pada IBM DB2 maupun Teradata. Konsep Tipe data PERIODE sudah diterapkan pada Teradata, sementara IBM DB2 belum menerapkan konsep tersebut. Untuk konsep stempel waktu implisit dan eksplisit, Teradata hanya mendukung konsep stempel waktu implisit saja, sehingga konsekuensinya objek data dasar di Teradata bukanlah sebuah relasi, dan model temporal yang didukung oleh sistem basis data ini tentu saja tidak relasional. Sebaliknya IBM DB2 telah menerapkan konsep stempel waktu secara eksplisit.

IV. KESIMPULAN

Dari pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa konsep temporal database beserta implementasinya masih terus berkembang hingga saat ini. Data temporal dapat diterapkan pada model data relasional maupun non relasional dengan menambahkan dimensi waktu. Pada EDBMS seperti IBM DB2 dan Teradata belum sepenuhnya mengimplementasikan konsep temporal data model, sehingga kedua EDBMS tersebut masih akan terus berkembang dalam penerapan temporal data model. Pada IBM DB2 sudah menerapkan konsep stempel waktu secara eksplisit, namun belum menerapkan konsep tipe data PERIODE. Sedangkan Teradata sudah menerapkan tipe data PERIODE, namun belum menerapkan konsep stempel waktu secara eksplisit.

Penelitian ini perlu dilanjutkan dengan melihat implementasi temporal data model pada EDBMS populer lainnya seperti Oracle dan SQL Server.

DAFTAR PUSTAKA

- Navathe, S.B. & Ahmed, R. (1989). A Temporal Relation Model and A Query Language, *Information Science*, 49(2): 147-175.
- Clifford, J. & Croker, A. (1987). The Historical Relational Data Model and Algebra Based on Lifespans in *Proceedings of the Third International Conference on Data Engineering*, 528-537.
- Petkovic, D. (2016). Temporal Data in Relational Database Systems: *A Comparison*. *World Conference on Information Systems and Technologies*.