

PEMODELAN SISTEM IMUN DENGAN PENDEKATAN BERBASIS AGEN

by Dr.ayi Purbasari. St.,mt. Turnitin Paper -publikasi 3

Submission date: 18-Oct-2021 02:17PM (UTC+0700)

Submission ID: 1676935029

File name: 3._Pemodelan_Sistem_Imun_dengan_Pendekatan_Berbasis_Agen.pdf (23.95M)

Word count: 5223

Character count: 33244



Proceedings

Konferensi Nasional Sistem Informasi (KNSI)

2013

ISBN 978-602-17488-0-0

14-15 Pebruari 2013



STMIK BUMIGORA MATARAM



STMIK BUMIGORA MATARAM

Jl. Ismail Marzuki Mataram Lombok
Telp. 0370-634498, Fax. 0370-638369
www.stmikbumigora.ac.id



Dipublikasikan Tahun 2013 oleh :

**STMIK BUMIGORA MATARAM
Mataram-Indonesia**

ISBN : 978-602-17488-0-0

Panitia tidak bertanggung jawab terhadap isi paper dari peserta.

PROCEEDINGS
KONFERENSI NASIONAL SISTEM INFORMASI 2013

Ketua Editor
Agus Pribadi, S.T., M.Sc

Sekretaris Editor
Ir. Bambang Krismono Triwijoyo, M.Kom.

Anggota Editor
M.Yunus, S.Kom.
Ahmad Asril Rizal, S.Si.

KOMITE KNSI 2013

STEERING COMMITTEE

- Kridanto Surendro, Ph.D
- Dr. Rila Mandala
- Dr. Husni S Sastramihardja
- Prof. Iping Supriana
- Dr. Ing. M. Sukrisno
- Dyah Susilowati, M.Kom.

PROGRAM COMMITTEE

- Kridanto Surendro, Ph.D (ITB)
- Dr. Rila Mandala (ITB)
- Dr. Husni Setiawan Sastramihardja (ITB)
- Prof. Jazi Eko Istiyanto, Ph.D (UGM)
- Prof. Dr. Beny A Mutiara (Univ. Gunadarma)
- Retantyo Wardoyo, Ph.D (UGM)
- Agus Harjoko, Ph.D (UGM)
- Dra. Sri Hartati, M.Sc, Ph.D (UGM)
- Prof. Zainal A. Hasibuan, Ph.D (Univ. Indonesia)
- Dr. Djoko Soetarno (Univ. BINUS)
- Prof. Ir. Arief Djunaedi, M.Sc.,PhD (ITS)
- Prof. Dr. Ir. Joko Lianto Buliali, MSc (ITS)
- Dr. Ir. Agus Buono, M.Si., M.Kom (IPB)
- Dr. Ir. Sri Nurdiati, M.Sc (IPB)
- Prof. Dr. M. Zarlis, M.Sc (USU)
- Dr. Masayu Leylia Khodra (ITB)

TECHNICAL COMMITTEE

- Agus Pribadi, S.T., M.Sc
- Ria Rosmalasari Safitri, M.M.
- Ni Ketut Sriwinarti, S.E, M.Ak.
- Ir. Bambang Krismono Triwijoyo, M.Kom.
- Dadang Priyanto, M.Kom.
- Muhammad Nur, M.Hum.
- Raisul Azhar, S.T., M.T.
- Kartarina, S.Kom.
- Husain, S.Kom

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas perkenan-Nya, Konferensi Nasional Sistem Informasi (KNSI) tahun 2013 ini dapat diselenggarakan. KNSI 2013 merupakan event nasional tahunan yang diselenggarakan pertamakalinya pada tahun 2005 di Institut Teknologi Bandung (ITB). KNSI 2013 merupakan event ke sembilan yang diselenggarakan di Kampus STMIK Bumigora Mataram Lombok Nusa Tenggara Barat. Penyelenggaraan KNSI merupakan media para praktisi dan akademisi saling berbagi ide dan pengalaman baru tentang disiplin ilmu Sistem Informasi dan Teknologi Informasi. Topik-topik yang dibahas dalam konferensi diharapkan dapat membentuk masyarakat yang dapat menuntun perwujudan Sistem Informasi sebagai salah satu solusi memajukan Bangsa Indonesia. Kemajuan yang duharapkan mampu meningkatkan daya saing bangsa Indonesia di tingkat dunia.

KNSI 2013 diselenggarakan sebagaimana dua hal dasar penyelenggaraan, yaitu pertemuan ilmiah yang dipadukan dengan kegiatan pengenalan budaya dan wisata Indonesia. Penyelenggaraan KNSI yang digelar tahunan dan secara safari akan mampu untuk lebih mengenalkan aneka ragam khas, budaya dan wisata Indonesia utamanya kepada bangsa sendiri. Disamping merupakan media bertemunya para akademisi dan praktisi bidang Teknologi Informasi, KNSI juga mendukung program pemerintah dalam meningkatkan pengenalan dan kunjungan wisata Indonesia. Bangsa Indonesia harus mampu menjadi tuan rumah di negerinya sendiri dalam bidang wisata dan budaya.

Penyelenggaraan KNSI 2013 ini cukup diminati dari berbagai kalangan. Tentunya media temu ilmiah KNSI semakin diminati, dengan dijumpainya tidak sedikit peserta baru yang berbondong menghadiri temu ilmiah ini sebagai konferensi pertama yang peserta ikuti. Mengikuti KNSI dapat dipergunakan sebagai pengalaman untuk menapak dan sebagai pintu masuk untuk mengikuti konferensi atau temu ilmiah berikutnya. Peserta yang telah biasa mengikuti temu ilmiah serupa lain ataupun peserta KNSI yang menjadi langganan pada KNSI semuanya dapat berinteraksi dan berbagi pada *event* KNSI 2013 ini.

Akhirnya kami seluruh panitia konferensi berharap koleksi abstrak paper yang dimuat dalam *proceedings* KNSI 2013 ini akan dapat bermanfaat bagi semua masyarakat ilmiah maupun praktisi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang Sistem Informasi. Tidak lupa kami juga menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya KNSI 2013 kali ini serta diterbitkannya *proceedings* KNSI 2013.

Mataram, 22 januari 2013
Ketua Panitia Pelaksana

Agus Pribadi,S.T,M.Sc

SAMBUTAN KETUA STMIK BUMIGORA MATARAM

Yang terhormat para undangan, pembicara utama, pemakalah dan peserta Konferensi Nasional Sistem Informasi tahun 2013. Puji syukur kita panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena pada hari ini kita dapat berkumpul untuk bisa mengikuti acara pembukaan serta pemaparan ilmiah sebagai rangkaian kegiatan Konferensi kali ini, yang merupakan hasil kerjasama antara STMIK Bumigora Mataram dengan Departemen Teknik Informatika, Institut Teknologi Bandung selaku penggagas KNSI yang telah dirintis dan dilaksanakan untuk pertama kalinya pada tahun 2005 di ITB Bandung.

STMIK Bumigora merupakan perguruan tinggi komputer pertama di NTB yang berdiri pada tanggal 26 September 1987. STMIK Bumigora menyelenggarakan tiga program studi yaitu S1 Teknik Informatika, D3 Teknik Informatika dan D3 Manajemen Informatika. Seluruh program studi terakreditasi oleh BAN-PT. Pada tahun 2009 STMIK Bumigora telah memperoleh sertifikat ISO 9001:2008 untuk Penyelenggaraan Akademik Perguruan Tinggi.

Pada pelaksanaan konferensi kali ini dihadiri oleh lebih dari 350 peserta, baik peserta pemakalah maupun non pemakalah. Sebagian besar peserta pemakalah adalah akademisi dan praktisi, sementara non pemakalah terdiri dari kalangan birokrat dan pemerhati Sistem Informasi serta mahasiswa. Peserta berasal dari berbagai perguruan tinggi di Indonesia mulai dari kota di pulau Sumatra sampai kota di pulau Papua. Harapan kami, konferensi ini dapat menjadi ajang kegiatan pendalaman di bidang Sistem Informasi guna menunjang pembangunan bangsa Indonesia. Saya selaku Ketua STMIK Bumigora Mataram menyampaikan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah bekerja keras merencanakan dan melaksanakan konferensi kali ini, saya juga mohon maaf apabila di dalam persiapan maupun pelaksanaan rangkaian acara konferensi ini terdapat kekurangan.

Akhirnya kami mengucapkan selamat mengikuti konferensi semoga konferensi kali ini dapat berjalan dengan lancar, dan bagi peserta yang akan mengikuti paket wisata kami menyampaikan selamat datang di pulau Lombok, dan selamat menikmati keindahan alam budaya, tradisi serta kuliner khas Lombok.

Mataram, 22 Januari 2012
Ketua STMIK Bumigora Mataram

Dyah Susilowati, M.Kom

JADWAL ACARA KNSI 2013

HARI PERTAMA

Hari : Kamis, Tanggal : 14 February 2013

No	Waktu (WITA)	Acara			
1	08.00-08.30	Registration Peserta			
2	08.30-08.35	Pembukaan MC			
3	08.35-08.45	Tarian Pembukaan			
4	08.45-09.00	Sambutan Ketua Pelaksana KNSI 2013 (Agus Pribadi,S.T,M.Sc)			
	09.00-09.15	Sambutan Steering Committee KNSI			
5	09.15-09.30	Sambutan Ketua STMIK Bumigora Mataram (Dyah Susilowati,M.Kom)			
6	09.30-09.45	Opening spech, Walikota Mataram sekaligus membuka acara KNSI 2013.			
7	09.45-09.50	Doa			
8	09.50-10.30	Keynote Speaker Prof. Ir. Zainal Hasibuan, MLS, Ph.D (UI)			
9	10.30-11.00	Persiapan Parallel Session I			
10	11.00-12.45	Kelp. I R.Aula	Kelp. II R.Seminar	Kelp. III R.TC	Kelp. IV R.1TC
		Kelp. V R.LAB.JAR	Kelp. VI R.1TB	Kelp. VII R.1T	Kelp. VIII R.1M
		Kelp. IX R.1TA	Kelp. X R.2T	Kelp. XI R.2MA	Kelp. XII R.2MB
11	12.45-14.00	Ishoma /Persiapan Parallel Session II			
12	14.00-16.00	Kelp. I R.Aula	Kelp. II R.Seminar	Kelp. III R.TC	Kelp. IV R.1TC
		Kelp. V R.LAB.JAR	Kelp. VI R.1TB	Kelp. VII R.1T	Kelp. VIII R.1M
		Kelp. IX R.1TA	Kelp. X R.2T	Kelp. XI R.2MA	Kelp. XII R.2MB
13	16.00-16.30	Coffee Break / Persiapan Parallel Session III			
14	16.30-17.30	Kelp. I R.Aula	Kelp. II R.Seminar	Kelp. III R.TC	Kelp. IV R.1TC
		Kelp. V R.LAB.JAR	Kelp. VI R.1TB	Kelp. VII R.1T	Kelp. VIII R.1M
		Kelp. IX R.1TA	Kelp. X R.2T	Kelp. XI R.2MA	Kelp. XII R.2MB

Keterangan: Masing-masing peserta dialokasikan 15 menit untuk presentasi dan Tanya jawab.

HARI KEDUA

Hari : Jum'at, Tanggal : 15 February 2013

No	Waktu (WITA)	Acara			
1	08.00-08.30	Registration Peserta, Persiapan Parallel Session IV			
2	08.30-10.15	Kelp. I R.Aula	Kelp. II R.Seminar	Kelp. III R.TC	Kelp. IV R.1TC
		Kelp. V R.LAB.JAR	Kelp. VI R.1TB	Kelp. VII R.1T	Kelp. VIII R.1M
		Kelp. IX R.1TA	Kelp. X R.2T	Kelp. XI R.2MA	Kelp. XII R.2MB
3	10.15-10.30	Coffee Break /Persiapan Penutupan			
4	10.30-11.30	Penutupan			

Keterangan

Masing-masing peserta dialokasikan 15 menit untuk presentasi dan Tanya jawab.

HARI KETIGA

Hari : Sabtu, Tanggal : 16 February 2013

Pelaksanaan Paket Wisata One Day Tour

PANDUAN UNTUK PRESENTASI PEMBICARA

1. Presentasi dalam bahasa Indonesia.
2. Pembicara harus menyiapkan presentasinya dalam format Microsoft Power Point file (*.ppt or *.pptx).
3. File presentasi harus diserahkan pada Organizing Committee sebelum dimulainya presentasi.
4. Tiap paper hanya bisa dipresentasikan oleh satu orang pembicara. Jika pembicara ingin mewakilkan pada orang lain resentasinya, maka harus menghubungi panitia terlebih dahulu.
5. Pembicara harus menggunakan laptop yang disediakan oleh panitia.
6. Tiap pembicara mempunyai waktu 15 menit untuk mempresentasikan papernya termasuk waktu diskusi/Tanya jawab.
7. Panitia berhak mengakhiri waktu presentasi apabila sudah melebihi 15 menit.

Jadwal Presentasi

1	KNSI-380	ANALISA CLICKSTREAM BEHAVIOUR MELALUI KUALITAS WEBSITE TOKOBAGUS.COM VERSUS ERNIAGA.COM	DAMAYANTI OCTAVIA
2	KNSI-382	BPLAN-SUMM : SISTEM PERINGKASAN OTOMATIS KUMPULAN MAKALAH SESUAI KEBUTUHAN INFORMASI PENGGUNA	MASAYU LEYLIA KHODRA ¹ , DWI HENDRATWO WIDYANTORO ²
3	KNSI-383	PURWARUPA SISTEM ANALISIS SENTIMEN PADA MICROBLOG	YUDI WIBISONO ¹ , DWI HENDRATMO WIDYANTORO ²
4	KNSI-384	PENYARINGAN FILE EKSTENSION DAN PENGALOKASIAN BANDWIDTH SEBAGAI PEMBATASAN DOWNLOAD TRAFFIC	DIMAS ISMANUARDI ¹ , RINI HANDAYANI ²

SESI III, KELOMPOK XII, RUANG 2MB

NO	NO.REG	JUDUL MAKALAH	PENULIS
1	KNSI-385	PENGUKURAN KUANTITATIF BUSINESS VALUE INVESTASI ENTERPRISE RESOURCE PLANNING	DEWI PUSPASARI, ADHIAWAN SOEGIHARTO, ASYA BADEGES, KASFU HAMMI
2	KNSI-386	ANALISIS DAN DESAIN MODEL SISTEM E-RECRUITMENT PADA LEMBAGA PENGEMBANGAN KOMPUTERISASI	RIFIANA ARIEF ¹ , IHSAN JATNIKA ² , HUSTINAWATI ³
3	KNSI-388	ARCHITECTURE OF INTEGRATED INFORMATION SYSTEM (ARIS) SEBAGAI PEMODELAN SISTEM BAGI PERGURUAN TINGGI	YANUAR FIRDAUS ARIE WIBOWO ¹ , KUSUMA AYU LAKSITOWENING ²
4	KNSI-459	SISTEM PAKAR MENGGUNAKAN TEOREMA BAYES UNTUK PREDIKSI PENYAKIT TROPIS	RIKA ROSNELLY ¹ , RETANTYO WARDOYO ²

HARI KEDUA, JUM'AT 15 PEBRUARI 2013

SESI IV, KELOMPOK I, RUANG AULA

NO	NO.REG	JUDUL MAKALAH	PENULIS
1	KNSI-390	KNOWLEDGE MANAGEMENT SYSTEM PROSES AKADEMIK PADA STMIK SYAIKH ZAINUDDIN NAHDLATUL WATHAN ANJANI LOMBOK TIMUR	MARWAN HAKIM ¹ , SITI RUJA'AH ²
2	KNSI-392	SISTEM PENENTUAN METODE FORECAST DAN PERHITUNGAN FORECAST PENJUALAN	DARA KUSUMAWATI
3	KNSI-395	PEMODELAN PROSES BISNIS B2C DENGAN BPMN (STUDI KASUS: KONFEKSI PADA BARZAS CLOTHING)	SURYATININGSIH ¹
4	KNSI-396	PENGEMBANGAN FRAMEWORK PEMBANGKITAN PETA PENELITIAN UNTUK MENGGAMBARKAN POSITIONING RESEARCH SECARA OTOMATIS	AFRIDA HELEN, AYU PURWARIANTI, DWI HEDRATMO WIDYANTORO
5	KNSI-397	EVALUASI PROSES PEMBELAJARAN BERBASIS ANDROID UNTUK MATA KULIAH FISIKA DASAR	MUKHAMMAD RAMDLAN KIROM
6	KNSI-398	ADOPSI E-COMMERCE UNTUK KEBERLANJUTAN BISNIS DI SENTRA KAOS SURAPATI BANDUNG	YUHANA ASTUTI
7	KNSI-338	PENGLASIFIKASIAN DOKUMEN TEKS BERITA BERBAHASA INDONESIA MENGGUNAKAN IMPROVED K-NN	ACHMAD RIDOK, WIDIA NUR DIANA

SESI IV, KELOMPOK II, RUANG SEMINAR

NO	NO.REG	JUDUL MAKALAH	PENULIS
1	KNSI-399	PEMODELAN SISTEM IMUN DENGAN PENDEKATAN BERBASIS AGEN	AYI PURBASARI ¹ , IPING SUPRIANA S ² , OERIP S SANTOSO ³
2	KNSI-400	PEMILIHAN TESAUROS ONLINE BERBAHASA INDONESIA UNTUK TEMU KEMBALI INFORMASI	AHMAD THANTAWI ¹ , DETTY PURNAMASARI ² , LILY WULANDARI ³

Makalah Nomor: KNSI-390
PERANCANGAN KNOWLEDGE MANAGEMENT SYSTEM (KMS) PROSES
AKADEMIK PADA STMIK SYAIKH ZAINUDDIN NAHDLATUL WATHAN
ANJANI LOMBOK TIMUR
Marwan Hakim, Siti Ruja'ah

Nomor Makalah: KNSI-391
PENERAPAN FUZZY MULTI ATTRIBUT DECISION MAKING (FMACM) UNTUK
PEMILIHAN PEJABAT FUNGSIONARIS DI LINGKUNGAN PERGURUAN
TINGGI
Alfonsus Situmorang

Makalah Nomor: KNSI-392
SISTEM PENENTUAN METODE FORECAST DAN PERHITUNGAN FORECAST
PENJUALAN
Dara Kusumawati

Makalah Nomor: KNSI-395
PEMODELAN PROSES BISNIS B2C DENGAN BPMN (STUDI KASUS:
KONFEKSI PADA BARZAS CLOTHING)
Suryatiningsih

Makalah Nomor: KNSI-396
PENGEMBANGAN FRAMEWORK PEMBANGKITAN PETA PENELITIAN
UNTUK MENGGAMBARAKAN POSITIONING RESEARCH SECARA OTOMATIS
Afrida Helen, Ayu Purwarianti, Dwi Hedratmo Widyantoro

Makalah Nomor: KNSI-397
EVALUASI PROSES PEMBELAJARAN BERBASIS ANDROID UNTUK MATA
KULIAH FISIKA DASAR
Mukhammad Ramdhan Kirom

Makalah Nomor: KNSI-398
ADOPSI E-COMMERCE UNTUK KEBERLANJUTAN BISNIS DI SENTRA KAOS
SURAPATI BANDUNG
Yuhana Astuti

Makalah Nomor: KNSI-399
PEMODELAN SISTEM IMUN DENGAN PENDEKATAN BERBASIS AGEN
Ayi Purbasari, Iping Supriana S, Oerip S Santoso3

Makalah Nomor: KNSI-400
PEMILIHAN TESAUROS ONLINE BERBAHASA INDONESIA UNTUK TEMU
KEMBALI INFORMASI
Ahmad Thantawi, Detty Purnamasari, Lily Wulandari

Makalah Nomor: KNSI-401
MEMAKSIMALKAN KEMANAN SISTEM DENGAN KONSEP ENCRYPTION
DAN DEMILITARIES ZONE

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/259376310>

Makalah Nomor: KNSI-399 PEMODELAN SISTEM IMUN DENGAN PENDEKATAN BERBASIS AGEN

Conference Paper · February 2013

CITATIONS

0

READS

3,169

3 authors, including:



Ayi Purbasari
Universitas Pasundan

20 PUBLICATIONS 19 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Iping Supriana
Bandung Institute of Technology

283 PUBLICATIONS 377 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Paralel clonal selection algorithm [View project](#)



FACE RECOGNITION GENERIC TO SPECIFIC FEATURE REPRESENTATION AND RECOGNITION STRATEGY [View project](#)

Makalah Nomor: KNSI-399

PEMODELAN SISTEM IMUN DENGAN PENDEKATAN BERBASIS AGEN

Ayi Purbasari¹, Iping Supriana S², Oerip S Santoso³

^{1,2,3} Sekolah Tinggi Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia
[1pbasari@students.itb.ac.id](mailto:pbasari@students.itb.ac.id) [2iping@stei.itb.ac.id](mailto:iping@stei.itb.ac.id) [3oerip@stei.itb.ac.id](mailto:oerip@stei.itb.ac.id)

Abstrak

Dengan semakin matangnya peranan Artificial Immune System (AIS) dalam bidang rekayasa, membuat para peneliti AIS untuk kembali ke pemodelan sistem imun itu sendiri. Dalam konteks kerangka konseptual, pemodelan memainkan peran penting dalam pemahaman tentang aspek-aspek komputasi dari sistem kekebalan tubuh. Sebuah pemahaman mendalam dari sistem imun melalui penggunaan teknik pemodelan akan mengarah pada pengembangan rekayasa bio-inspired yang lebih kaya dan lebih efektif. Makalah ini berisi kajian literatur mengenai pemodelan untuk sistem Imun. Terdiri dari pemodelan matematis, berorientasi objek, dan khususnya berbasis agen. Penulis merekomendasikan pendekatan berbasis agen dengan pertimbangan kompleksitas sistem imun itu sendiri dan interaksi antar elemen sistem, sangat sesuai dengan pemodelan berbasis agen. Di sisi lainnya, pendekatan berorientasi objek, yang didukung oleh kakas pemodelan visual dengan Unified Modelling Language (UML), memiliki keunggulan dari sisi visualisasi juga ragam diagram yang dapat digunakan. Potensi menggabungkan keduanya menjadi *open issue* dan dapat dijadikan prospek kajian berikutnya.

Kata Kunci: *Pemodelan, Artificial Immune Sistem, Sistem Imun, Pemodelan Berbasis Agen, Pemodelan Berorientasi Objek*

1. Pendahuluan

Bio-inspired computing lahir mewarnai dunia komputasi dengan latar belakang inspirasi perilaku sistem biologi. Dari gagasan Algoritma Genetika, Jaringan Syaraf Tiruan[1], sampai dengan perilaku Swarm Intelligent seperti Koloni Semut, telah berkontribusi dalam solusi persoalan komputasi, termasuk juga komputasi yang terinspirasi dari Sistem Imun, Artificial Immune System. Dari gagasan [2] menjadi solusi rekayasa, AIS semakin memantapkan diri berperan dalam persoalan-persoalan optimasi, deteksi intrusi, dan domain lainnya. Dengan semakin matangnya peranan AIS dalam bidang rekayasa, membuat para peneliti AIS untuk kembali ke pemodelan sistem imun itu sendiri [3].

Dalam konteks kerangka konseptual, pemodelan memainkan peran penting dalam pemahaman tentang aspek-aspek komputasi dari sistem kekebalan tubuh. Sebuah pemahaman mendalam dari sistem imun melalui penggunaan teknik pemodelan akan mengarah pada pengembangan rekayasa bio-inspired yang lebih kaya dan lebih efektif. Akan terlahir solusi baru untuk persoalan ilmu komputer, atau setidaknya memberi cara baru dalam memandang persoalan.

Beberapa teknik pemodelan telah digunakan oleh peneliti di bidang *bio-inspired computing*,

khususnya bidang Artificial Immune System ini. Masing-masing beroperasi pada tingkat abstraksi yang berbeda-beda, dilengkapi dengan kelebihan dan kekurangannya.

Makalah ini akan menjelaskan berbagai pendekatan yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, dalam memodelkan Sistem Imun. juga mengusulkan prospek pemodelan yang lebih komprehensif.

Beberapa peneliti sudah melakukan pemodelan sistem imun agar menghasilkan inspirasi algoritma untuk penyelesaian persoalan-persoalan. Pendekatan pemodelan yang telah ada antara lain dengan pendekatan matematis. Akan tetapi, pemodelan berbasis agen (*Agent-Based Modeling*) dan pemodelan dengan pendekatan objek oriented (OO) semakin banyak digunakan oleh peneliti di bidang ini. Bagaimana pemetaan pemodelan berbasis agen dan pendekatan berorientasi objek ini? Bagaimana keuntungan dan kerugiannya?

Tujuan penelitian ini untuk mengkaji berbagai pendekatan pemodelan sistem imun dan mengusulkan prospek pemodelan yang memadai. Makalah ini disusun berdasarkan metodologi sebagai berikut:

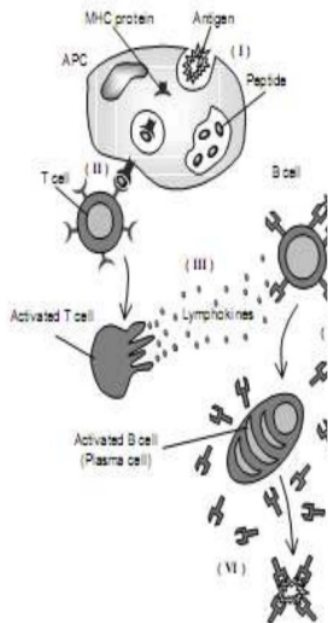
Study literatur Artificial Immune System (AIS) dan Sistem Imun itu sendiri, Review pemodelan yang sudah dilakukan peneliti sebelumnya, Usulan pemodelan dan prospektif, Penarikan kesimpulan

Artificial Immune System

Overview dari Sistem Imun

Sistem imun adalah suatu sistem kompleks dalam tubuh yang terdiri dari sel-sel serta produk zat-zat yang dihasilkannya, yang bekerja sama secara kolektif dan terkoordinir untuk melawan benda asing (patogen) seperti kuman-kuman penyakit atau racunnya, yang masuk ke dalam tubuh. Pada prinsipnya, sistem imun memiliki kemampuan untuk membedakan sel dari tubuh (disebut *self*) dan sel dari benda asing (disebut *non-self*). Antara *self* dan *non-self* dibedakan dengan penanda (marker) tersendiri yang akan dikenali oleh sistem imun. Elemen utama dalam sistem imun adalah antigen yaitu sesuatu yang dapat memicu respon imun. Antigen dapat berupa mikroba seperti virus, atau bagian dari mikroba tersebut. Elemen lain dari sistem imun adalah antibody yang akan dihasilkan oleh sistem imun ketika sistem menemukan benda asing (*nonself*) yang berasal dari antigen. Antibodi yang dihasilkan akan memiliki struktur yang bersesuaian dengan antigen yang memasuki tubuh [4].

Secara ringkas, sistem imun bekerja dalam gambaran sebagai berikut:



GAMBAR 66 CARA KERJA SISTEM IMUN [5]

Keterangan:

1. Antigen (Ag) memasuki tubuh.
2. APCs, *Antigen Presenting Cells*, yaitu elemen yang bertugas mengenali antigen, menjelajahi tubuh, mengenali antigen, dan menelan antigen tersebut serta memecahnya menjadi *antigenic peptide*
3. Potongan-potongan peptide ini bergabung ke *Major Histocompatibility Complex (MHC)*, yaitu molekul protein yang ada dalam tubuh, lalu mengangkat peptide tersebut ke permukaan sel.
4. *T-cell* atau Limfosit T, memiliki molekul reseptor yang mengenali perbedaan kombinasi peptide-MHC. *T-cell* diaktifkan dan mengeluarkan *lymphokine* atau sinyal kimia yang memobilisasi komponen lain dari imun sistem.

Limfosit B, yang juga memiliki molekul reseptor dengan permukaannya yang spesifik, merespon sinyal kimia tersebut. *B-cell* dapat mengenali bagian dari antigen tanpa molekul MHC. Ketika aktif, *B-cell* terbagi dan berubah menjadi sel plasma yang mengeluarkan protein antibodi yang merupakan bentuk pasangan dari reseptornya. Dengan terikat ke antigen yang ditemukan, antibodi dapat menetralsirnya atau mempersiapkan penghancurannya dengan enzim komplemen atau dengan *scavenging cell*.

Terlihat dari cara kerjanya, sistem imun merupakan sistem kompleks dengan banyak interaksi antar elemannya.

Algoritma Terinspirasi Sistem Imun

Terdapat tiga teori utama pada sistem imun yang mendasari lahirnya bidang Artificial Immune System, yaitu Teori Jaringan Imun (*Immune Network*) oleh Jerne pada tahun 1974, teori Negative Selection, teori Clonal Selection oleh Burnet pada tahun 1959. Teori jaringan imun menyatakan bahwa sel pembentuk antibody (yaitu sel B) membentuk suatu jaringan yang saling terhubung dalam rangka mengenali antigen (*non-self*). Sel-sel ini mengatur dirinya sendiri (*self-organized*) dengan menghilangkan dan sekaligus juga menstimulasi pembentukan sel dengan cara-cara tertentu yang mengarah kepada kestabilan jaringan.

Dua buah sel akan terhubung jika terdapat kemiripan yang melebihi nilai batas (*threshold*) tertentu. Teori Seleksi Negative menyatakan bahwa terdapat skema seleksi dimana sel yang mengenali dirinya sendiri (*self*) akan dihancurkan, sementara sel yang tidak mengenali *self* tersebut akan dimatangkan dan disebar ke seluruh tubuh untuk mengenali *non-self* dan menghancurkannya. Sel yang terseleksi dalam hal ini adalah Sel T dan

proses seleksi berlangsung di suatu tempat yang bernama Thymus. Sedangkan Teori Seleksi Clonal menyatakan bahwa terdapat skema seleksi dimana sel yang mengenali non-self akan dipertahankan dan mengalami proses klon melalui skema somatic hypermutation (mutasi dengan probabilitas tinggi). Sel yang diseleksi merupakan Sel B yang bertanggung jawab membentuk antibodi yang spesifik [1][2].

Berdasarkan teori sistem imun, AIS berkembang menjadi tiga kelompok besar, yaitu Negative Selection, Clonal Selection, dan Immune Network.

Pemodelan Sistem Imun

Bagian ini menyajikan gambaran tentang beberapa teknik pemodelan yang telah digunakan di dunia imunologi. Ada sejumlah cara di mana orang bisa memodelkan sistem kekebalan tubuh, dengan masing-masing pendekatan menawarkan perspektif yang berbeda. Terdiri dari pendekatan matematis, pendekatan berbasis agen, pendekatan beorientasi objek.

Pemodelan Matematis

Pemodelan matematis untuk sistem imun telah dilakukan oleh beberapa peneliti yang dapat dilihat pada tabel rangkuman berikut ini [6]:

TABEL 16 PENDEKATAN PEMODELAN MATEMATIS

Pendekatan Pemodelan	Kelengkapan	Kekurangan
Ordinary differential equations (ODE)	Efisien dalam komputasi, menggambarkan sistem kompleks secara elegan, analisis matematis yang sederhana dan mudah diformulasi	Tidak dapat menangkap dinamika spasial atau efek stokastik
Delay differential equations	Dapat menangkap feedback yang tertunda, Efisien dalam komputasi	Tidak dapat menangkap dinamika spasial atau efek stokastik
Partial differential equations	Dapat menangkap dinamika spasial dan perilaku berbasis usia (age-based behavior)	Membutuhkan kemampuan komputasi yang tinggi, analisis matematis yang kompleks
Stochastic differential equations	Dapat menangkap efek stokastik	Membutuhkan kemampuan komputasi yang tinggi, Analisis matematis yang sulit

Pemodelan dengan matematis merupakan pemodelan yang dapat digunakan dalam menggambarkan sistem imun, tetapi dengan keterbatasan tidak dapat menangkap dinamika spasial. Jika diperlukan efek stokastik, maka analisis matematis akan sulit dan membutuhkan komputasi yang tinggi.

Pemodelan Berbasis Agen

Agen

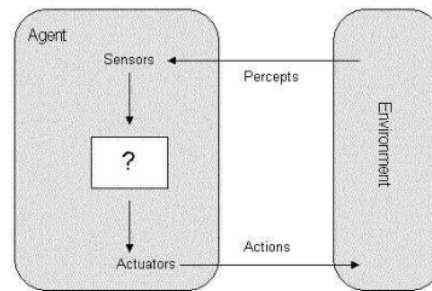
Pada dasarnya, agen adalah segala sesuatu yang mempersepsikan lingkungannya melalui sensor-sensor dan beraksi terhadap lingkungannya melalui serangkaian aksi. [7]

Agens dapat berupa manusia, robot, *softbots*, termostat atau apapun juga. Dalam konteks komputasi, agen didefinisikan sebagai berikut:

“software agents are program that engage in dialog and coordinate transfer of information”.

An agent is a software, a hardware or (more usually) software-based computer system that enjoys the autonomy, social ability, reactivity and pro-activities”

Berikut gambaran agen dan lingkungannya:



GAMBAR 67 AGEN DAN LINGKUNGANNYA [7]

Pemodelan berbasis agen

Pemodelan berbasis agen, atau *Agent Based Modelling (ABM)* merupakan kelas model komputasi untuk mensimulasikan tindakan dan interaksi dari agen otonom (entitas baik individu atau kolektif seperti organisasi atau kelompok) dengan maksud untuk menilai pengaruhnya terhadap sistem secara keseluruhan. [6]

Konsep ini mengacu pada filosofi pemodelan yang berbeda dari yang digunakan dalam sistem persamaan diferensial. Pertama-tama, ABM mengelola agen diskrit dan agen yang dibedakan, seperti sel-sel individual atau molekul terisolasi, tidak seperti persamaan diferensial, yang

berhubungan dengan populasi kolektif, seperti kepadatan sel. Selain itu, ABM mudah memungkinkan untuk memperhitungkan ketidakpastian probabilistik, atau *stochasticity*, dalam interaksi dunia biologi. Sebagai contoh, dalam sebuah ABM stokastik, agen individu hanya mengubah status atau lokasi pada probabilitas tertentu dan bukan dengan mengikuti proses deterministik. Akhirnya, seperti pada PDEs, kebanyakan ABM mempertimbangkan gerakan agen melalui ruang.

Secara umum, dalam membangun sebuah ABM untuk mensimulasikan fenomena tertentu, kita perlu mengidentifikasi pelaku pertama (agen) dan proses (aturan) yang mengatur interaksi antara agen. Berikut hal-hal yang harus dipertimbangkan dalam membangun ABM:

Agan memiliki keadaan internal (atribut, data). *State* ini dapat diwakili oleh variabel diskrit atau kontinu.

Dengan variabel dari state agen tersebut, perilaku agen dapat direpresentasikan sebagai sebuah *state-determined automata* (atau *finite state machine*), dimana sebuah transisi state muncul ketika agen berinteraksi dengan agen lainnya.

Aplikasi ABM yang lebih canggih memerlukan *random-access memory* untuk menyimpan deskripsi dan representasi dari lingkungan mereka. Juga untuk berbagi pengetahuan antar anggota dari kumpulan agen yang khusus. Status atau aksi selanjutnya tidak hanya tergantung dari state sebelumnya tetapi juga tergantung juga kepada *random-access memory* yang stabil yang menyimpan nilai yang sama sampai dengan dia diakses dan tidak berubah dikarenakan adanya interaksi antara agen dan lingkungannya.

Interaksi agen dapat terdiri dari:

- o Interaksi global (setiap agen berinteraksi dengan setiap agen lainnya);
- o interaksi lokal (setiap agen hanya berinteraksi dengan lingkungan lokal agen lainnya);
- o lokal interaksi dengan beberapa tingkat jangkauan global.

Perilaku agen 'ditentukan oleh aturan. Aturan-aturan ini berkisar dari *first order predicate logic* sederhana sampai dengan algoritma yang terdiri dari ribuan baris kode.

Pada dasarnya, model yang telah dibangun dengan pendekatan berbasis agen, akan disimulasikan untuk melihat perilaku sistem berdasarkan model tersebut. Terdapat beberapa kakas untuk pemodelan berbasis agen, khususnya untuk pemodelan sistem biologi. Kakas tersebut antara lain:

NetLogo, digunakan untuk *Social and natural sciences*; dan dapat membantu user pemula untuk memulai modelnya sendiri. License untuk NetLogo bersifat GPL. Menggunakan bahasa pemrograman NetLogo yang berjalan di Java Virtual Machine (JVM) versi 5 ke atas. NetLogo dilengkapi dengan dokumentasi, FAQ, referensi, tutorial, ekstensi pihak ketiga, daftar kecacatan, dan mailing lists.

Repast, digunakan untuk *Social sciences*. Berjalan di atas platform BSD, menggunakan bahasa Java untuk RepastS, RepastJ; bahasa Python (untuk RepastPy); Visual Basic, .Net, C++, J#, C# (untuk Repast.net). Berjalan di atas Java 1.4, dan a 1.3 untuk Mac OS X. Untuk menjalankan dan mendemonstrasikan simulasi, dibutuhkan Java Runtime Environment untuk (RepastS, RepastJ); *platform independent* (untuk RepastPy); Windows (untuk Repast.net). Repast dilengkapi dengan dokumentasi,, mailing list, daftar cacat, makalah referensi, kakas eksternal, tutorial, FAQ, dan contoh-contoh.

Pemodelan sistem imun berbasis agen

Berikut beberapa contoh penggunaan ABM untuk sistem imun [6]:

TABEL 17 ABM UNTUK SISTEM IMUN

Penggagas	Model
Catron	Interaksi T-cell dengan sel Dendrit
Scherer	Kompetisi T-cell terikat ke binding site dari APC
Figge	Migrasi B cell dari germinal center ke lymph node
Casal	T cell <i>scanning</i> ke permukaan APC

Keuntungan utama dari pemodelan berbasis agen adalah kemampuan untuk menjelaskan ketidakpastian probabilistik dan keragaman individu dalam populasi yang besar.

Kesulitan utama adalah, di sisi lain, kompleksitas komputasi besar yang menyertai model canggih., ABM kebanyakan memerlukan waktu yang lama, bahkan sehari-hari, untuk melakukan satu simulasi, sedangkan model deterministik dapat dievaluasi secara lebih cepat. Selain itu, ABM stokastik biasanya harus disimulasikan beberapa kali untuk mendapatkan perilaku rata-rata keseluruhan sistem. Dengan demikian, meskipun terdapat banyak keuntungan dari ABM, ABM sering menjadi tantangan besar dalam hal implementasi komputasi.

Pemodelan Berbasis Agen dan Artificial Immune System

Forrest[8] mengemukakan tentang pemodelan berbasis agen untuk sistem imun sebagai

pendekatan rekayasa dalam bidang *Artificial Immune System*. Dari berbagai metode untuk memodelkan sistem, seperti yang telah diuraikan pada sub bab di atas, dengan menggunakan ABM akan didapat model yang lebih komprehensif dan umum, serta menggabungkan sejumlah detail (dari sistem imun) yang signifikan.

Dalam ABM setiap entitas, atau agen, merupakan sel tunggal atau patogen, dan program komputer mengkodekan perilaku dan aturan untuk berinteraksi dengan agen lainnya. Beberapa perilaku umum termasuk kematian sel (biasanya dengan menghapus sel dari simulasi), pembagian (dengan membuat salinan dari sel membagi), atau mengubah suatu variabel keadaan internal (misalnya, untuk model aktivasi sel atau diferensiasi).

Agen dalam ABM merupakan wilayah yang ditunjuk dari memori komputer, mirip dengan variabel, yang berisi rincian tentang sel tertentu. Informasi ini dapat mencakup ukuran, lokasi, usia, apa reseptor itu pada permukaannya, dan sebagainya. Para agen dapat bergerak melalui ruang, berinteraksi secara lokal dengan agen lainnya di lokasi terdekat, mengikuti seperangkat aturan yang telah ditetapkan. Dengan demikian, perilaku tingkat rendah agen adalah pra-ditentukan, dan simulasi dijalankan untuk mengamati perilaku global, misalnya, untuk menentukan ambang epidemi. ABM menentukan interaksi lokal dalam hal mekanisme yang sederhana, yang menimbulkan skala besar dinamika kompleks yang menarik.

Forrest menyatakan ABM merupakan metode yang tepat untuk mempelajari imunologi, dengan dasar sebagai berikut:

Pertama, perilaku agen langsung dapat menggabungkan pengetahuan biologi atau hipotesis tentang komponen tingkat rendah, bahkan jika mereka tidak dapat dinyatakan secara matematis.

Kedua, data dari beberapa percobaan dapat dikombinasikan menjadi sebuah simulasi tunggal, untuk menguji konsistensi di seluruh eksperimen atau untuk mengidentifikasi kesenjangan dalam pengetahuan kita. Di masa depan, metode integratif seperti ABM memungkinkan akan menjadi alat penting

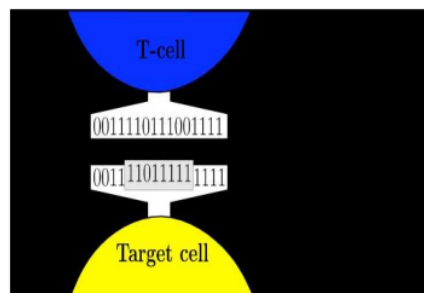
untuk memahami dan menggabungkan sejumlah besar data eksperimen.

Ketiga, sistem kekebalan tubuh adalah sistem biologis yang kompleks dengan berbagai mekanisme interaksi yang berbeda serta nilai-nilai yang relevan secara biologis yang tidak dapat diukur secara langsung. Misalnya, ada terlalu banyak interaksi protein yang berbeda / protein dan virus / protein dimana kita mengharapkan dapat mengisolasi mereka dalam eksperimen. Dengan ABM itu, keperluan tersebut dapat diakomodir secara relatif mudah, dengan menonaktifkan mekanisme sesuai dengan kebutuhan.

Representasi dalam pemodelan Sistem Imun dengan Pemodelan Berbasis Agen

Kebanyakan model ABM pada sistem imun merepresentasikan reseptor dan ligan sebagai serangkaian string karakter dan menggunakan aturan pencocokan string afinitas. Ini ide cerdas diperkenalkan oleh Farmer dkk. sebagai cara untuk melakukan perhitungan untuk menentukan pelengkap molekuler dan memprediksi ukuran optimal dari suatu epitop. Abstraksi pemodelan ini mengabaikan hampir semua rincian fisik yang menentukan terjadinya interaksi reseptor - ligan. Hal ini dikarenakan pemodelan dari satu interaksi, katakanlah menggunakan simulasi dinamika molekuler, memerlukan biaya komputasi yang tinggi. Dengan mengadopsi karakter string, peristiwa *binding* dapat disimulasikan dengan cepat, sehingga layak digunakan untuk mempelajari sifat skala besar dari sistem imun. Meskipun string karakter tersebut *unphysical*, namun menghasilkan model yang cukup akurat merujuk ke hasil eksperimen, hal ini menunjukkan bahwa abstraksi berhasil menangkap fitur penting dari interaksi reseptor - ligan.

Interaksi antara agen, dan antara agen dan lingkungan digital, menentukan dinamika sebuah ABM. Dalam pemodelan imun, interaksi sebagian besar dimediasi oleh *binding* antara reseptor - ligan. Jadi, ketika string mengikat di atas nilai ambang batas (*threshold*), maka sel simulasi dapat dirangsang untuk berkembang biak, meningkatkan tingkat mutasi mereka, bermigrasi ke lokasi yang baru, mati, atau mengeluarkan molekul simulasi.



GAMBAR 68 REPRESENTASI STRING UNTUK RECEPTOR – LIGAN [8]

Pemodelan Sistem Imun Berorientasi Objek

Pemodelan sistem imun berorientasi objek

Bersini merupakan penggagas pemodelan sistem imun dengan pendekatan berorientasi objek. Bersini menggunakan model dengan visualisasi Unified Modeling Language sesuai standar Object Management Group (OMG) [9]. Pada [10] mengemukakan adanya kebutuhan model pada berbagai level abstraksi dan berbagai pertimbangan, misal untuk pembelajaran, untuk testing atau untuk studi dari fenomena emergent serta prediksi secara kuantitatif. Perbedaan kebutuhan dapat diakomodir oleh pendekatan berorientasi objek dengan menggunakan UML (diagram kelas, diagram state, dan diagram sekuens). Bersini mencontohkan penggunaan model untuk seleksi clonal [10].

Selanjutnya Bersini memperbaiki modelnya, juga menambahkan model untuk respon sel T. Menggunakan UML state dan diagram kelas. Bersini memperlihatkan UML secara signifikan meningkatkan *readability*, komunikasi, dan kemungkinan modifikasi dari kode yang sudah tersedia [11].

Selanjutnya Timmis [12] menggunakan UML untuk memodelkan *Experimental Autoimmune Encephalomyelitis* (EAE) dan jaringan regulatorinya. Menggunakan diagram state untuk menangkap perilaku sistem.

Sementara penelitian penulis sebelumnya menangkap fungsionalitas dan gambaran struktur dari sistem imun pada level tingkat tinggi [13]. Dimana sistem imun ditangkap sebagai kumpulan fungsionalitas, terdiri dari:

- Fungsi representasi antigen terdiri dari antigen eksogen dan antigen endogen.
- Fungsi pengenalan/rekonsii
- Fungsi penghancuran

Perbandingan Pendekatan Pemodelan Sistem Imun

Secara ringkas, berikut perbandingan pendekatan dalam pemodelan sistem imun:

TABEL 18 PERBANDINGAN PENDEKATAN

Pendekatan	Keuntungan	Kekurangan
Agen Based Modelling	Memudahkan pengamatan dinamika populasi agen yang timbul sebagai akibat dari interaksi antar agen	Sulit untuk menentukan tingkat yang tepat dari abstraksi untuk setiap agen dalam model yang akan

		mempengaruhi jalannya simulasi.
Mathematical models	Merupakan kakas yang konvensional dan dapat dipahami oleh banyak orang	Kurangnya representasi pada abstraksi level tinggi Tidak dapat menangkap dinamika spasial atau efek stokastik Jika dapat menangkap dinamika spasial, diperlukan analisis matematis yang kompleks
OO ways	Familiar untuk pengembang sistem/aplikasi, memudahkan pembangunan aplikasi	Membutuhkan detail representasi.

Kesimpulan

Pada penelitian ini, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Tidak ada pemodelan yang pasti bagus tetapi disesuaikan dengan kebutuhan pengguna akan level abstraksi,
- Kompleksitas sistem imun itu sendiri dan interaksi antar elemen sistem, sangat sesuai dengan pemodelan berbasis agen,
- Di sisi lainnya, pendekatan berorientasi objek, yang didukung oleh kakas pemodelan visual dengan Unified Modelling Language (UML), memiliki keunggulan dari sisi visualisasi juga ragam diagram yang dapat digunakan. Potensi menggabungkan keduanya menjadi *open issue* dan dapat dijadikan prospek kajian berikutnya

Daftar Referensi

- [1] Timmis J., "Artificial Immune Systems - Today and Tomorrow", *Natural Computing*. 2006;6(1):1-18.
- [2] Timmis J, Andrew P, Owens N, Clark E., "An Interdisciplinary Perspective on Artificial Immune Systems", *Evolutionary Intelligence*. 2008;1(1):5-26.
- [3] Stepney S, E. Smith R, Timmis J, et al., "Conceptual Frameworks for Artificial Immune Systems". *Int. Journ. of Unconventional Computing*. 2005;1:1-24.
- [4] National Institute Of Health, "Understanding the Immune System How It Works", NIH Publication; 2003:1-63.
- [5] Castro LND and Timmis J. , "Artificial Immune Systems: A New Computational Intelligence Approach", *Magazine*

- Communications of the ACM Volume 40 Issue 10*, Oct. 1997: 88-96.
- [6] Kim, Peter S., Levy, Doron, and Lee, Peter. Peter,” *Modeling and Simulation of the Immune System as a Self-Regulating Network*”, *Methods in Enzymology*, 79–109, 2009.
- [7] Russel, K. And Norvig. P., “*Artificial Intelligence Modern Approach*”, Prentice-Hall ISBN 0-13-790395-2
- [8] Forrest, S. and Beauchemin, C. , “Computer Immunology”, *Springer-Verlag, Heidelberg, Germany*, August 2002. ISBN: 1 – 85233 – 594 – 7
- [9] [www.OMG.org](http://www.omg.org) accessed January 2012
- [10] Bersini, H,” Immune System Modeling: The OO Way”, ICARIS 2006, LNCS 4163, pp. 150 – 163, 2006..
- [11] Bersini, H,” Object-Oriented Refactoring of Existing Immune Models”, ICARIS 2009, LNCS 5666, pp. 37–50, 2009..
- [12] Read M., Timmis J., Andrews P., and Kumar V., “*Using UML to Model EAE and Its Regulatory Network*”, ICARIS 2009, LNCS 5666, pp. 4 –6, 2009.
- [13] Purbasari, A., Supriana, I S, Santoso, O., “*Using Unified Modeling Language to Model the Immune System in Object Oriented Perspective*”, International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE), pp: 340- 345, 2012



STMIK BUMIGORA MATARAM

Jl. Ismail Marzuki Mataram Lombok
Telp. 0370-634498, Fax. 0370-638369
www.stmikbumigora.ac.id

S1 Informatika (Terakreditasi)
D3 Informatika (Terakreditasi)
D3 Manajemen Informatika (Terakreditasi)
D1 Vokasi Berkelanjutan



PEMODELAN SISTEM IMUN DENGAN PENDEKATAN BERBASIS AGEN

ORIGINALITY REPORT

18%

SIMILARITY INDEX

15%

INTERNET SOURCES

5%

PUBLICATIONS

9%

STUDENT PAPERS

MATCH ALL SOURCES (ONLY SELECTED SOURCE PRINTED)

8%

★ stei.itb.ac.id

Internet Source

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On