

PEMELIHARAAN *COMMON ONTOLOGY* PADA *P2P* DENGAN VOTING DAN REPRESENTASI

Lintang Yuniar Banowosari¹⁾, I Wayan Simri Wicaksana²⁾

¹⁾ Ilmu Komputer Universitas Gunadarma,
Jl Margonda Raya 100, Depok, Indonesia
email : lintang@staff.gunadarma.ac.id

²⁾ Ilmu Komputer, Universitas Gunadarma - Universite de Bourgogne
Jl. Margonda Raya no.100, Depok 16424, Indonesia
Aile de l'ingeneieur, BP 47870, 21078 Dijon CEDEX, France
email : iwayan@staff.gunadarma.ac.id, iwayan@u-bourgogne.fr

Abstrak

P2P allows same common interest to develop a group which called clustering. The clustering refer to the similarity of concept as a result create overlay network on top of physical network, it is called Semantic Overlay Network (SON).

P2P has special characteristics as follows: dynamic (peer can joint or leave frequently), autonomy (format, content, model and part of data sharing is right of the peers).

Information interoperability at P2P considers utilize mediation approach. One model of mediation approach implements common ontology as sharing concept of the community, and local ontology as representation of local data provider peer.

As a dynamic environment of P2P, common ontology need to align or update to maintenance the sharing concept among dynamic community members. This paper addresses an approach to update common ontology at P2P environment.

Kata kunci :

ontologi, P2P, voting, ontology, semantic web, interoperabilitas, integrasi

1. Pendahuluan

Internet dan Web merupakan sumber informasi yang semakin lama semakin besar, hal ini memunculkan masalah dalam beberapa isu tentang sumber informasi yaitu : *massive* (sangat besar), terdistribusi, dinamis, dan *open*.

Menurut Sheth [3] terdapat dua kelompok keragaman yaitu: keragaman informasi dan keragaman sistem. Keragaman informasi menyebabkan munculnya perbedaan dari sistem informasi. Perbedaan bisa terjadi pada tingkat sintaktis, struktur, dan semantik. Untuk mengatasi keragaman tersebut beberapa pendekatan telah dilakukan, salah satunya adalah dengan

menggunakan pendekatan interoperabilitas semantik yang digabungkan dengan *P2P*.

P2P memungkinkan terjadinya pembentukan komunitas yang memiliki kesamaan *interest*. Dengan terbangunnya *group* ini maka perbedaan semantik dapat dikurangi. Model ini kerap disebut dengan *Semantic Overlay Network (SON)*. Tetapi pendekatan ini belum memadai sehingga tetap memerlukan jembatan dengan memanfaatkan pendekatan mediasi semantik yang didukung oleh ontologi.

Penggunaan ontologi dan *P2P* telah semakin berkembang dalam beberapa tahun terakhir ini. Karena manajemen pengetahuan dan konten dalam *P2P* arsitektur lebih mudah dilakukan dibandingkan dengan sistem terbuka penuh.

Pada model *P2P*, ontologi kerap diasumsikan sudah terbentuk sebelumnya. Tetapi dalam menghadapi lingkungan yang dinamis pada *P2P*, ontologi yang sudah terbentuk kerap tidak lagi memenuhi konsep dari anggota komunitas. Sehingga diperoleh sebuah pendekatan khusus untuk pemeliharaan ontologi pada lingkungan *P2P*.

Pada paper ini diusulkan sebuah pendekatan untuk pemeliharaan ontologi. Pendekatan akan menggabungkan pendekatan dari voting dan integrasi ontologi dari anggota komunitas. Voting yang dilakukan adalah juga mengacu kepada representasi dalam menanggapi aktifitas *query* dari anggota komunitas, sehingga setiap anggota tidak memiliki perwakilan yang sama dalam voting tersebut.

Pada bagian berikut akan diuraikan secara ringkas arsitektur *P2P* yang akan digunakan untuk pemeliharaan ontologi, serta latar belakang dari ontologi. Pada bagian 4 akan menjelaskan pendekatan voting dan representasi untuk pemeliharaan ontologi. Dan terakhir adalah penutup serta rencana ke depan.

2. Arsitektur *P2P*

Pengertian *P2P* sangat beragam, Milojick [1] mengumpulkan beberapa definisi, yang dapat

disimpulkan dalam karakter yang dimiliki oleh *P2P* sebagai berikut : berbagi, pertukaran langsung, mengorganisasi sendiri dan independen, node dapat menjadi *server* atau *client*, pengalamatan dan sistem koneksi yang independen.

Arsitektur *P2P* yang dibahas akan menggunakan *hybrid model* dengan *super peer (SP)*. *SP* akan menyimpan *common ontology (CO)* sebagai acuan atau *pivot* untuk kegiatan pertukaran informasi. Selama pertukaran informasi akan terjadi *agreement / mapping* antara sebagian *common ontology* dengan sebagian ontologi lokal di *peer* yang memiliki sumber informasi (*provider peer / PP*). Semakin tinggi tingkat *agreement* maka tingkat akurasi pertukaran informasi semakin baik. Untuk meningkatkan tingkat *agreement* salah satunya adalah dengan memelihara *common ontology*.

Model pertukaran informasi pada *P2P* seperti di atas adalah dengan menggunakan pendekatan mediasi semantik. Pada mediasi semantik akan diperlukan beberapa komponen sebagai berikut :

- Lokal Konteks, terdiri dari :
 - Data lokal yang terdapat pada *PP* dan yang akan digunakan secara bersama oleh komunitas, dapat dalam bentuk data relational atau XML.
 - Skema ekspor di *PP* akan merepresentasikan lokal data untuk publik. Skema ekspor ini kerap juga disebut dengan ontologi lokal.
 - *Wrapper* adalah sarana untuk menjembatani antara skema ekspor ke/dari lokal data. *Wrapper* bukan saja digunakan untuk merubah format data, tetapi juga representasi data, *query*, dan respon.
- Komunitas Konteks
 - *Common ontology (CO)* adalah merupakan representasi konsep dari komunitas. *CO* memegang peranan sangat penting untuk referensi dari anggota komunitas. *CO* diletakkan di *SP*.
- Pemetaan Konteks
 - *Agreement* atau pemetaan adalah merupakan hal penting untuk dapat terjadinya pertukaran informasi antara *peer* anggota dari komunitas. *Agreement* merupakan pemetaan dari skema ekspor ke *common ontology* dan disimpan pada *PP*. *Agreement* akan terdiri dari subset secara *agreement unit*, dan dinyatakan dalam model :

$$AU = \langle LO, CO, LC \rangle \quad (1)$$
 dimana :
 - AU* : *agreement unit*
 - LO* : ontologi lokal
 - CO* : *common ontology*
 - LC* : pemetaan local ke *common ontology*

Dari tiga konteks di atas jelas *common ontology* memegang peranan sangat penting untuk

tingkat keberhasilan pertukaran informasi dalam sebuah komunitas *P2P*.

3. Konsep Ontologi

Pengertian ontologi sangat beragam, dari definisi Benjamins [4]: “Sebuah Ontologi merupakan definisi dari pengertian dasar dan relasi vokabulari dari sebuah area sebagaimana aturan dari kombinasi istilah dan relasi untuk mendefinisikan vokabulari”.

Gruber [5] memberikan definisi yang banyak diacu, yaitu “Ontologi merupakan sebuah spesifikasi eksplisit dari konseptualisme”. Guarino dan Giaretta pada 1995 mengumpulkan tujuh definisi yang berkoresponden dengan *syntactic* dan *semantic*. Pada 1997, Borst melakukan modifikasi dari definisi Gruber dengan mengatakan “Sebuah ontologi adalah spesifikasi formal dari sebuah konseptual yang diterima (*share*)”.

Sebuah ontologi dijelaskan dengan menggunakan notasi dari konsep, *instances*, relasi, fungsi, dan aksiom [2].

- Konsep dapat pula merupakan penjelasan dari tugas, fungsi, aksi, strategi, dan sebagainya.
- Relasi merupakan representasi sebuah tipe dari interaksi antara konsep dari sebuah domain. Secara formal dapat didefinisikan sebagai subset dari sebuah produk dari n set, $R: C_1 \times C_2 \times \dots \times C_n$, contoh : *subclass-of* dan *connected-to*.
- Fungsi adalah sebuah relasi khusus dimana elemen ke n dari relasi adalah unik untuk elemen ke $n-1$. $F: C_1 \times C_2 \times \dots \times C_{n-1} \rightarrow C_n$, contoh : *Mother-of*.
- Aksiom digunakan memodelkan sebuah *sentence* yang selalu benar.
- *Instances* adalah digunakan untuk merepresentasikan elemen.

Tujuan ontologi adalah menangkap pengetahuan dari sebuah domain dan disajikan secara generik dan memberikan kesamaan pandangan dan pemahaman dari domain tersebut.

Pemakaian ulang ontologi adalah salah satu isu penting dalam bidang ontologi. Pada pemakaian ulang ontologi ada dua proses yang kerap menimbulkan salah pengertian, yaitu penggabungan (*merge*) dan penyatuan (*integration*). Penggabungan adalah membentuk sebuah ontologi dari beberapa ontologi pada domain yang sama. Penyatuan adalah ontologi pada sebuah domain dengan menggabungkan beberapa ontologi dari beberapa domain.

Pada integrasi akan terjadi proses agregasi, kombinasi, *asembling* dengan melalui ekstensi, pengkhususan atau adaptasi.

4. Metode Pemeliharaan *Common ontology*

Pada bagian ini akan dibahas dua hal, pertama mengenai proses dasar untuk pengembangan hingga pemeliharaan ontologi. Kemudian pendekatan

khusus pemeliharaan *common ontology* yang diperlukan untuk mediasi semantik di *P2P*.

4.1. Proses Pembuatan Ontologi

Proses pembuatan ontologi melalui sebuah tahapan *life cycle*. Proses pada ontologi belum sematang pada proses pengembangan perangkat lunak secara umum. Salah satu pendekatan pengembangan ontologi dari Fernandez [6] akan melalui tahapan :

- Spesifikasi, pada tahap ini adalah mendefinisikan tujuan dibuatnya sebuah ontologi.
- Konseptualisasi, ontologi yang dibuat harus memenuhi spesifikasi tertentu dari tahap sebelumnya.
- Formalisasi, proses ini akan melakukan transformasi dari diskripsi konsep ke tingkat model formal.
- Implementasi, level ini akan membawa ontologi ke bentuk bahasa representasi pengetahuan.
- Pemeliharaan, untuk pemeliharaan atau pengkinian pada implementasi.

Integrasi ontologi akan terlibat dalam proses pembuatan ataupun pemeliharaan ontologi. Aktifitas integrasi ontologi akan melalui proses sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi kemungkinan untuk melakukan integrasi.
2. Mengidentifikasi kan modul apakah dalam sebuah ontologi dapat dibagi kedalam berbagai modul.
3. Mengidentifikasi asumsi dan komitmen ontologi dari setiap modul di langkah 2.
4. Mengidentifikasi pengetahuan apa yang akan di representasikan pada setiap modul.
5. Mengidentifikasi kandidat ontologi yang dapat digunakan pada setiap modul
6. Mengambil kandidat ontologi yang memenuhi persyaratan. Pada tingkat ini yang diperhatikan bukan saja tingkat pengetahuan atau representasi, tapi juga dokumentasi. Dalam mempelajari kandidat teknologi akan melalui evaluasi teknis dan penilaian pengguna. Pemilihan sumber informasi ontologi juga perlu dipilih untuk mendapatkan sumber ontologi yang tepat.
7. Mengintegrasikan pengetahuan, dalam proses integrasi akan melalui pula proses analisis hasil integrasi.

Pemilihan sumber dan kandidat ontologi akan mengacu kepada bebeapa kriteria utama seperti :

- Kelengkapan representasi
- Memilih sumber yang paling representatif

Menganalisa kandidat ontologi akan memperhatikan hal :

- Pengetahuan apa yang hilang (konsep, klasifikasi, relasi, dsb).
- Pengetahuan apa yang harus dihilangkan?
- Adakah pengetahuan yang perlu direlokasi?

- Apakah terminologi, definisi perlu dilakukan perubahan?

Dari proses integrasi di atas, pada pendekatan kami akan menitik beratkan pada isu:

- Bagaimana memilih sumber dan kandidat ontologi?
- Bagaimana menganalisa kandidat ontologi untuk *common ontology*?

Secara detail dua permasalahan di atas akan diuraikan pada sub-bagian berikut.

4.2. Voting dan Representasi

Lokal ontologi adalah dapat dalam berbagai model, seperti '*data dictionary*', *ER* diagram, *RDF* sampai dengan ekspresi matematika logik. Permasalahan dalam pemilihan kandidat ontologi dan sumbernya adalah berarti memilih *provider peer* mana yang akan digunakan untuk memelihara *common ontology* di *super peer*. Disertai dengan memilih komponen skema ekspor dari *provider peer* yang bersangkutan yang akan digunakan.

Pendekatan voting adalah dilandasi dari OntoVote yang digabungkan dengan pendekatan umum integrasi ontologi. Voting yang dimaksud adalah tidak berbeda dengan voting umum yang terjadi pada kehidupan sosial. Yaitu kita memilih berdasarkan anggota *provider peer* mana yang paling sering menerima *query*. Representasi adalah menggambarkan provider mana yang memberikan respon *query* yang memenuhi keinginan dari *request peer*. Hal ini diambil berdasarkan protokol komunikasi pada arsitektur *P2P* yang kami bahas.

Protokol komunikasi *P2P* akan mengikuti bentuk sebagai berikut :

- **Pengiriman query**, RP melakukan penulisan *query* berdasarkan *view* dari CO dan mengirimkan *query* ke *cluster* atau komunitas, Model routing dari *query* menuju *provider peer* dapat terjadi dalam bentuk '*broadcast*' atau '*selected*' atau '*on-half*'. Broadcast adalah pengiriman *query* ke semua anggota komunitas, *selected* adalah pengiriman *query* ke *provider peer* yang telah dipilih oleh *request peer* berdasarkan kriteria tertentu, dan *on-half* adalah *query* yang dikirim terlebih dahulu ke *super peer* baru kemudian *super-peer* menentukan dengan mekanisme tertentu untuk dilanjutkan ke *provider peer*. Pada pendekatan ini akan lebih sesuai untuk model '*selected*' dan '*on-half*', karena bisa dibuat mekanisme untuk mencatat lalu lintas *query* di komunitas. Pengumpulan informasi *query* dari RP di SP dapat di catat dalam *tuple* Q_{RP} sebagai berikut :

$$Q_{RP} = \langle m_{ID}, Time, Q, RP_{addr}, PP_{addr} \rangle \quad (2)$$

dimana :

m_{ID} adalah ID unik yg dibangkitkan oleh SP,
Time adalah waktu terjadinya pengiriman *query*,
Q adalah *query* yang dikirim,
 RP_{addr} adalah alamat dari *peer* pengirim *query*.
 PP_{addr} adalah alamat tujuan ke *provider peer*

- **Negosiasi query**, pengiriman sebuah *query* kepada *provider peer* kerap terjadi masih adanya perbedaan persepsi walau telah melalui *common ontology*. Karena *common ontology* adalah dibuat secara umum dan bertahap, sehingga hampir tidak mungkin memenuhi persepsi semua anggota komunitas (lokal ontologi). Dengan mencatat seringnya terjadi sebuah negosiasi maka kita dapat mengetahui bahwa lokal ontologi dari *provider peer* yang bersangkutan perlu di adakan penyesuaian. Penyesuaian dapat terjadi pada lokal atau *common ontology*. Tapi pada kasus ini yang akan didiskusikan adalah untuk perubahan di *common ontology*.

Perlu dibuat sebuah mekanisme untuk setiap negosiasi agar dapat di catat pada *super peer*, walau ini memerlukan beban proses komputasi dan jalur komunikasi. Nogosiasi akan dicatat dalam tuple sebagai berikut :

$$Q_{neg} = \langle m_{ID}, Time, Neg, RP_{addr}, PP_{addr} \rangle \quad (3)$$

dimana :

m_{ID} adalah ID unik yg dibangkitkan oleh SP untuk negosiasi,

Time adalah waktu terjadinya proses negosiasi,

Neg adalah hasil negosiasi yang dilakukan,

RP_{addr} adalah alamat dari *peer* pengirim *query*.

PP_{addr} adalah alamat tujuan ke *provider peer*

- **Respon query**, pada saat sebuah PP memberikan respon kepada sebuah *query* dari sebuah RP, RP akan memberikan umpan balik ke SP tentang respon yang diberikan RP memenuhi kebutuhan atau tidak dan dinyatakan dalam bentuk sebuah tupel :

$$RP_{resp} = \langle m_{ID}, RP_{addr}, PP_{addr}, Hsl \rangle \quad (4)$$

dimana :

m_{ID} adalah ID unik sama nilainya dengan persamaan 2,

RP_{addr} adalah alamat dari *peer* pengirim *query*.

PP_{addr} adalah alamat tujuan ke *provider peer*

Hsl adalah hasil penilaian dari RP terhadap jawaban yang diberikan oleh PP. Untuk awal kami lakukan hanya ada dua pilihan, yaitu memuaskan dan tidak memuaskan.

Dari proses protokol komunikasi diatas, maka perhitungan voting dan representasi *common ontology* akan melalui tahap sebagai berikut. Setelah selang beberapa T waktu, misalkan 3 bulan, maka di SP akan melakukan mekanisme perhitungan dengan melakukan *link* antara Q_{RP} , Q_{neg} dan RP_{resp} dengan *link* m_{ID} . Dengan hasil perhitungan ini nilai *hit* terhadap RP dan komponen di dalamnya dapat diketahui, yaitu:

- PP mana yang paling sering menerima *query*
- PP mana yang paling sering melakukan negosiasi
- PP mana yang paling sering memberikan jawaban memuaskan

Dari hasil di atas dapat dilakukan ranking berdasarkan tiga kriteria tersebut. Analisis dapat dilakukan dengan beberapa kemungkinan dengan contoh sebagai berikut :

- Sebuah PP mendapatkan *query* dalam jumlah tinggi tetapi tingkat negosiasi dan kepuasan respon rendah. Hal ini bisa disebabkan karena penggunaan representasi local ontologi atau skema ekspert yang tidak sesuai. Bisa juga disebabkan pada waktu proses pendaftaran di *super peer* memberikan meta data yang kurang tepat. Dalam kondisi ini *super peer* sebaiknya memberikan informasi ke PP yang bersangkutan untuk memperbaikinya. Tujuannya adalah untuk mengurangi beban jaringan karena pengiriman *query* yang selalu gagal.
- Sebuah PP mendapatkan negosiasi dengan jumlah besar tetapi keberhasilan memberikan respon yang memadai rendah. Pada kasus ini adalah perlu dilakukan analisis rendahnya kualitas respon karena *common ontology* yang perlu diperbaiki, atau terjadinya ketidak sesuaian pada wrapper untuk membawa *query* dari level konsep ke level data.
- Sebuah PP memberikan respon dengan jumlah yang banyak, tetapi negosiasi adalah rendah. Pada PP seperti ini berarti telah terjadi kesesuaian konsep sehingga PP ini tidak perlu sebagai kandidat ontologi untuk masukan dalam pemeliharaan *common ontology*.

Dari hasil perhitungan *hit* terhadap jumlah *query*, negosiasi dan respon, maka pemilihan ontologi lokal dari *provider peer* bisa dipilih untuk memperbaiki Langkah urutan proses perhitungan akan melihat kepada :

- PP mana yang paling banyak melakukan negosiasi (voting), ini menunjukkan pada PP ada ketidak sesuaian baik terhadap *common ontology* atau anggota komunitas.
- Dari PP di atas mana yang paling banyak menerima *query* (voting), ini menunjukkan 'popularitas' dari *provider peer* yang bersangkutan.
- Dari PP di atas mana yang paling dapat memberikan jawaban memuaskan (representasi). Dalam hal ini akan dipilih dari PP yang kurang bisa memberikan jawaban memuaskan berarti merupakan kandidat sebagai masukan dalam penyempurnaan *common ontology*.

Dari nilai di atas dapat dikatakan bahwa jumlah *query* akan lebih besar atau sama dengan jumlah negosiasi. Jumlah *query* akan lebih besar atau sama dengan jumlah respond yang memuaskan. Tetapi hubungan antara jumlah negosiasi dan jumlah respond yang memuaskan tidak dapat didefinisikan secara pasti.

Proses di atas adalah untuk menghindari terjadinya kesalahan pemilihan kandidat PP yang hanya mengacu kepada besarnya jumlah dalam menerima *query* dan negosiasi. Dengan ditambahkan perhitungan PP yang memberikan respon yang benar, ini akan merupakan representasi dari PP yang 'bertanggung jawab' terhadap komunitas dalam

penyediaan sumber informasi. Karena untuk mengambil skema ekspor dari semua *provider peer* di komunitas adalah sangat sulit karena dinamisnya jaringan.

Pada pendekatan ini, baru dapat di atasi untuk pemilihan kandidat ontologi dan *provider peer* sebagai masukan dalam pemeliharaan *common ontology*. Tahap untuk analisis dan integrasi masih memerlukan ekspert pada domain yang bersangkutan. Perlu dikembangkan metoda dan *tool* untuk melakukan analisis menjadi lebih otomatis sehingga mengurangi ketergantungan terhadap ekspert.

Pendekatan di atas sedang kami uji cobakan pada model untuk integrasi sistem akademik. Karena setiap institusi akademik akan memiliki model atau local ontologi yang berbeda, dan sering berubah karena peraturan, kebutuhan akademis dan sebagainya. Sehingga *common ontology* perlu disesuaikan, karena pada sisi lokal ontologi sulit diubah karena ini adalah otonomi dari sumber informasi.

5. Kesimpulan

Untuk mengurangi terjadinya *loss information* pada interoperabilitas di lingkungan *P2P* dengan mediasi semantik, perlu diadakan pemeliharaan *common ontology*. Pada penulisan ini kami telah mengemukakan sebuah metode pemeliharaan *common ontology* pada *P2P* berdasarkan voting dan representasi. Pendekatan dengan melakukan pemeliharaan *common ontology* melalui integrasi dari ontologi lokal dari semua anggota komunitas adalah sulit dilakukan. Karena pada *P2P* keanggotaan bersifat dinamis dan otonomi.

Dengan voting dapat diketahui kandidat ontologi lokal (*provider peer*) yang bisa sebagai masukan, tetapi langkah voting tidak memadai. Sehingga perlu ditambahkan dengan representasi yang merupakan perhitungan nilai kesuksesan respon dari *query*. Ini merupakan kontribusi penelitian kami dalam memilih *provider peer* dan ekspor skema sebagai lokal ontologi untuk masukan memelihara *common ontology*.

Untuk ke depan, akan dilakukan pengembangan untuk evaluasi kandidat ontologi dan integrasinya. Selanjutnya, direncanakan untuk membawa pendekatan ini pada prototipe yang berdasarkan kepada generik *P2P platform*. Serta basis data akan berdasarkan XML dan representasi dari ontologi akan menggunakan RDFS atau OWL.

Daftar Pustaka

- [1] D. Milojick, etc., "Peer-to-Peer Computing," 2002
- [2] N. Guarino, "Formal Ontology in Information Systems.", Proceedings of FOIS'98, Trento, Italy, 6-8 June 1998. Amsterdam, IOS Press, pp. 3-15.
- [3] Amit P Sheth, "Changing Focus On Interoperability In Information Systems: From System, Syntax, Structure, To Semantics," MITRE, Dec 3rd, 1998
- [4] R. Benjamins, Assunción Gómez-Pérez, "Knowledge System Technology: Ontologies and Problem Solving Methods", 2000, 15th May 2004, www.swi.psy.uva.nl/usr/richard/pdf/kais.pdf

[5] T. R. Gruber, "A translation approach to portable ontologies", Knowledge Acquisition, 5(2):199-220, 1993

[6] Mariano Fernandez, Asuncion Gomez-Perez, Alexandro Pazos Sierra, dan Juan Pazos Sierra, "Building a Chemical Ontologi Using MENTHONTOLOGY and the Ontology Design Environment," IEEE Expert (Intelligent Systems and Their Applications), 14(1):37-46, 1999

Lintang Yuniar Banowosari, memperoleh S.Kom dari Univesitas Gunadarma, Jakarta pada tahun 1992 dan gelar M.Sc (*Computer Science*) dari *Asian Institue of Technology* (AIT) Bangkok pada tahun 1994. Sejak tahun 2003 terdaftar sebagai mahasiswa S3 Ilmu Komputer Universitas Gunadarma. Saat ini sebagai staf pengajar di Univesitas Gunadarma Jakarta.

I Wayan Simri Wicaksana, mendapatkan gelar S.Si dalam bidang Fisika di Universitas Indonesia, Jakarta pada 1988. Pendidikan S2 dilakukan di Univesity of Technology Swinburne, Melbourne Australia dengan mendapatkan gelar M.Eng (CIM) pada 1992. Sejak awal 2003 terdaftar sebagai mahasiswa Doktorat Ilmu Komputer di Univesitas Gunadarma, Jakarta dan sejak akhir 2004 terdaftar sebagai mahasiswa Doktorat Informatik di Univesité de Bourgogne, Dijon Perancis. Selain sebagai staf tetap di Univesitas Gunadarma, juga terlibat pada berbagai proyek pemerintah dan swasta sebagai konsultan TI. Anggota dari Ikatan Profesi Komputer Indonesia (IPKIN), Kelompok Pengguna Linux Indonesia (KPLI) Jakarta dan Tim Pandu.