

LAPORAN AKHIR
PENELITIAN FUNDAMENTAL
(Teknik Elektro dan Informatika)



APLIKASI ALGORITMA GENETIKA
PADA SKEMA PENJADWALAN KOMPUTASI TERDISTRIBUSI
(STUDI KASUS PADA *SOFTWARE-DEFINED RADIO*)

Tahun ke-1 dari rencana 2 tahun

Dr. Eko Marpanaji/008066709 (Ketua)
Adi Dewanto, M. Kom./0028127203 (Anggota 1)
Didik Hariyanto, M.T./0002057705 (Anggota 2)

Dibiayai oleh:
Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penugasan Penelitian Fundamental
Nomor: 532a/BOPTN/UN34.21/2013 Tanggal 27 Mei 2013

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA
MASYARAKAT
NOVEMBER 2013

LAPORAN AKHIR
PENELITIAN FUNDAMENTAL
(Teknik Elektro dan Informatika)



APLIKASI ALGORITMA GENETIKA
PADA SKEMA PENJADWALAN KOMPUTASI TERDISTRIBUSI
(STUDI KASUS PADA *SOFTWARE-DEFINED RADIO*)

Tahun ke-1 dari rencana 2 tahun

Dr. Eko Marpanaji/008066709 (Ketua)
Adi Dewanto, M. Kom./0028127203 (Anggota 1)
Didik Hariyanto, M.T./0002057705 (Anggota 2)

Dibiayai oleh:
Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penugasan Penelitian Fundamental
Nomor: 532a/BOPTN/UN34.21/2013 Tanggal 27 Mei 2013

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA
MASYARAKAT
NOVEMBER 2013

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Kegiatan : APLIKASI ALGORITMA GENETIKA PADA SKEMA
PENJADWALAN KOMPUTASI TERDISTRIBUSI (STUDI KASUS
PADA SOFTWARE-DEFINED RADIO)

Peneliti / Pelaksana
Nama Lengkap : Dr. EKO MARPANAJI MT
NIDN : 0008066709
Jabatan Fungsional :
Program Studi : Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan
Nomor HP :
Surel (e-mail) : eko@uny.ac.id

Anggota Peneliti (1)
Nama Lengkap : ADI DEWANTO M.Kom
NIDN : 0028127203
Perguruan Tinggi : UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

Anggota Peneliti (2)
Nama Lengkap : DIDIK HARIYANTO M.T.
NIDN : 0002057705
Perguruan Tinggi : UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

Institusi Mitra (jika ada)
Nama Institusi Mitra :
Alamat :
Penanggung Jawab :
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 2 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp. 40.000.000,00
Biaya Keseluruhan : Rp. 150.000.000,00

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik



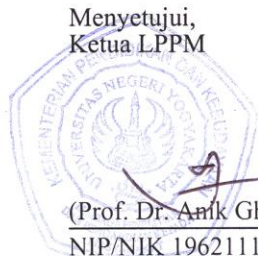
(Dr. Moch. Bruri Triyono)
NIP/NIK 195602161986031003

Yogyakarta, 2 - 12 - 2013,
Ketua Peneliti,



(Dr. EKO MARPANAJI MT)
NIP/NIK 196706081993031002

Menyetujui,
Ketua LPPM



(Prof. Dr. Anik Ghufron)
NIP/NIK 196211111988031001

RINGKASAN

Kendala utama dalam mewujudkan sistem pengolah sinyal digital frekuensi tinggi adalah dalam hal kebutuhan komputasi untuk memenuhi pemrosesan laju bit yang sangat tinggi. Komputasi terdistribusi dapat digunakan untuk meningkatkan kecepatan proses komputasi, namun sampai saat ini belum banyak yang meneliti untuk proses komputasi pengolah sinyal digital frekuensi tinggi khususnya dalam pengembangan softradio, softtv, dan softradar. Permasalahan utama dalam hal komputasi terdistribusi adalah penjadwalan. Skema penjadwalan *weighted-selective* dan metoda paralelisme data (*data-parallelism*) yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya akan selalu memprioritaskan node yang memiliki kemampuan komputasi paling tinggi. Selain itu, metoda paralelisme data menyebabkan beberapa node tidak melakukan komputasi sama sekali karena nilai prioritasnya paling rendah, sehingga beban kerja komputasi paralel menjadi tidak merata.

Tujuan penelitian ini adalah memperbaiki kelemahan skema penjadwalan *weighted-selective* dengan metoda paralelisme data. Penelitian ini mengembangkan komputasi terdistribusi dengan mengambil studi kasus tugas-tugas *Software-Defined Radio* (SDR) dengan menggunakan metoda paralelisme tugas (*task-parallelism*) sehingga tiap-tiap tugas dapat dibagikan kepada seluruh node komputasi. Optimasi skema penjadwalan menggunakan Algoritma Genetika sehingga diperoleh sistem penjadwalan yang optimal dan pembagian beban kerja lebih merata. Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian-penelitian sebelumnya tentang aspek-aspek komputasi pengolah sinyal digital frekuensi tinggi, arsitektur perangkat keras dan perangkat lunak, serta dekomposisi tugas-tugas komputasi dengan mengambil studi kasus dalam pengembangan SDR.

Metoda yang digunakan dalam penelitian ini diawali dengan proses identifikasi tugas-tugas komputasi pengolahan sinyal digital frekuensi tinggi dengan studi kasus. tugas-tugas komputasi untuk menjalankan fungsi radio dalam sistem SDR. Setelah itu, dilakukan dekomposisi tugas sehingga diperoleh sebuah grafik tugas komputasi SDR lengkap dengan parameter tiap node dalam grafik tersebut. Parameter tiap node dapat diperoleh dengan menghitung nilai ketinggian (*height*) masing-masing tugas dan menguji waktu eksekusi masing-masing tugas. Berdasarkan grafik tugas tersebut, kemudian dilakukan optimasi penjadwalan menggunakan Algoritma Genetika. Tahap awal yang harus dilakukan adalah menentukan fungsi *fitness* berdasarkan parameter yang digunakan untuk mengukur kinerja sebuah jadwal, yaitu waktu komputasi. Sebuah jadwal dikatakan optimal jika waktu komputasinya paling rendah dengan waktu idle paling kecil. Operator genetika yang digunakan disesuaikan dengan konstrain proses komputasi terdistribusi. Kinerja penjadwalan untuk komputasi terdistribusi dengan metoda paralelisme tugas diamati berdasarkan waktu eksekusi total penyelesaian setiap jadwal serta waktu idle sebagai indikator pemerataan beban kerja.

Pertanyaan penelitian yang akan dijawab dalam penelitian ini adalah bagaimana formula fungsi *fitness* untuk skema penjadwalan tugas-tugas komputasi SDR? Apakah dengan skema penjadwalan menggunakan algoritma dapat menghasilkan penjadwalan yang optimal dilihat dari waktu eksekusi dan apakah penyeimbangan beban kerja menjadi lebih merata antar tiap node komputasi?

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadikan konsep dasar dalam mengembangkan komputasi terdistribusi pengolahan sinyal digital frekuensi tinggi yang memiliki laju bit sangat tinggi sehingga dapat digunakan untuk pengembangan softradio, softtv ataupun softradar. Luaran penelitian ini adalah metode penjadwalan komputasi dan sebuah prototipe komputasi terdistribusi khususnya dalam pengembangan SDR.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT karena dengan kemurahanNya telah memberi jalan untuk selesainya penelitian ini.

Kami berterima kasih kepada Almamater, Rektor Universitas Negeri Yogyakarta, Ketua Lembaga Penelitian UNY, Dekan Fakultas Teknik, Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika, atas kesempatan dan pendanaan yang diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

Terima kasih juga disampaikan kepada civitas akademika Pendidikan Teknik Elektronika FT UNY dan Puskom UNY, beserta rekan-rekan semua yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas dukungan yang telah diberikan dalam bentuk apapun sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini.

Kami menyadari bahwa laporan penelitian ini masih banyak kekurangan dan kelemahannya. Untuk itu, kritik serta saran akan kami terima dengan senang hati, demi perbaikan laporan penelitian ini.

Hormat kami,

Peneliti

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	i
RINGKASAN.....	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Batasan dan Rumusan Masalah	3
1. Batasan Masalah	3
2. Rumusan Masalah.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	4
A. Algoritma Genetika	4
B. Software-Defined Radio (SDR).....	7
C. Penjadwalan Komputasi Terdistribusi	9
C. Grafik Tugas Komputasi SDR dengan Modulasi GSMK.....	10
BAB 3 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN.....	13
A. Tujuan Penelitian.....	13
B. Manfaat Penelitian	13
BAB 4 METODE PENELITIAN	15
A. Rencana/Disain Pelaksanaan Penelitian	15
B. Tahapan Penelitian.....	15
C. Hasil/Sasaran Penelitian	18
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN	20

A. Persiapan.....	20
B. Pelaksanaan Kegiatan	20
1. Simulasi dan Pengujian Algoritma Genetika.....	20
2. Analisis Perbandingan Metoda Paralelisme Data dan Paralelisme Tugas.....	24
C. Faktor-Faktor Pendukung	28
D. Faktor-Faktor Penghambat	28
E. Jalan Keluar/Solusi	29
F. Ketercapaian.....	29
BAB 6 RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA	31
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN	33
A. Kesimpulan.....	33
B. Saran	33
DAFTAR PUSTAKA.....	34
LAMPIRAN	36
A. Surat Kontrak Penelitian.....	36
B. Makalah Seminar Nasional Informatika dan Aplikasinya (SNIA) 2013 di UNJANI	41
C. Buku Catatan Harian Penelitian (Log Book).....	50
D. Seminar Instrumen.....	57
E. Seminar Hasil.....	61
F. Sertifikat Lisensi Matlab	65

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Proses algoritma genetika	6
Gambar 2. Grafik Tugas Modulator GMSK.....	11
Gambar 3. Grafik Tugas Demodulator GMSK	12
Gambar 4. <i>Fishbone</i> Metode Penelitian	17
Gambar 5. Banyaknya generasi dan total waktu eksekusi GA Standar untuk mencapai solusi (2000 kali pengujian)	23
Gambar 6. Banyaknya generasi dan total waktu eksekusi GA <i>Terminated-N</i> untuk mencapai solusi (2000 kali pengujian untuk $N = 500$).....	24
Gambar 7. Waktu eksekusi dan waktu idle metoda DP-WS (2 paket, 3 client).....	27
Gambar 8. Waktu eksekusi dan waktu <i>idle</i> metoda TP-GA (2 paket, 3 <i>client</i>).....	27

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kendala utama dalam mewujudkan sebuah sistem pengolah sinyal digital untuk sinyal frekuensi tinggi (radio, tv dan radar) adalah dalam hal kebutuhan komputasi untuk memenuhi pemrosesan laju bit yang sangat tinggi. Beban komputasi yang sangat besar dalam pengolahan sinyal digital frekuensi tinggi memerlukan waktu komputasi yang cukup lama sehingga menyebabkan waktu tunda (*delay*) dan akan menurunkan laju bit yang dapat dikirimkan. Dengan demikian, permasalahan komputasi akan menurunkan kualitas pengiriman informasi secara real-time. Untuk itu, perlu adanya sebuah metoda dalam hal komputasi pengolahan sinyal digital untuk frekuensi tinggi sehingga meskipun komputasi cukup besar tetap dapat menghasilkan laju bit yang diinginkan untuk komunikasi digital secara *real-time*.

Komputasi pengolahan sinyal digital frekuensi tinggi dapat digunakan dalam mengembangkan *software radio* (*softradio*), *software televisi* (*softtv*), dan *software radar* (*softradar*), atau sistem digital frekuensi tinggi lainnya yang membutuhkan proses real-time. Pengertian *softradio*, *softtv*, dan *softradar* disini adalah sebuah radio/tv/radar yang fungsi kerja sistem tersebut dijalankan oleh perangkat lunak (*software*) untuk meningkatkan fleksibilitas sistem. Perangkat lunak yang dimaksud menggantikan fungsi perangkat keras untuk menjalankan sistem radio/tv/radar konvensional yang tidak fleksibel karena rangkaian dirancang untuk menjalankan sebuah fungsi yang telah didefinisikan sebelumnya. Jika fungsi radio/tv/radar dijalankan menggunakan perangkat lunak, maka ada kemungkinan mengubah algoritma perangkat lunak sehingga fungsi radio/tv/radar dapat berbeda tergantung algoritma perangkat lunak yang dijalankan.

Metoda komputasi terdistribusi dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan komputasi yang cukup besar sehingga waktu eksekusi menjadi lebih singkat. Namun, penerapan komputasi terdistribusi untuk komputasi pengolahan sinyal digital frekuensi tinggi belum banyak digunakan. Permasalahan utama dalam proses komputasi terdistribusi adalah penjadwalan tugas-tugas komputasi sehingga menghasilkan penjadwalan yang optimal yaitu waktu total eksekusi lebih singkat serta beban kerja sumber daya komputasi lebih merata.

Pengolahan sinyal digital dengan menerapkan komputasi paralel telah dilakukan oleh Zheng (2007) dengan mengimplementasikan “*weighted-selective scheduling scheme*” untuk penjadwalan komputasi paralel *Software-Defined Radio* (SDR) dalam sebuah jaringan cluster PC, sebagai perbaikan dari skema penjadwalan *round robin*.. Metoda komputasi paralel menggunakan paralelisme data yaitu semua node komputasi melakukan tugas yang sama untuk paket data yang berbeda. Skema penjadwalan *weighted-selective* yang digunakan oleh Zheng akan selalu memprioritaskan node yang memiliki kemampuan komputasi paling tinggi untuk setiap paket data yang akan diproses. Dengan adanya metoda paralelisme data maka ada kemungkinan beberapa node tidak melakukan komputasi sama sekali karena nilai prioritasnya paling rendah. Dengan demikian, beban kerja komputasi terdistribusi menjadi tidak merata.

Penelitian ini memperbaiki kelemahan sistem yang dikembangkan oleh Zheng tersebut di atas, baik dalam hal optimasi penjadwalan maupun optimasi pembagian beban kerja proses komputasi terdistribusi sehingga diperoleh kinerja komputasi tugas-tugas pengolahan sinyal digital frekuensi tinggi akan lebih baik. Metoda yang digunakan dalam skema penjadwalan adalah menggunakan Algoritma Genetika (*genetic algorithm*) dalam melakukan optimasi penjadwalan komputasi terdistribusi pada sistem SDR. Selain itu, metoda dalam pembagian beban kerja pemrosesan paralel menggunakan metoda paralelisme tugas sehingga pendistribusian tugas menjadi lebih fleksibel dan beban tugas menjadi lebih merata untuk semua node komputasi yang terlibat.

Algoritma Genetika sangat ditentukan oleh fungsi *fitness* dalam melakukan optimasi permasalahan penjadwalan, sehingga fungsi *fitness* yang digunakan perlu ditentukan terlebih dahulu. Kriteria yang umum digunakan untuk optimasi penjadwalan adalah waktu penyelesaian tugas-tugas terhadap sebuah jadwal. Sedangkan kriteria yang digunakan untuk melakukan optimasi pembagian beban kerja dapat menggunakan waktu yang tidak digunakan oleh node (waktu *idle* node) yang terlibat dalam sebuah penjadwalan. Dua kriteria ini yang akan digunakan dalam menentukan fungsi *fitness* dari Algoritma Genetika dalam melakukan optimasi.

B. Batasan dan Rumusan Masalah

1. Batasan Masalah

Luasnya permasalahan dalam hal penjadwalan komputasi terdistribusi dengan metoda paralelisme tugas dengan menerapkan Algoritma Genetika, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) sistem penjadwalan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *off-line scheduling* atau penjadwalan statis; (2) tugas-tugas SDR yang diamati terbatas modulasi *Gaussian Minimum Shift Keying* (GMSK) dan waktu komunikasi antar node komputasi diabaikan; (3) simulasi dan pengujian tugas-tugas komputasi menggunakan Matlab, implementasi algoritma menggunakan bahasa pemrograman JAVA, dan pengujian kinerja berbentuk simulasi untuk membuktikan konsep-konsep yang diajukan.

2. Rumusan Masalah

Pertanyaan penelitian yang akan dijawab dalam penelitian ini adalah bagaimana formula fungsi fitness untuk skema penjadwalan tugas-tugas komputasi SDR? Apakah dengan skema penjadwalan menggunakan algoritma dapat menghasilkan penjadwalan yang optimal dilihat dari waktu eksekusi dan apakah penyeimbangan beban kerja menjadi lebih merata antar tiap node komputasi?

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

A. Algoritma Genetika

Algoritma Genetika telah terbukti handal untuk mencari solusi permasalahan yang dikategorikan sebagai *NP-hard problem*. Dengan demikian, penjadwalan menggunakan Algoritma Genetika diyakini akan menghasilkan sebuah penjadwalan komputasi paralel atau terdistribusi yang cenderung optimal. Hal ini berdasarkan fakta bahwa Algoritma Genetika sudah terbukti handal dalam setiap penyelesaian permasalahan yang terkait dengan proses optimasi karena Algoritma Genetika berpotensi mendapatkan titik optimum global dalam mencari setiap pelacakan solusi permasalahan.

Kompleksitas waktu Algoritma Genetika yang dinyatakan dalam nilai *big-O* untuk permasalahan yang memiliki skala seragam (*uniformly scaled problem*) adalah $O(m)$, dan $O(m^2)$ adalah kompleksitas waktu Algoritma Genetika untuk permasalahan yang bersifat eksponensial (Lobo, 2000).

Bagian berikut ini akan menjelaskan konsep dasar Algoritma Genetika, implementasi Algoritma Genetika untuk penjadwalan tugas-tugas komputasi terdistribusi dengan menggunakan metoda paralelisme tugas, serta hasil pengujian dari penjadwalan Algoritma Genetika beserta pembahasannya.

Algoritma Genetika atau sering disingkat GA adalah sebuah teknik pelacakan (*searching*) yang digunakan dalam komputasi untuk mendapatkan solusi yang paling optimal. Algoritma Genetika telah dipergunakan secara luas dan telah berhasil untuk berbagai optimasi permasalahan. Algoritma Genetika adalah merupakan teknik-teknik probabilistik mulai dari pembentukan populasi sebagai calon solusi dari permasalahan, dan secara barangsur-angsur diproses menuju ke arah solusi optimal melalui perulangan aplikasi operator genetika seperti *crossover*, mutasi, seleksi dan reproduksi (Rahmani, 2008).

Optimasi permasalahan dapat dilakukan dengan maksimasi fungsi atau minimasi fungsi. Jika optimasi permasalahan adalah minimasi dari sebuah fungsi f , maka optimasi permasalahan sebenarnya sama dengan maksimasi dari sebuah fungsi g , dimana fungsi $g = -f$, yaitu:

$$\min f(x) = \max g(x) = \max \{-f(x)\} \quad (1)$$

Fungsi yang digunakan dalam Algoritma Genetika dalam melakukan optimasi sering disebut dengan **fungsi obyektif**, dan fungsi yang dimaksud dapat berupa fungsi variabel tunggal ataupun fungsi multivariabel. Kita boleh mengasumsikan bahwa fungsi obyektif mengambil nilai-nilai positif dari domain permasalahan; selain itu kita juga boleh menambahkan beberapa nilai konstanta positif C pada fungsi tersebut, sehingga:

$$\max g(x) = \max \{g(x) + C\} \quad (2)$$

Dengan demikian, tahap awal dalam implementasi Algoritma Genetika untuk optimasi sebuah permasalahan adalah menentukan fungsi yang akan dilakukan optimasi baik optimasi untuk menemukan nilai minimum (minimasi fungsi) atau untuk menemukan nilai maksimumnya (maksimasi fungsi). Fungsi obyektif tersebut akan menjadi fungsi fitness yang digunakan sebagai dasar evaluasi setiap hasil pelacakan solusi.

Fungsi *fitness* yang didefinisikan dalam representasi genetika akan menentukan ukuran kualitas dari solusi yang diajukan. Fungsi *fitness* ini bersifat unik, yaitu selalu berbeda antara satu permasalahan dengan permasalahan yang lain atau dengan kata lain fungsi fitness sangat tergantung pada permasalahan yang akan dicari solusinya. Jika ekspresi fungsi *fitness* sulit ditentukan, maka solusi permasalahan dapat menggunakan Algoritma Genetika interaktif (*interactive genetic algorithm*).

Penelitian ini memperbaiki kelemahan sistem yang dikembangkan oleh Zheng tersebut di atas, baik dalam hal optimasi penjadwalan maupun optimasi pembagian beban kerja proses komputasi terdistribusi sehingga diperoleh kinerja komputasi tugas-tugas pengolahan sinyal digital frekuensi tinggi dengan mengambil studi kasus komputasi sinyal digital untuk pengembangan SDR yang lebih baik. Metoda yang akan digunakan dalam skema penjadwalan adalah menggunakan algoritma genetika dalam melakukan optimasi penjadwalan komputasi terdistribusi pada sistem SDR. Selain itu, metoda pembagian beban kerja pemrosesan paralel yang akan diteliti menggunakan metoda paralelisme tugas sehingga pendistribusian tugas menjadi lebih fleksibel dan beban tugas menjadi lebih merata untuk semua node komputasi yang terlibat.

Algoritma genetika atau sering disingkat GA adalah sebuah teknik pelacakan (*searching*) yang digunakan dalam komputasi untuk mendapatkan solusi yang paling optimal. Algoritma genetika telah dipergunakan secara luas dan telah berhasil untuk berbagai optimasi permasalahan. Algoritma genetika adalah menerapkan teknik-teknik

probabilistik mulai dari pembetulan populasi sebagai calon solusi dari permasalahan, dan secara barangsur-angsur diproses menuju ke arah solusi optimal melalui perulangan aplikasi operator genetika seperti *crossover*, mutasi, seleksi dan reproduksi (Rahmani, 2008).

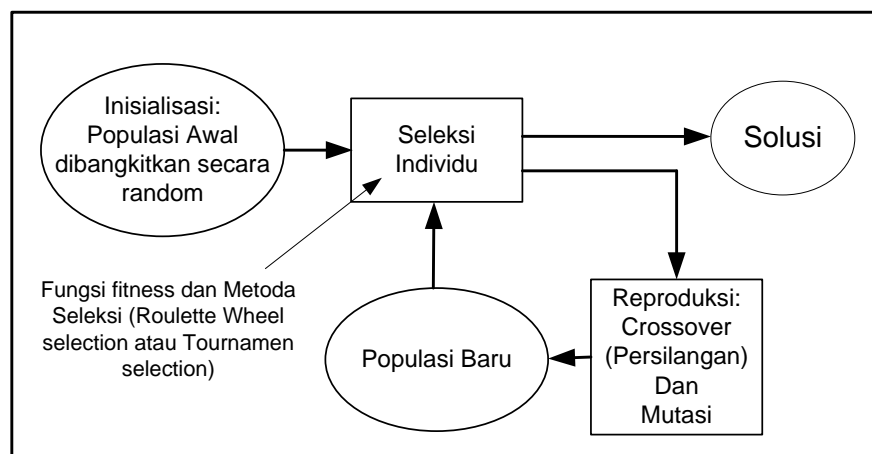
Prinsip kerja algoritma genetika adalah dalam melakukan pelacakan mencari solusi adalah berdasarkan teori Schemata yang menyatakan bahwa:

Short, low-order, above average schemata receive exponentially increasing trials in subsequent generations of a genetic algorithm (Michalewicz, 1992).

Ciri khas algoritma genetika memerlukan dua buah variabel yang harus didefinisikan, yaitu:

- sebuah representasi genetika dari domain solusi
- sebuah fungsi *fitness* untuk mengevaluasi domain solusi.

Representasi standar untuk solusi adalah sebuah array sehingga lebih cocok untuk algoritma genetika karena elemen-elemennya dapat diatur dengan mudah sehingga operasi persilangan (*crossover*) dan operasi mutasi juga dapat dilakukan dengan mudah. Secara umum proses algoritma genetika dalam mencari solusi sebuah permasalahan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses algoritma genetika

Berdasarkan Gambar 1 tersebut, algoritma genetika diawali dengan inisialisasi populasi yaitu proses membangkitkan sejumlah kromosom untuk membentuk populasi awal. Selanjutnya, populasi awal ini dihitung nilai kekuatan atau nilai fitness tiap-tiap kromosom, dan dilakukan seleksi dimana kromosom memiliki nilai *fitness* yang paling

kuat akan memperoleh kesempatan paling tinggi untuk terpilih dalam populasi generasi selanjutnya. Metoda seleksi dapat menggunakan *Roulette Wheel selection* atau *Tournament selection*. Selain proses seleksi dalam membentuk populasi generasi baru, algoritma genetika juga melakukan proses *crossover* yang kejadiannya ditentukan oleh laju *crossover* (*crossover rate*) serta proses mutasi yang kejadiannya juga ditentukan oleh sebuah nilai yang disebut dengan laju mutasi (*mutation rate*). Setiap diperoleh populasi generasi baru, algoritma genetika akan menguji kekuatan (*fitness*) setiap kromosom dalam populasi tersebut. Proses algoritma genetika akan berhenti jika solusi yang diinginkan telah tercapai atau terjadi proses terminasi dimana terminasi ini dapat ditentukan oleh banyaknya generasi yang dibangkitkan atau nilai fungsi obyektif untuk kriteria tercapainya sebuah solusi telah dipenuhi. *Pseudo-code* algoritma dari algoritma genetika adalah sebagai berikut:

1. Pilih populasi awal
2. Hitung nilai *fitness* tiap-tiap individu dalam populasi
3. **Repeat:**
 - a. Pilih individu yang memiliki rangking terbaik untuk dikembangbiakkan
 - b. Biakkan generasi baru melalui operasi genetika yaitu persilangan dan mutasi dan lahirkan generasi anak
 - c. Hitung *fitness* setiap individu dari generasi anak
 - d. Gantikan rangking terjelek dari populasi dengan generasi anak yang memiliki nilai *fitness* yang lebih baik
4. **Until** terminasi.

Kriteria untuk mengakhiri iterasi algoritma genetika dalam proses mencari solusi dapat menggunakan fungsi obyektif yaitu iterasi akan berhenti jika proses evaluasi telah menghasilkan sebuah nilai tertentu yang memenuhi fungsi obyektif. Selain itu juga dapat menggunakan kriteria berdasarkan jumlah generasi yang telah dibangkitkan.

B. Software-Defined Radio (SDR)

Penelitian tentang komputasi pengolahan sinyal digital frekuensi tinggi khususnya dalam mengembangkan *Software Radio* (softradio), telah dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya. *Software-Defined Radio* (SDR) atau ada juga yang menyebut *Software Radio* (SWR) atau radio yang fungsinya didefinisikan menggunakan perangkat lunak diperkenalkan pertama kali pada tahun 1991 oleh Joseph Mitola (Reed, 2002).

Penelitian tentang arsitektur dan proses komputasi yang telah dilakukan oleh peneliti lain sebelumnya antara lain:

Vanu (1999), mengembangkan arsitektur SDR menggunakan komputer pribadi (*Personal Computer*) dan komputasi pengolahan sinyal digital masih menggunakan komputasi sekuensial (Bose, 1999). Corneloup (2002) mengimplementasikan arsitektur SDR pada board DSP SHARC, dengan pendekatan pemrosesan paralel (sistem multiprosesor) namun tidak menjelaskan permasalahan penjadwalannya. Pucker (2002) membandingkan tiga model proses pemilihan saluran yaitu *Digital Down Converter* (DDC), *Frequency Domain Filtering* (FDF) dan *Polyphase FFT Filter Bank* (PFFB) dengan melihat laju kesalahan bit (*bit error rate or BER*). Prosesor yang digunakan adalah FPGA (*Field Programmable Gate Array*). Komputasi yang digunakan dalam proses pemilihan saluran adalah komputasi sekuensial. Harris (2003) melakukan simulasi terhadap pemilihan saluran sistem AMPS, komunikasi radio FM, dan SSB dengan menggunakan bank filter polifase. Proses komputasi yang digunakan juga masih menggunakan komputasi sekuensial. Gweon (2005) mengembangkan arsitektur *software-define radio* (SDR) yang dapat dikonfigurasi ulang dengan menggunakan beberapa prosesor DSP TMS320C6416-600 MHz, sehingga pemrosesan sinyal digital dapat dilakukan secara paralel meskipun belum mengimplementasikan skema penjadwalan. Malm (2005) dan Valentin (2006) mengembangkan lapisan data link layer untuk tesbed radio perangkat lunak menggunakan *Universal Software Radio Pheripheral* (USRP) GNU Radio dengan menguji *latency* dari RTT (*round trip time*) untuk pengiriman paket.

Penelitian-penelitian tentang pengolahan sinyal digital frekuensi tinggi yang telah dilakukan sebelumnya dengan studi kasus sistem *Software-Defined Radio* (SDR) antara lain kajian aspek komputasi SDR (Marpanaji, 2006), arsitektur SDR (Marpanaji, 2006), studi simulasi dan eksperimen modulasi GMSK untuk SDR (Marpanaji, 2006), arsitektur perangkat lunak SDR (Marpanaji, 2007), studi eksperimen modulasi DQPSK untuk SDR (Marpanaji, 2007)(Marpanaji, 2008), pengukuran unjuk kerja modulasi GMSK pada platform SDR (Marpanaji, 2007), studi eksperimen pengukuran unjuk kerja modulasi DBPSK (Marpanaji, 2008), dan dekomposisi tugas-tugas SDR (Marpanaji, 2009). Penelitian-penelitian tersebut merupakan kajian awal dalam mengamati dan mengeksplorasi komputasi pengolahan sinyal digital frekuensi tinggi dalam bentuk

komputasi sekuensial, dan belum mengimplementasikan komputasi paralel ataupun komputasi terdistribusi.

C. Penjadwalan Komputasi Terdistribusi

Isu utama dalam menjalankan komputasi terdistribusi dari hasil dekomposisi tugas adalah penjadwalan (*scheduling*) tugas-tugas tersebut ke dalam masing-masing mesin komputasi (komputer). Penjadwalan dalam sistem komputasi paralel atau komputasi terdistribusi pada prinsipnya adalah mengalokasikan sekumpulan tugas kepada setiap prosesor atau komputer sedemikian rupa sehingga diperoleh kinerja komputasi yang optimal.

Ada dua jenis metoda yang digunakan dalam penjadwalan, yaitu (1) *list heuristics*, membuat daftar tugas berdasarkan prioritas dengan urutan menurun, dan prioritas paling tinggi akan diberikan pertama kali kepada prosesor yang siap melakukan eksekusi; (2) *meta-heuristics*, dikenal juga dengan Algoritma Genetika, melakukan metoda pelacakan secara acak menggunakan sifat evolusi dan genetika alami. Metoda penjadwalan meta-heuristics atau metoda algoritma genetika ini akan menghasilkan sebuah penjadwalan yang optimal (Lee, 2003).

Penjadwalan dalam sistem multiprosesor atau komputasi paralel sebenarnya merupakan sebuah *Non-deterministik Polynomial time* (NP) dan dikategorikan sebagai permasalahan NP yang sulit (*NP_Hard problem*) (Abdeyazdan, 2008). Permasalahan penjadwalan dalam sistem multiprosesor atau komputasi paralel ini sering disebut dengan *Multiprocessor Scheduling Problem* (MSP). (Tsujimura, 1997).

Zheng (2007) mengimplementasikan “*weighted-selective scheduling scheme*” dalam melakukan penjadwalan komputasi paralel SDR dalam sebuah jaringan cluster PC, sebagai perbaikan dari skema penjadwalan round robin khususnya dalam menjalankan fungsi radio pada bagian pemancar. Metoda paralelisme menggunakan paralelisme data yaitu semua node komputasi melakukan tugas yang sama untuk paket data yang berbeda. Persamaan yang digunakan dalam menentukan penjadwalan adalah:

$$l = \arg \max_{k \in \{1, 2, \dots, K\}} s_k(n) / w_k(n) \quad (3)$$

dimana $s_k(n), k = 1, 2, \dots, K$ adalah parameter status dari node pekerja yang dapat diberi tanda dengan angka ”0” yang berarti “sibuk” atau angka ”1” untuk menyatakan kondisi sedang ”bebas” pada interval frame ke- n . Dalam permasalahan ini, sekali

manager distribusi memulai untuk mengirim sebuah satuan frame ke sebuah node pekerja pada interval frame tetap T_s , node pekerja akan diberi tanda “0” dalam tabel status; dan ketika tugas komputasi telah selesai dan umpan balik berhasil dengan baik, node pekerja ini akan diberi tanda “1” lagi dan dapat dipilih untuk diberi pekerjaan lagi. Sedangkan l adalah indeks dari node pekerja dimana frame akan didistribusikan untuk pemrosesan menurut bobot yang menyatakan kapasitas pemrosesan dari tiap node pekerja dalam tabel status. Bobot node pekerja ke- k dalam interval frame ke- n yang ditentukan oleh kemampuan komputasi dari node pekerja dan status pekerjaannya dinyatakan dengan $w_k(n)$ dengan persamaan:

$$w_k(n) = L_k(n) / T_s, k = 1, 2, \dots, K \quad (4)$$

Dimana $L_k(n)$ adalah waktu yang diperlukan CPU untuk melakukan proses pengolahan sinyal digital satu frame sinyal jika node pekerja ke- k menjadi “bebas” selama interval frame ke- n . Sebaliknya, indikator ini akan tetap tidak berubah, yaitu $w_k(n) = w_k(n-1)$. Sedangkan kemampuan rata-rata node pekerja untuk frame ke- n dinyatakan dengan $\bar{w}_k(n)$, dimana $k = 1, 2, \dots, K$.

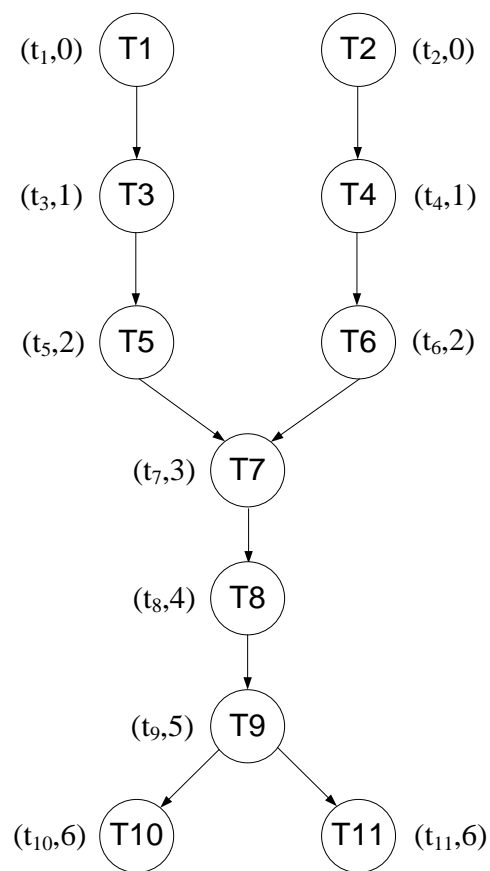
Skema penjadwalan komputasi terdistribusi dapat disusun setelah dekomposisi tugas komputasi pengolahan sinyal digital frekuensi tinggi terbentuk. Studi kasus tentang dekomposisi tugas-tugas komputasi pengolahan sinyal digital frekuensi tinggi sistem SDR untuk sistem pemancar dan penerima dengan sistem modulasi *Gaussian Minimum Shift Keying* (GMSK) telah dilakukan sebelumnya (Marpanaji, 2009). Penelitian ini selain menentukan tugas-tugas komputasi juga mengukur waktu eksekusi tiap-tiap tugas komputasi sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam melakukan penelitian tentang skema penjadwalan komputasi terdistribusi dari pengolahan sinyal digital frekuensi tinggi.

C. Grafik Tugas Komputasi SDR dengan Modulasi GMSK

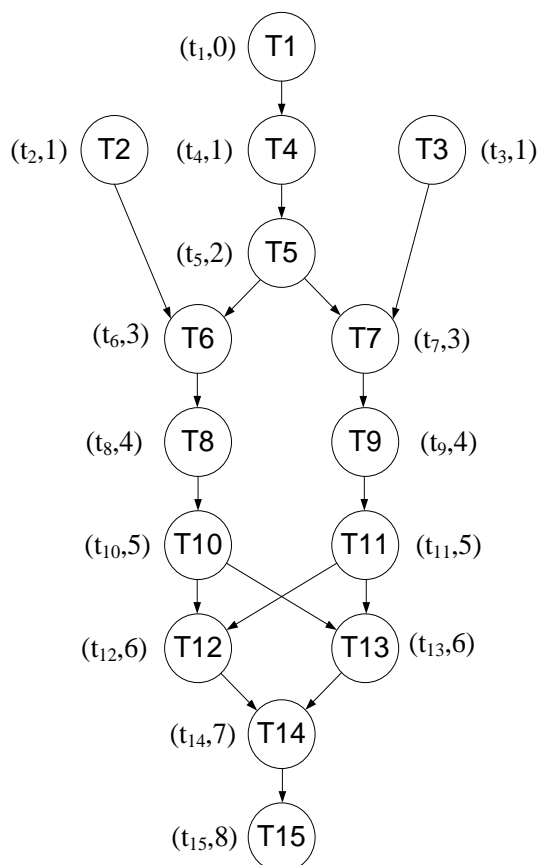
Sebagai studi kasus dalam penelitian ini digunakan grafik tugas komputasi dalam komunikasi SDR dengan skema modulasi GMSK baik untuk pemancar maupun penerima. Grafik tugas tersebut menggambarkan proses-proses yang bersifat berurutan (proses berikutnya akan berlangsung jika proses sebelumnya telah selesai) serta proses-

proses yang bisa dilaksanakan secara terpisah (dua proses atau lebih dapat dijalankan secara bersamaan dan tidak tergantung proses yang lain). Selain itu, grafik tugas juga menertakan waktu eksekusi serta tingkat urutan untuk tiap-tiap proses.

Banyaknya proses yang dapat dikerjakan secara terpisah menunjukkan derajat paralelisme komputasi paralel atau terdistribusi. Semakin banyak proses yang dapat dijalankan secara terpisah berarti semakin tinggi derajat paralelisme sistem komputasi. Grafik tugas untuk sistem pemancar dan penerima sistem SDR dengan skema modulasi GMSK dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2. Grafik Tugas Modulator GMSK



Gambar 3. Grafik Tugas Demodulator GMSK

Berdasarkan grafik tugas pemancar dan penerima selanjutnya dilakukan penelitian tentang aplikasi algoritma untuk penjadwalan komputasi terdistribusi sistem SDR dengan metode paralelisme tugas.

Tahap awal kegiatan penelitian ini adalah analisis kebutuhan dan studi pustaka tentang komputasi paralel, komputasi terdistribusi, Algoritma Genetika, dan penjadwalan komputasi paralel atau terdistribusi. Dasar teori yang diperoleh sangat diperlukan dalam mengembangkan sistem penjadwalan komputasi terdistribusi menggunakan Algoritma Genetika.

Skema penjadwalan *weighted-selective* yang digunakan oleh Zheng untuk komputasi paralel SDR merupakan metoda penjadwalan *list heuristic* dengan metoda paralelisme data. Sedangkan penelitian ini menggunakan metoda penjadwalan yang kedua yaitu *meta-heuristic* atau Algoritma Genetika dengan mengimplementasikan paralelisme tugas.

BAB 3

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

A. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan sebuah konsep dan prototipe penjadwalan komputasi terdistribusi dengan metoda paralelisme tugas dan mengimplementasikan Algoritma Genetika untuk optimasi penjadwalan tugas-tugas komputasi SDR. Konsep yang dihasilkan ini dapat memperbaiki kelemahan skema penjadwalan *weighted-selective* dengan mengimplementasikan metoda paralelisme data.

B. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini menghasilkan kontribusi keilmuan dibidang pengolahan sinyal digital, telekomunikasi radio, komunikasi data, dan pengembangan software radio/tv/radar, terutama dalam hal:

- Pembangunan grafik tugas atau DAG (*Directed Acyclic Graph*) untuk tugas-tugas SDR dalam menjalankan fungsi-fungsi radio.
- Usulan paralelisme berdasarkan tugas untuk komputasi terdistribusi pada SDR.
- Peningkatan kecepatan komputasi dan pemerataan beban kerja komputasi terdistribusi dengan skema penjadwalan menggunakan Algoritma Genetika.
- Usulan fungsi fitness Algoritma Genetika untuk komputasi terdistribusi dengan metoda paralelisma tugas .

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadikan konsep dasar dalam mengembangkan komputasi terdistribusi pengolahan sinyal digital frekuensi tinggi yang memiliki lajut bit sangat tinggi sehingga dapat digunakan untuk pengembangan sofradio, softtv ataupun sofradar. Luaran penelitian secara umum adalah konsep dan metode penjadwalan komputasi terdistribusi dengan paralelisme tugas dengan menggunakan Algoritma Genetika untuk memilih jadwal komputasi yang optimal. Selain itu, penelitian ini menghasilkan sebuah prototipe komputasi terdistribusi khususnya dalam pengembangan SDR.

Penelitian ini berdasarkan penelitian-penelitian awal sebelumnya termasuk eksplorasi grafik tugas komputasi SDR dengan menggunakan skema modulasi Gaussian Minimum Shift Keying (GMSK) baik untuk sistem pengirim (pemancar) maupun sistem penerima. Grafik tugas yang dihasilkan tersebut digunakan sebagai bahan simulasi dalam mengembangkan aplikasi Algoritma Genetika dalam melakukan optimasi penjadwalan

komputasi terdistribusi dengan metode paralelisme tugas. Kegiatan penelitian dalam mengembangkan prototipe aplikasi penjadwalan komputasi terdistribusi menggunakan Algoritma Genetika dengan metode paralelisme tugas dilaksanakan dalam penelitian ini.

BAB 4

METODE PENELITIAN

A. Rencana/Disain Pelaksanaan Penelitian

Metoda yang digunakan dalam mengatasi permasalahan tentang penjadwalan komputasi terdistribusi menggunakan Algoritma Genetika dengan metoda paralelisme tugas (*task-parallelism*) diawali dengan mengidentifikasi tugas-tugas komputasi SDR untuk berbagai jenis modulasi, melakukan dekomposisi tugas-tugas tersebut sehingga dapat digambarkan dalam bentuk grafik tugas, menghitung nilai ketinggian masing-masing tugas dan menguji waktu eksekusi masing-masing tugas, sehingga dihasilkan sebuah grafik tugas SDR. Berdasarkan grafik tugas yang dihasilkan tersebut kemudian dilakukan penjadwalan dan dilanjutkan dengan optimasi penjadwalan menggunakan Algoritma Genetika. Operator genetika yang digunakan disesuaikan dengan konstrain proses komputasi terdistribusi.

Kinerja penjadwalan menggunakan Algoritma Genetika untuk komputasi terdistribusi dengan metoda paralelisme tugas diamati berdasarkan waktu eksekusi total setiap penjadwalan serta waktu istirahat (*idle*) maksimum dari semua node komputasi yang terjadwal. Waktu istirahat dari sebuah jadwal digunakan sebagai indikator pemerataan beban kerja. Batasan penelitian ini adalah tugas-tugas SDR yang diamati terbatas modulasi GMSK dengan dekomposisi tugas yang telah dilakukan sebelumnya (Marpanaji, 2009) dan waktu komunikasi antar node komputasi diabaikan.

B. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam dua tahap, yaitu: (1) Tahap I untuk tahun pertama; dan (2) Tahap II untuk tahun kedua. Rangkaian kegiatan penelitian disesuaikan dengan besarnya dana, waktu, dan sumber daya lainnya sehingga target penelitian secara umum dapat dibagi menjadi beberapa target yang berurutan sehingga urutan kegiatan akan menghasilkan luaran sesuai dengan target akhir adalah tujuan penelitian ini. Tahap I dilaksanakan pada Tahun I (2013) dan Tahap II dilaksanakan pada Tahun II (2014). Suatu hal yang sangat penting dalam pelaksanaan ini adalah perubahan skema penelitian antara Tahun I dan Tahun II terjadi sedikit pergeseran kegiatan mengingat biaya yang disetujui dalam penelitian ini hanya 53,3% dari dana yang diusulkan dalam proposal. Pergeseran kegiatan yang dimaksud adalah pergeseran sebagian kegiatan penelitian yang semula dilaksanakan pada tahun 1 di ubah dilaksanakan pada tahun 2.

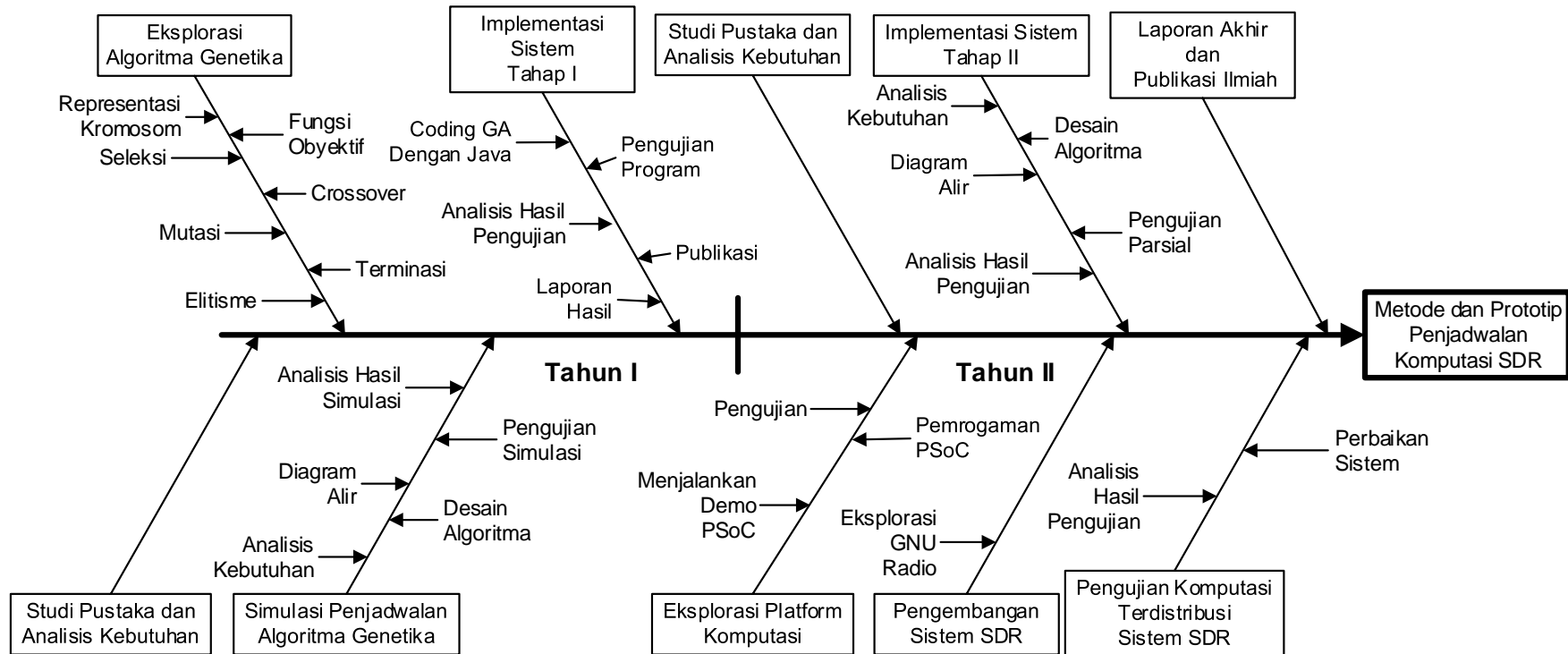
Berdasarkan Surat Perjanjian Internal Pelaksanaan Penelitian Fundamental No. 018/APID-BOPTN/UN34.21/2013, dana penelitian yang disetujui adalah Rp. 40.000.000,00 dari usulan dana sebesar Rp. 75.000.000,00 atau sebesar 53,3% dari dana yang diusulkan. Hal ini memberikan dampak yang cukup signifikan terhadap target kegiatan penelitian pada Tahap I (Tahun 2013). Selain itu, waktu pelaksanaan penelitian yang semula diusulkan 12 bulan dan disetujui 6 bulan juga sangat berpengaruh dalam rencana kegiatan penelitian ini. Keterbatasan dana dan waktu tersebut menyebabkan sebagian rencana kegiatan yang tercantum dalam usulan penelitian ada yang berubah/bergeser yaitu kegiatan penelitian Tahap I (2013) ada yang bergeser ke dalam rencana kegiatan penelitian Tahap II (2014) sebagai revisi usulan penelitian dengan harapan kegiatan tersebut dapat didanai pada tahun berikutnya (2014). Urutan kegiatan untuk Tahap I (Tahun 2013) dan Tahap II (Tahun 2014) disajikan dalam bentuk *fishbone* seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

Berdasarkan Gambar 4 tersebut, maka rencana kegiatan penelitian yang harus dilaksanakan pada Tahap I (Tahun 2013) beserta luaran yang dihasilkan dari kegiatan penelitian tersebut adalah sebagai berikut.

Tahap I (Tahun 2013):

1. Studi Pustaka dan Analisis Kebutuhan

Studi pustaka merupakan kegiatan awal dan selalu dilakukan dalam setiap kegiatan (berkelanjutan). Studi pustaka ini dilakukan untuk mempertajam pengetahuan dan konsep baik Algoritma Genetika secara umum, pengolahan sinyal digital frekuensi tinggi, *Software-Defined Radio* (SDR). Selain itu, studi pustaka juga diperlukan untuk mempertajam pengetahuan dan konsep tentang algoritma-algoritma pemrograman yang terkait dengan Algoritma Genetika sebagai dasar implementasi (*coding*) dalam bahasa pemrograman. Kegiatan ini juga sekaligus melaksanakan analisis kebutuhan berdasarkan konsep yang diperoleh dari kajian pustaka.



Gambar 4. *Fishbone* Metode Penelitian

2. Eksplorasi Algoritma Genetika

Kegiatan ini berupa simulasi dan pengujian Algoritma Genetika sebagai persiapan awal aplikasi Algoritma Genetika dalam penjadwalan. Kegiatan ini bertujuan untuk memperoleh metoda dan nilai parameter dalam setiap komponen Algoritma Genetika sehingga diperoleh metoda dan parameter yang tepat untuk keperluan optimasi penjadwalan komputasi.

3. Simulasi Penjadwalan Algoritma Genetika

Kegiatan ini untuk mengkaji aplikasi Algoritma Genetika untuk penjadwalan komputasi terdistribusi dengan metoda paralelisme tugas untuk komputasi pengolahan sinyal frekuensi tinggi dalam menjalankan fungsi SDR. Kegiatan ini diawali dengan kajian secara teoritis perbandingan antara sistem penjadwalan *weighted-scheduling* dengan metoda paralelisme data untuk SDR yang dilakukan oleh Zheng dengan sistem penjadwalan menggunakan Algoritma Genetika dengan metoda paralelisme tugas. Berdasarkan kajian tersebut ditentukan algoritma-algoritma penjadwalan komputasi dengan metoda paralelisme tugas sehingga mempermudah implementasi dalam bahasa pemrograman.

4. Implementasi Sistem Tahap I

Implementasi Tahap I adalah pembuatan program (coding) Algoritma Genetika menggunakan bahasa pemrograman Java. Kegiatan ini juga sekaligus melakukan pengujian dan simulasi untuk meyakinkan program dapat menjalankan fungsi Algoritma Genetika dengan benar.

5. Publikasi

Hasil-hasil penelitian untuk tiap kegiatan dijadikan bahan untuk penulisan makalah seminar, artikel jurnal, dan laporan akhir untuk mempublikasikan temuan-temuan yang dapat dimanfaatkan peneliti lain yang bekerja dalam bidang yang sama.

Hasil kegiatan penelitian Tahap I (Tahun 2013) digunakan sebagai dasar pengembangan Tahap II (2014). Berdasarkan Gambar 1, kegiatan penelitian untuk Tahap II (2014) .

C. Hasil/Sasaran Penelitian

Berdasarkan kondisi pendanaan yang disetujui pada Tahun I ini maka luaran penelitian untuk tahap pertama (Tahun I) adalah sebagai berikut:

- Simulasi algoritma pemrograman untuk Algoritma Genetika menggunakan Matlab.
- Analisis perbandingan komputasi terdistribusi antara komputasi dengan metoda paralelisme data dengan paralelisme tugas.
- Prototipe Algoritma Genetika menggunakan bahasa pemrograman Java.

- Makalah seminar atau artikel jurnal.

Luaran penelitian Tahap I (Tahun I) akan digunakan sebagai dasar dalam pengembangan dalam penelitian tahap berikutnya yaitu Tahap II (Tahun II) pada tahun 2014.

BAB 5

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Persiapan

Persiapan meliputi persiapan peralatan (tools) baik hardware maupun software, sumber daya manusia, ruangan, dan fasilitas lain yang sangat diperlukan untuk kegiatan penelitian.

B. Pelaksanaan Kegiatan

Berdasarkan tahapan dan metode penelitian yang dijelaskan sebelumnya, kegiatan penelitian Tahun I (2013) sebagian besar adalah kajian Algoritma Genetika dan aplikasinya dalam sistem penjadwalan tugas-tugas komputasi. Kegiatan diawali dengan studi pustaka dan analisis kebutuhan.

Berdasarkan analisis kebutuhan, kajian Algoritma Genetika memerlukan beberapa bahan dan alat sebagai berikut: (1) Grafik tugas komputasi SDR untuk melakukan simulasi dan uji coba; (2) Fungsi-fungsi serta kelengkapan lain untuk menjalankan Algoritma Genetika seperti representasi kromosom, fungsi obyektif untuk menentukan fitness, fungsi inisialisasi, fungsi perhitungan nilai *fitness*, fungsi seleksi, fungsi *crossover*, fungsi terminasi, dan fungsi elitisme (jika diperlukan); (3) analisis tentang perbandingan penjadwalan komputasi paralel dengan metode paralelisme data dan metode paralelisme tugas; (4) pengujian algoritma dalam membentuk perangkat lunak aplikasi Algoritma Genetika untuk penjadwalan komputasi terdistribusi dengan metode paralelisme tugas meskipun dalam bentuk simulasi dan parsial.

1. Simulasi dan Pengujian Algoritma Genetika

Sebelum dilakukan simulasi Algoritma Genetika dalam rangka meyakinkan konsep dan algoritma pemrograman dalam mengembangkan penjadwalan komputasi terdistribusi menggunakan Algoritma Genetika dengan metoda paralelisme tugas, dilakukan representasi kromosom dan simulasi tiap-tiap komponen Algoritma Genetika. Ciri khas Algoritma Genetika memerlukan dua buah variabel yang harus didefinisikan, yaitu:

- sebuah representasi genetika dari domain solusi
- sebuah fungsi fitness untuk mengevaluasi domain solusi.

Representasi standar untuk solusi adalah sebuah array dari bit atau bentuk array lainnya dengan prinsip yang sama. Sifat utama representasi genetika menggunakan jenis array menjadi lebih cocok untuk Algoritma Genetika karena elemen-elemennya dapat diatur dengan mudah sehingga operasi persilangan (*crossover*) dan operasi mutasi dapat dilakukan dengan mudah.

Secara umum proses Algoritma Genetika dalam mencari solusi sebuah permasalahan seperti ditunjukkan pada Gambar 1 pada Bab 2.

Berdasarkan gambar tersebut, Algoritma Genetika terdiri beberapa komponen proses: (1) proses inialisasi populasi; (2) seleksi individu dengan menghitung nilai fitness setiap individu; (3) proses *crossover* jika syarat terjadi *crossover* terpenuhi; (4) proses mutasi jika syarat mutasi terpenuhi; (5) kembali ke proses seleksi individu dari populasi yang baru hasil dari *crossover* dan mutasi atau terminasi setelah hasil optimasi (solusi) telah diperoleh. Setiap komponen proses dalam Algoritma Genetika ditentukan algoritma pemrogramannya dan dilakukan implementasi (*coding*) beserta pengujiannya.

Algoritma Genetika diawali dengan inialisasi populasi yaitu proses membangkitkan sejumlah kromosom untuk membentuk populasi awal. Selanjutnya, populasi awal ini dihitung nilai kekuatan atau nilai fitness tiap-tiap kromosom, dan dilakukan seleksi dimana kromosom dengan nilai *fitness* paling kuat akan memperoleh kesempatan paling tinggi untuk terpilih dalam populasi generasi selanjutnya. Metoda seleksi dapat menggunakan *Roulette Wheel selection* atau *Tournamen selection*. Selain proses seleksi dalam membentuk populasi generasi baru, Algoritma Genetika juga melakukan proses *crossover* yang kejadiannya ditentukan oleh laju *crossover* (*crossover rate*) serta proses mutasi yang kejadiannya juga ditentukan oleh sebuah nilai yang disebut dengan laju mutasi (*mutation rate*). Setiap diperoleh populasi generasi baru, Algoritma Genetika akan menguji kekuatan (*fitness*) setiap kromosom dalam populasi tersebut. Proses Algoritma Genetika akan berhenti jika solusi yang diinginkan telah tercapai atau terjadi proses terminasi dimana terminasi ini dapat ditentukan oleh banyaknya generasi yang dibangkitkan atau nilai fungsi obyektif untuk kriteria tercapainya sebuah solusi telah dipenuhi. *Pseudo-code* algoritma dari Algoritma Genetika adalah sebagai berikut:

1. Pilih populasi awal
2. Hitung nilai *fitness* tiap-tiap individu dalam populasi
3. **Repeat:**
 - a. Pilih individu yang memiliki rangking terbaik untuk dikembangbiakkan
 - b. Biakkan generasi baru melalui operasi genetika yaitu persilangan dan mutasi dan lahirkan generasi anak
 - c. Hitung *fitness* setiap individu dari generasi anak
 - d. Gantikan rangking terjelek dari populasi dengan generasi anak yang memiliki nilai *fitness* yang lebih baik

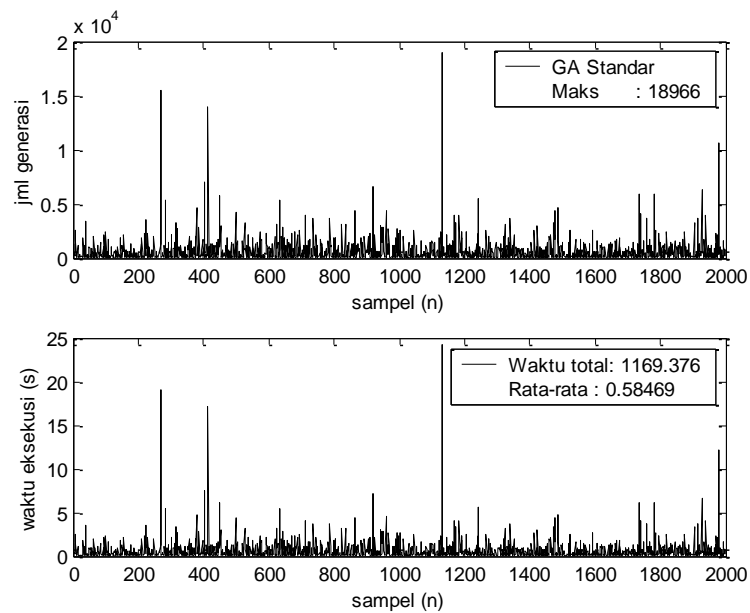
4. **Until** terminasi.

Kriteria untuk mengakhiri iterasi Algoritma Genetika dalam proses mencari solusi dapat menggunakan fungsi obyektif yaitu iterasi akan berhenti jika proses evaluasi telah menghasilkan sebuah nilai tertentu yang memenuhi fungsi obyektif. Selain itu juga dapat menggunakan kriteria berdasarkan jumlah generasi yang telah dibangkitkan. Gambar berikut ini adalah contoh pengamatan waktu eksekusi dan banyaknya generasi yang dihasilkan oleh Algoritma Genetika dalam mencari solusi.

Pengamatan tentang Algoritma Genetika dalam menjalankan proses pencarian sebuah solusi dilakukan dengan perulangan sebanyak 2000 kali. Ada dua metoda Algoritma Genetika yang diamati. Pertama, Algoritma Genetika melakukan proses terminasi berdasarkan kriteria bahwa nilai fungsi obyektif telah tercapai. Metoda ini disebut dengan metoda Algoritma Genetika Standar atau diberi nama GA Standar atau GA-Std. Kedua, Algoritma Genetika melakukan proses terminasi berdasarkan nilai fungsi obyektif dan apabila dalam sejumlah generasi tertentu solusi belum tercapai maka Algoritma Genetika melakukan penyegaran populasi awal sehingga membuka peluang baru dalam memperoleh solusi. Metoda Algoritma Genetika yang kedua ini dinamakan *GA Terminate-N*, dimana N adalah banyaknya generasi.

Hasil dari pengamatan kedua jenis metoda Algoritma Genetika dalam melakukan proses terminasi dapat dilihat pada gambar berikut ini.

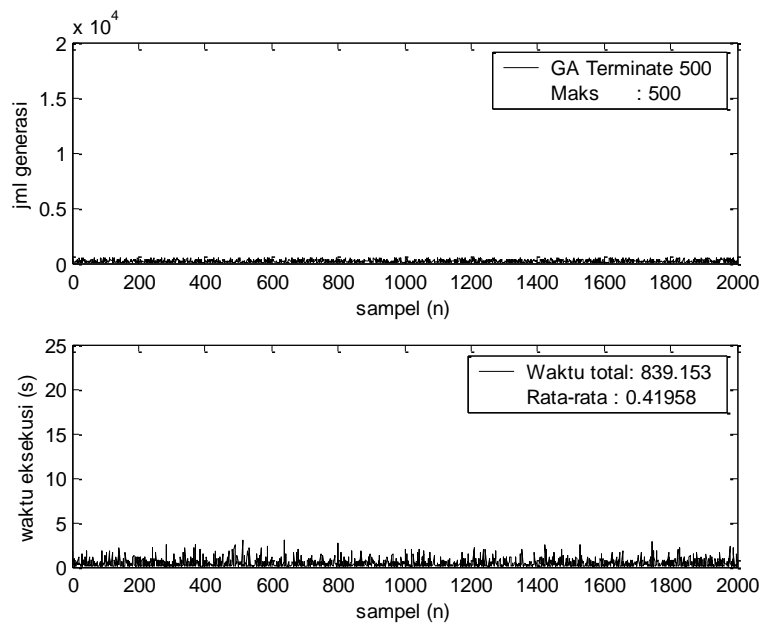
Gambar 5 tersebut menunjukkan jumlah generasi yang dibangkitkan dan waktu iterasi pada saat GA Standar melakukan iterasi dalam mencari solusi. Nampak bahwa kadang-kadang Algoritma Genetika dalam melakukan eksplorasi titik-titik solusi dan eksploitasi sebuah populasi tidak segera menemukan solusi yang diinginkan atau kriteria terminasi menggunakan fungsi obyektif belum tercapai meskipun jumlah generasi yang dibangkitkan sudah cukup besar. Jumlah generasi maksimum dibangkitkan adalah 18.966 generasi dalam memperoleh solusi yang diinginkan. Hal ini juga akan menyebabkan waktu iterasi Algoritma Genetika menjadi sangat lama dalam memperoleh solusi yaitu hampir 25 detik untuk jumlah generasi yang paling tinggi, dan waktu total dalam pengujian untuk 2.000 kali perulangan ini 1.169,376 detik. Waktu yang cukup lama ini sangat tidak diinginkan jika Algoritma Genetika akan digunakan dalam skema penjadwalan komputasi terdistribusi saat menerapkan metoda penjadwalan dinamis untuk keperluan komputasi sistem waktu nyata. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, maka GA Standar (GA-Std) dalam memperoleh solusi memiliki rata-rata 18.966 generasi dan waktu iterasi rata 0.58469 detik.



Gambar 5. Banyaknya generasi dan total waktu eksekusi GA Standar untuk mencapai solusi (2000 kali pengujian)

Gambar 6 menunjukkan jumlah generasi dan waktu iterasi GA Terminated-N dengan $N = 500$. Artinya Algoritma Genetika dibatasi 500 generasi dalam melakukan eksploitasi populasi. Jika jumlah generasi yang dibangkitkan sudah mencapai 500 dan solusi belum diperoleh, maka Algoritma Genetika melakukan inisialisasi ulang populasi awal sehingga memberikan kemungkinan baru dalam mencapai solusi yang diinginkan berdasarkan kriteria nilai fungsi obyektif. Berdasarkan hasil pengujian tentang GA *Terminated-500* ternyata waktu iterasi rata-rata menjadi lebih rendah yaitu 0,41958 dengan waktu total dalam pengujian untuk 2.000 kali perulangan hanya membutuhkan waktu 839,153 detik. Jumlah generasi maksimum tentu saja terbatas 500 generasi sesuai dengan nilai N yang diberikan. Angka waktu rata-rata iterasi dan waktu total hasil pengujian GA *Terminated-500* ini lebih rendah dibanding dengan hasil pengujian GA Standar yang ditunjukkan oleh Gambar 5.

Berdasarkan uraian hasil pengujian antara GA Standar dengan GA *Terminated-N* ini, maka untuk menghindari Algoritma Genetika terjebak dalam melakukan eksplorasi solusi dan eksploitasi populasi sebaiknya dilakukan pembatasan jumlah generasi yang dibangkitkan jika solusi yang diinginkan belum tercapai. Dengan demikian kriteria terminasi tidak hanya menggunakan fungsi obyektif tetapi juga jumlah generasi yang telah dihasilkan oleh Algoritma Genetika saat melakukan pelacakan solusi.



Gambar 6. Banyaknya generasi dan total waktu eksekusi GA *Terminated-N* untuk mencapai solusi (2000 kali pengujian untuk $N = 500$)

Dengan menggunakan GA *Terminated-N* ini, jika sejumlah generasi N sudah terbentuk namun fungsi obyektif untuk syarat terminasi belum tercapai, maka Algoritma Genetika diperbolehkan melakukan inisialisasi populasi ulang sehingga mengalami penyegaran dalam melakukan eksplorasi dan eksploitasi. Metoda ini akan menjadi perhatian pada saat membuat skema penjadwalan menggunakan Algoritma Genetika.

2. Analisis Perbandingan Metoda Paralelisme Data dan Paralelisme Tugas

Dalam membangun sebuah sistem komputasi paralel atau terdistribusi, ada beberapa model algoritma yang dapat digunakan. Pertama, model data paralel (*data-parallel model*) yaitu tugas komputasi dipetakan ke seluruh node komputasi dan setiap node komputasi menjalankan fungsi yang sama untuk data yang berbeda. Model ini sering disebut dengan paralelisme data. Kedua, model grafik tugas yaitu tugas-tugas komputasi digambarkan dalam bentuk grafik tugas yang menyatakan hubungan ketergantungan antar tugas, dan tiap-tiap tugas tersebut disebar ke node-node komputasi untuk melakukan proses komputasi terhadap sekelompok data yang sama. Model ini dikenal dengan paralelisme tugas. Ada beberapa model algoritma lainnya yaitu *work pool model*, *master-slave model*, *pipeline* atau *producer-consumer model*, dan *hybrid model*. Penelitian ini hanya membahas dua model algoritma yang pertama yaitu paralelisme data dan paralelisme tugas.

Zheng (2007) menggunakan paralelisme data dalam melakukan komputasi terdistribusi dengan skema penjadwalan *weighted-selective scheduling* terhadap tugas-tugas komputasi dari SDR. Skema penjadwalan ini memiliki kelebihan dalam hal pembagian beban kerja pada saat node-node komputasi memiliki kapasitas komputasi yang berbeda (*heterogen*), jika dibandingkan dengan skema penjadwalan dengan algoritma *Round Robin* yang hanya cocok untuk lingkungan komputasi *homogen*. Namun demikian, dengan digunakannya paralelisme data dalam sistem komputasi terdistribusi, skema penjadwalan *weighted-selective* masih memiliki kelemahan saat perbedaan kapasitas komputasi sangat menyolok antar node-node komputasi.

Jika perbedaan kapasitas komputasi dari node-node komputasi sangat besar, maka ada kemungkinan node komputasi yang memiliki kapasitas komputasi paling rendah tidak mendapatkan tugas komputasi sama sekali. Hal ini disebabkan tugas-tugas komputasi telah diberikan kepada node-node yang memiliki kapasitas komputasi yang jauh lebih tinggi dan paralelisme data yang digunakan tidak memberikan kesempatan dalam pembagian tugas secara merata karena setiap node melakukan komputasi yang sama dan menyeluruh untuk data yang berbeda. Dengan demikian model paralelisme data yang digunakan tidak menjamin pemerataan beban kerja.

Untuk mengatasi kelemahan paralelisme data yang digunakan dalam komputasi terdistribusi menggunakan skema penjadwalan *weighted-selective* dari Zheng tersebut, penelitian ini mengusulkan sistem komputasi terdistribusi dengan sistem paralelisme tugas dengan skema penjadwalan menggunakan algoritma genetika. Dengan menggunakan paralelisme tugas maka penjadwalan diberi kesempatan untuk mengatur jadwal secara optimal dengan pembagian tugas keseluruhan node-node komputasi yang ada berdasarkan kapasitasnya masing-masing. Setiap node akan melakukan tugas komputasi yang berbeda untuk menyelesaikan pemrosesan sebuah data. Fungsi algoritma genetika adalah melakukan optimasi penjadwalan untuk memperoleh waktu eksekusi yang paling kecil dengan pembagian beban kerja sedapat mungkin lebih merata dengan ditunjukkan oleh waktu *idle* tiap-tiap node komputasi sekecil mungkin.

Analisis waktu penyelesaian tugas (*finishing time*) dan pembagian beban kerja yang ditunjukkan oleh persentase waktu idle terhadap waktu penyelesaian tugas yang telah dilakukan dalam penelitian ini antara paralelisme data yang digunakan oleh Zheng dengan paralelisme tugas dengan menggunakan algoritma genetika dapat dilihat pada analisis berikut ini.

Misalkan tugas komputasi yang akan diselesaikan adalah:

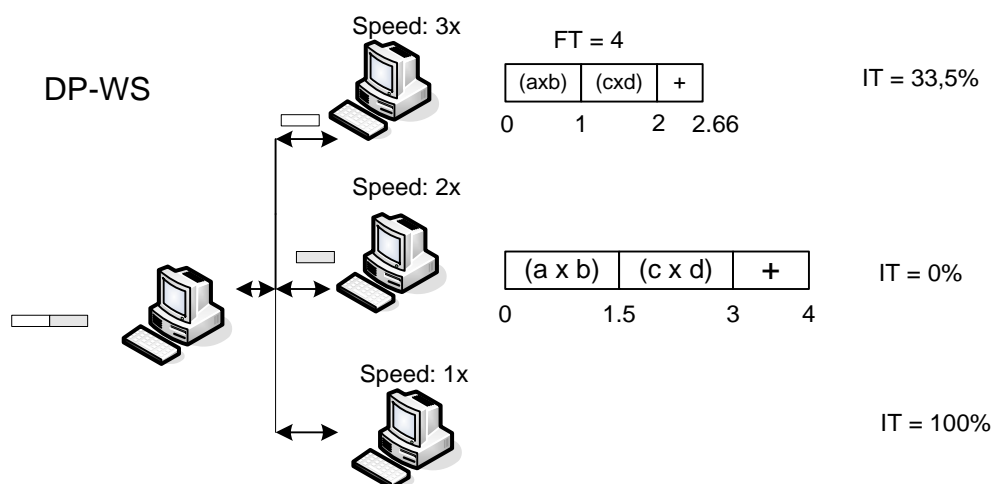
$$(a \times b) + (c \times d) \tag{3}$$

Diketahui waktu eksekusi untuk perkalian (\times) adalah 3 satuan waktu, sedangkan waktu eksekusi penjumlahan ($+$) adalah 2 satuan waktu. Berikut ini perbandingan waktu eksekusi total hasil penjadwalan antara komputasi terdistribusi menggunakan paralelisme data dengan penjadwalan *weighted-selective* (DP-WS) dengan komputasi terdistribusi menggunakan paralelisme tugas dengan algoritma genetika (TP-GA).

Seandainya ada 2 buah paket data dan sistem komputasi terdistribusi terdiri dari 3 buah *client*, dimana *client-1* memiliki kemampuan komputasi sebesar 1x, *client-2* memiliki kemampuan komputasi 2x, dan *client-3* memiliki kemampuan komputasi 3x, maka waktu total proses komputasi untuk masing-masing proses komputasi terdistribusi dapat dijelaskan sebagai berikut.

Gambar 7 menunjukkan proses komputasi terdistribusi DP-WS beserta perhitungan waktu total eksekusi untuk masing-masing *client* serta waktu idle untuk masing-masing *client*. Sifat penjadwalan WS (*weighted-scheduling*) adalah selalu memprioritaskan node yang memiliki kemampuan komputasi yang paling tinggi, sehingga untuk paket data pertama proses komputasi diserahkan ke *client-3* yang memiliki kecepatan 3x. Dengan adanya metoda DP maka *client-3* akan melakukan seluruh proses komputasi (perkalian dan penjumlahan) untuk paket data pertama.

Berdasarkan metoda DP-WS tersebut, maka waktu eksekusi total proses komputasi pada *client-3* adalah 2,66 satuan waktu. Sedangkan untuk paket yang kedua, karena *client-3* sedang mengerjakan komputasi paket data pertama, maka WS akan menyerahkan proses komputasi paket data kedua ini kepada *client-2* karena prioritas komputasinya masih lebih tinggi dibanding *client-1*. Dengan adanya metoda DP maka *client-2* akan mengerjakan seluruh proses komputasi untuk paket data kedua (perkalian dan penjumlahan) juga, sehingga waktu eksekusi total penyelesaian jadwal adalah 4 satuan waktu.



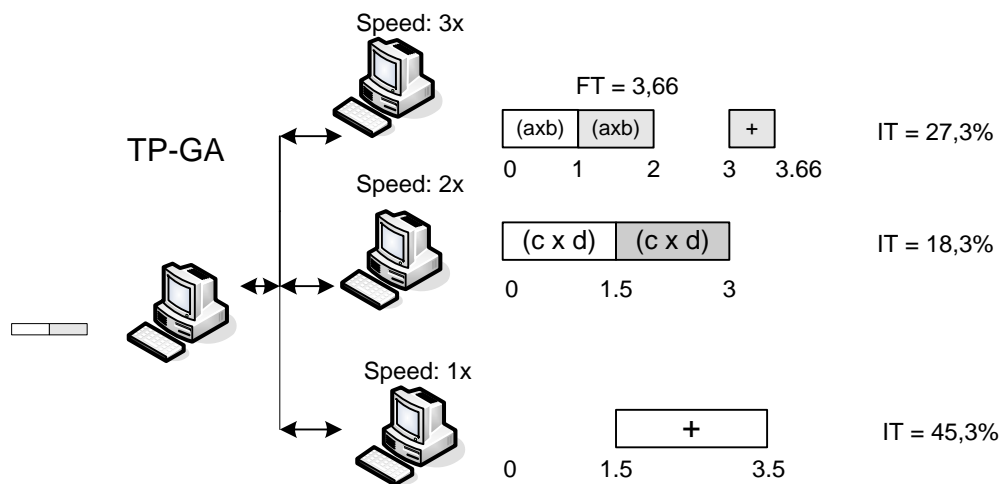
Gambar 7. Waktu eksekusi dan waktu idle metoda DP-WS (2 paket, 3 client)

Jika proses komputasi berhenti untuk dua paket data tersebut, maka dapat diketahui bahwa *client-1* sama sekali tidak mengerjakan tugas sama sekali. Jika waktu *idle* (IT) sebuah node dinyatakan sebagai persentase waktu yang tidak digunakan oleh node tersebut untuk melakukan komputasi terhadap waktu eksekusi total maksimum penyelesaian jadwal atau dapat dinyatakan:

$$IT(p) = \frac{FT_{\max} - FT_p}{FT_{\max}} \times 100\% \quad (4)$$

dimana, $IT(p)$ adalah waktu *idle* dari node p , FT_p adalah waktu eksekusi total yang diperlukan oleh node p dalam menjalankan komputasi, dan FT_{\max} adalah waktu eksekusi total maksimum proses komputasi.

Berdasarkan persamaan tersebut diatas, maka waktu *idle* $IT(p)$ untuk *client-1* adalah 100%, sedangkan waktu *idle* *client-2* adalah 0%, dan waktu *idle* *client-3* adalah 33,5%. Beban kerja dapat dikatakan merata jika semua node memiliki nilai waktu IT yang relatif sama. Jika waktu *idle* IT diambil nilai maksimumnya, maka proses komputasi terdistribusi di atas memiliki $IT = 100\%$.



Gambar 8. Waktu eksekusi dan waktu *idle* metoda TP-GA (2 paket, 3 client)

Berbeda dengan metoda TP-GA seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8. Metoda TP akan membagi semua tugas komputasi untuk memproses sebuah paket data. Dengan demikian, fungsi penjadwalan adalah mencari jadwal yang paling optimal yaitu menghasilkan sebuah penjadwalan yang memiliki waktu eksekusi total paling rendah. Dengan 2 buah paket data dan 3 buah *client*

dengan kecepatan komputasi seperti tersebut di atas, maka waktu eksekusi total penyelesaian jadwal adalah $FT = 3,66$ satuan waktu untuk metoda TP-GA (lebih rendah dibanding metoda DP-WS yaitu membutuhkan waktu eksekusi total 4 satuan waktu). Waktu *idle* IT metoda TP-GA juga menjadi lebih merata untuk semua node komputasi, dengan nilai paling besar adalah 45,3% (lebih rendah dibanding metoda DP-WS yaitu IT maksimumnya adalah 100%).

C. Faktor-Faktor Pendukung

Beberapa faktor eksternal yang mendukung kelancaran pelaksanaan kegiatan penelitian ini antara lain:

1. Ketersediaan ruangan, komputer, akses internet, dan listrik di Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika dan tim peneliti memiliki hak akses secara penuh untuk semua sarana pendukung yang ada.
2. Beberapa algoritma pemrograman yang diperlukan relatif mudah ditemukan baik secara on-line maupun off-line, meskipun perlu dilakukan seleksi dan modifikasi sehingga diperoleh algoritma yang sesuai.
3. Komunitas pengembang SDR GNU-Radio telah memiliki fasilitas informasi dan komunikasi sehingga memudahkan untuk mencari sumber acuan dan diskusi jika diperlukan.
4. Algoritma Genetika merupakan sebuah algoritma optimasi yang banyak digunakan di bidang kendali dan banyak dibahas di bidang Softcomputing sehingga memudahkan dalam memperoleh materi dan penjelasan tentang Algoritma Genetika.

D. Faktor-Faktor Penghambat

Beberapa faktor penghambat (internal dan eksternal) yang dihadapi dalam menjalankan kegiatan penelitian ini antara lain:

1. Perubahan besarnya dana yang disetujui lebih rendah dari dana yang diusulkan dan waktu pelaksanaan penelitian yang lebih singkat sangat berpengaruh dalam proses kegiatan penelitian ini. Beberapa komponen dasar (perangkat keras dan perangkat lunak) yang sangat diperlukan dalam penelitian ini tidak bisa diadakan sehingga beberapa kegiatan yang membutuhkan perangkat tersebut tidak dapat dilaksanakan.
2. GA sarat akan kebolehjadian (probabilitas) sehingga berbagai macam kemungkinan bisa berpengaruh dalam menghasilkan solusi. Untuk itu, berbagai macam metode yang digunakan dalam tiap komponen GA harus dikaji secara cermat sehingga GA yang digunakan benar-benar sesuai dengan kasus yang akan dicari solusinya (dalam hal ini solusi tentang penjadwalan

komputasi). Hal ini sesuai dengan karakteristik GA yaitu bersifat kasuistik terhadap penyelesaian sebuah masalah. Artinya, penyelesaian sebuah kasus menggunakan GA tidak akan selalu sama dengan penyelesaian kasus lainnya yang sama-sama menggunakan GA dalam hal metode dan parameter yang digunakan dalam menjalankan GA. Dengan kata lain, setiap penyelesaian kasus menggunakan GA memerlukan kajian yang mendalam sehingga aplikasi GA benar-benar optimal sesuai dengan permasalahan yang akan dicarikan solusinya. Permasalahan ini tentu saja akan mendorong proses penelitian menjadi lama karena kasus yang dihadapi selalu berkembang dan waktu yang digunakan untuk eksplorasi juga semakin lama.

3. Padatnya jadwal kegiatan akademik selain penelitian bagi tim peneliti sangat membatasi kegiatan penelitian Tahun I (2013) yang harus dilaksanakan di Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika FT UNY.

E. Jalan Keluar/Solusi

1. Perubahan anggaran yang mengakibatkan dana yang disetujui lebih rendah dari biaya yang diusulkan dan waktu pelaksanaan yang lebih singkat disikapi dengan menggeser sebagian target atau luaran penelitian ke Tahun II (2014), dengan harapan dapat teratasi dalam pelaksanaan kegiatan Tahap II (Tahun II).
2. Untuk mengatasi permasalahan tentang karakteristik GA dalam mencari solusi sebuah permasalahan yang dijelaskan pada Bagian D.2 adalah dengan memilih salah satu metode yang dianggap cukup untuk proses optimasi meskipun belum menghasilkan GA yang benar-benar optimal. Kajian metoda lain yang lebih mendalam dan memiliki unjuk kerja yang lebih baik dimasukkan dalam kegiatan tindak lanjut penelitian ini, yaitu kegiatan untuk mengkaji tentang optimasi metoda dan parameter GA yang digunakan dalam menyelesaikan sebuah permasalahan (dalam hal ini terkait dengan penjadwalan komputasi terdistribusi).
3. Kegiatan penelitian yang tidak bisa dilaksanakan dalam jam kerja, diberikan alokasi waktu pada hari Sabtu dan Minggu dan kegiatan yang tidak bisa dilaksanakan di laboratorium (ruangan di lingkungan Jurusan Pend. Teknik Elektronika) karena terbatas jam kerja dilaksanakan di tempat lain yang masih memungkinkan untuk melaksanakan penelitian.

F. Ketercapaian

Berdasarkan hasil kegiatan yang telah dilaksanakan sampai dengan Laporan Akhir ini di buat, seluruh target penelitian yang direncanakan sudah terpenuhi 100%. Kegiatan Tahun I yang kemungkinan besar baru dapat dilaksanakan pada tahun berikutnya (2014) adalah publikasi dalam bentuk artikel jurnal karena terkendala dengan ketersediaan penerbitan jurnal untuk akhir tahun 2013.

BAB 6

RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA

Penelitian ini dilaksanakan dalam dua tahap seperti yang dijelaskan pada Bab 4. Tahap I telah dilaksanakan pada Tahun 2013 dan hasil penelitian dibahas dalam laporan akhir penelitian ini. Tahap berikutnya adalah Tahap II yang akan dilaksanakan pada Tahun 2014. Berdasarkan urutan kegiatan yang tercantum dalam bentuk *fishbone* pada Gambar 4, kegiatan dan target pelaksanaan Tahap II dapat dijelaskan sebagai berikut.

Tahap II (Tahun 2014)

1. Studi Pustaka dan Analisis Kebutuhan

Studi pustaka merupakan kegiatan awal pada Tahun II dan selalu dilakukan dalam setiap kegiatan (berkelanjutan). Studi pustaka ini dilakukan untuk mempertajam pengetahuan dan konsep penjadwalan komputasi secara umum, penjadwalan komputasi paralel dan terdistribusi, aplikasi Algoritma Genetika dalam penjadwalan komputasi, pengolahan sinyal digital frekuensi tinggi, *Software-Defined Radio* (SDR). Selain itu, studi pustaka juga diperlukan untuk mempertajam pengetahuan dan konsep tentang algoritma-algoritma pemrograman yang terkait dengan aplikasi Algoritma Genetika dalam penjadwalan komputasi terdistribusi dengan menggunakan metoda paralelisme tugas untuk pengolahan sinyal frekuensi tinggi (studi kasus komputasi SDR). Kegiatan ini juga termasuk analisis kebutuhan berdasarkan hasil kajian pustaka yang telah dilakukan.

2. Eksplorasi platform komputasi

Kegiatan ini bertujuan untuk memperoleh platform komputasi yang cocok untuk kebutuhan komputasi SDR selain mengandalkan platform Universal Software Radio Peripheral (USRP) dari GNU Radio. Kandidat yang diajukan untuk eksplorasi platform komputasi adalah *Programmable System on Chip* (PSoC). Kegiatan yang dilakukan dimulai dari menjalankan program demo sampai dengan membuat program dengan menggunakan PSoC.

3. Pengembangan Sistem SDR

Kegiatan ini merupakan kegiatan penelitian-penelitian selanjutnya dan lebih bersifat peningkatan pengetahuan berdasarkan perkembangan terkini tentang SDR. Tujuan kegiatan ini adalah agar tidak ketinggalan dalam pengembangan SDR saat ini, baik dari sisi perangkat keras (platform komputasi) maupun perangkat lunaknya. Selain itu, kegiatan ini sebagai sarana kajian model alternatif SDR untuk pengembangan berikutnya baik dalam bentuk algoritma, perangkat lunak, maupun perangkat keras yang dapat digunakan dalam pengembangan SDR.

4. Implementasi Sistem Tahap II

Kegiatan ini melakukan kajian tentang simulasi dan pengujian sistem penjadwalan komputasi terdistribusi menggunakan Algoritma Genetika dengan metode paralelisme tugas dengan studi kasus komputasi pengolahan sinyal frekuensi tinggi dalam menjalankan fungsi SDR. Selanjutnya, hasil simulasi dan pengujian digunakan dalam pengembangan perangkat lunak menggunakan bahasa pemrograman Java untuk pengembangan sistem penjadwalan komputasi terdistribusi menggunakan Algoritma Genetika dengan metoda paralelisme tugas untuk menjalankan fungsi SDR.

5. Pengujian

Pengujian dilakukan secara parsial terlebih dahulu terhadap fungsi masing-masing bagian, kemudian dilakukan fungsi secara terintegrasi. Kegiatan ini akan menghasilkan sebuah prototipe sistem penjadwalan komputasi terdistribusi menggunakan Algoritma Genetika dengan metoda paralelisme tugas untuk menjalankan fungsi SDR.

6. Publikasi dan Laporan Akhir

Semua hasil penelitian baik dari Tahap I dan Tahap II dirangkum dalam sebuah laporan akhir dan digunakan sebagai bahan penulisan makalah seminar atau artikel jurnal. Luaran penelitian untuk Tahap II (Tahun 2014) adalah:

- Prototipe platform komputasi menggunakan PSoC.
- Prototipe perangkat lunak Algoritma Genetika untuk keperluan penjadwalan (optimasi penjadwalan).
- Prototipe algoritma penjadwalan komputasi terdistribusi menggunakan Algoritma Genetika dengan metoda paralelisme tugas (dalam bentuk program simulasi Matlab).
- Prototipe aplikasi Algoritma Genetika untuk penjadwalan komputasi terdistribusi dengan metode paralelisme tugas dengan studi kasus aplikasi SDR untuk fungsi pengirim dan penerima.
- Makalah seminar atau artikel jurnal.

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan pengujian tentang Algoritma Genetika khususnya dalam melakukan proses terminasi, maka Algoritma Genetika yang dipilih GA Terminated-N agar proses optimasi memiliki waktu komputasi yang lebih singkat. Analisis tentang perbedaan WS-DP dengan TP-GA membuktikan bahwa skema penjadwalan TP-GA memiliki beban kerja yang lebih merata dilihat dari waktu istirahat (*idle time*) node-node komputasi.

B. Saran

Berdasarkan keterbatasan tentang pelaksanaan kegiatan penelitian ini, maka tindak lanjut dari hasil penelitian ini adalah kajian yang lebih mendalam terhadap:

- Analisis yang lebih mendalam tentang perbedaan WS-DP dengan TP-GA
- Eksplorasi operasi genetika (perhitungan nilai fitness, seleksi, crossover, dan mutasi) dari Algoritma Genetika yang sesuai dengan kebutuhan penjadwalan komputasi paralel atau komputasi terdistribusi.
- Eksperimen terhadap kasus komputasi SDR dalam bentuk grafik tugas (Task Graph) dalam melakukan optimasi penjadwalan komputasi terdistribusi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdeyazdan, M., dan Rahmani, A. M. (2008) : *Multiprocessor Task Scheduling Using a New Prioritizing Genetic Algorithm based on number of Task Children*, Distributed and Parallel Systems, Springer US, pp. 105 – 114. [On-line], Available at <http://www.springerlink.com/content/v57t546136578451/fulltext.pdf>.
- Bose, V. G. (1999) : Design and Implementation of Software Radios Using a General Purpose Processors, [Online] <http://www.sigmobile.org/phd/1999/theses/bose.pdf>.
- Corneloup, M. (2002) : Open Architecture for Software Defined Radio Systems, [Online] <http://www.csem.ch/slats/files/AmblesideCom-Final.pdf> - Similar pages.
- Gweon-Do JO. (2005) : A DSP-Based Reconfigurable SDR Platform for 3G Systems, *Journal of IEICE Transaction on Communication*, **Vol. E88-B No.2 Feb. 2005**, 678 – 686.
- Harris, F.J., Dick, C., dan Rice, M. (2003) : Digital Receivers and Transmitter Using Polyphase Filter Banks for Wireless Communications, *Journal of IEEE Transaction on Microwave Theory and Techniques*, **Vol. 51, No.4**, 1395 – 1412.
- Lee, Y. H., dan Chen, C. (2003) : A Modified Genetic Algorithm For Task Scheduling In Multiprocessor Systems, [On-line], Available at <http://parallel.iis.sinica.edu.tw/cthpc2003/papers/CTHPC2003-18.pdf>.
- Malm, H. V. (2005) : Implementing Physycal and Data Link Control Layer in the GNU Radio Software-Defined Radio Platform, [On-line] http://typo3.cs.uni-paderborn.de/fileadmin/Informatik/AG-Karl/Pubs/vmalm05-sa-gsr_aloha.pdf.
- Marpanaji, E., Riyanto T., B., Langi., A. Z. R., dan Kurniawan, A., (2007) : Pengukuran Unjuk Kerja Modulasi GMSK pada Software-Defined Radio Platform, *Jurnal Telkomnika*, **Vol. 5, No. 2 Agustus 2007**, 73 – 84.
- Marpanaji, E., T., B., Langi., A. Z. R., dan Kurniawan, A., (2008) : Studi Eksperimen Unjuk-Kerja Modulasi DBPSK pada Platform Software-Defined Radio (SDR), *Jurnal Technoscientia*, **Vol. 1 No. 1 Agustus 2008**, 14 – 22.
- Marpanaji, E., Riyanto T., B., Langi., A. Z. R., dan Kurniawan, A., (2008) : Experimental Study of DQPSK Modulation on SDR Platform, *ITB Journal of Information and Communication Technology*, **Vol. 1 No. 2 November 2008**, 84 – 98.
- Marpanaji, E., dkk. (2009) : Dekomposisi Tugas-tugas Software-Defined Radio (SDR), *Jurnal Technoscientia*, **Vol. 2 No. 1 Agustus 2009**, 50 – 60.
- Marpanaji, E.**, Riyanto T., B., Langi., A. Z. R., Kurniawan, A., Mahendra, A., dan Liung, T., (2007), Experimental Study of DQPSK Modulation on SDR Platform. *Proceeding of International Conference on Rural ICT 2007*, Bandung, August, 6th, 2007.
- Riyanto T., B., **Marpanaji, E.**, Langi., A. Z. R., Kurniawan, A., Mahendra, A., dan Liung, T., (2007) : Software Architecture of Software-Defined Radio (SDR). *Proceeding of International Conference on Rural ICT 2007*, Bandung, August, 6th, 2007.
- Mahendra, A., Langi, A. Z. R., Riyanto T., B., **Marpanaji, E.**, dan Liung, T., (2007) : Optimasi dan Sintesis Desain FPGA pada Software-Defined Radio Menggunakan Synopsys. *Proceeding of National Conference on Computer Science & Information Technology University of Indonesia 2007 (NACSIT 2007)*, Depok, January, 29th – 30th, 2007.
- Marpanaji, E.**, Riyanto T., B., Langi, A. Z. R., Kurniawan, A., Mahendra, A., dan Liung, T., (2006) : Simulation and Experimental Study of GMSK Modulation on SDR Platform. *Proceeding of TSSA and*

WSSA 2006. *The 3rd Conference on Telematics System, Services and Applications and 1st Conference on Wireless System, Service and Applications, ITB 2006, Bandung*, 8th – 9th December 2006.

- Marpanaji, E.**, Riyanto T., B., Langi, A. Z. R., Kurniawan, A., dan Mahendra, A., (2006) : Arsitektur Software-Defined Radio (SDR). *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Komputer dan Aplikasinya (SNIKA) 2006 Universitas Katolik Parahyangan*, November 2006.
- Marpanaji, E.**, Riyanto T., B., Langi, A. Z. R., Kurniawan, A., dan Mahendra, A., (2006) : Aspek Komputasi Platform Software-Defined Radio. *Prosiding Seminar Nasional Indonesian Conference on Telecommunications (ICTel) 2006, STT Telkom Bandung*, 20 – 22 September 2006.
- Michalewics, Z. (1996) : *Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs*, Springer, New York, pp. 45 – 55.
- Pucker, L. (2002) : Channelization Techniques for Software Radio, [Online] http://www.spectrumsignal.com/channel_techniques/Channelization_Paper_SDR_forum.pdf.
- Rahmani, A. M., dan Vahedi, M. A. (2008) : A Novel Task Scheduling In Multiprocessor Systems With Genetic Algorithm By Using Elitism Stepping Method, *Journal of Computer Science*, **Vol. 7 No. 2 June 2008**. [On-line]. Available at <http://www.dcc.ufla.br/infocomp/artigos/v7.2/art08.pdf>.
- Reed, J. H. (2002) : *Software Radio: A Modern Approach to Radio Engineering*, New Jersey, Prentice Hall.
- Tsujimura, Y., dan Gen M. (1997) : *Genetic Algorithms for Solving Multiprocessor Scheduling Problems, Simulated Evolution and learning*, Heidelberg, Springer Berlin, pp. 106 – 115. [On-line], Available at <http://www.springerlink.com/content/w461447527q15086/fulltext.pdf>.
- Valentin, S., Malm, H. V., dan Karl, H. (2006) : Evaluating The GNU Software Radio Platform for Wireless Testbeds, [On-line] http://typo3.cs.uni-paderborn.de/fileadmin/Informatik/AG-Karl/Pubs/TR-RI-06-273-gnuradio_testbed.pdf, February, 2006.
- Zheng, K., Li G., dan Huang L. (2007) : A weighted Scheduling Scheme in an Open Software Radio Environment, Communication, Computer and Signal Processing, PacRim 2007, *Proceedings of IEEE Pacific Rim Conference, Canada, August, 2007*, pp. 561 – 564.

LAMPIRAN

A. Surat Kontrak Penelitian



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

Alamat: Karangmalang, Yogyakarta. 55281.
Telp. (0274) 550839 Fax. (0274) 518617. e-mail: lppm.uny@gmail.com

SURAT PERJANJIAN INTERNAL
PELAKSANAAN PENELITIAN FUNDAMENTAL
NOMOR : 018/APID-BOPTN/UN34.21/2013

Pada hari ini selasa tanggal delapan belas bulan Juni tahun dua ribu tiga belas kami yang bertanda tangan di bawah ini :

1. Prof. Dr. Anik Ghufron. : Ketua Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Negeri Yogyakarta yang berkedudukan di Yogyakarta dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama perguruan tinggi tersebut; selanjutnya disebut PIHAK PERTAMA.
2. Dr. EKO MARPANAJI, MT : Ketua Tim Peneliti dari Penelitian Fundamental, yang beralamat di Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, selanjutnya disebut PIHAK KEDUA.

Surat Perjanjian Internal ini berdasarkan :

1. Undang-undang Republik Indonesia No. 20 Tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Undang-undang Republik Indonesia No. 17 Tahun 2003, tentang Keuangan Negara;
3. Undang-undang Republik Indonesia No. 01 Tahun 2004, tentang Perbendaharaan Negara;
4. Undang-undang Republik Indonesia No. 15 Tahun 2004, tentang Pemeriksaan dan Tanggung Jawab Keuangan Negara;
5. Peraturan Presiden No. 47 Tahun 2009, tentang Pembentukan dan Organisasi Kementerian Negara;
6. Keputusan Menteri Pendidikan Nasional No. 975/A3/3/KU/2011, tentang Pengangkatan Pejabat Perbendaharaan/Pengelola Keuangan pada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat;
7. Peraturan Menteri Pendidikan Nasional No. 31 Tahun 2010, tentang Organisasi dan Tata Keuangan Kementerian Pendidikan Nasional;
8. Peraturan Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor: 09/DIKTI/Kep/2011, tentang Petunjuk Teknis Kegiatan Penugasan di Lingkungan Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat;
9. Surat Perjanjian Penugasan dalam Rangka Pelaksanaan Program Penelitian Tahun Anggaran 2013. DIPA Universitas Negeri Yogyakarta No. : DIPA-023.04.2.189946/2013 tanggal 5 Desember 2012. Revisi ke-3 No.: DIPA-023.04.2.189946/2013 tanggal 6 Mei 2013.
10. Surat Keputusan Rektor UNY Nomor : 266a Tahun 2013, tanggal 1 Mei 2013 tentang penetapan pemenang dan judul penelitian desentralisasi Dana Bantuan Operasional Perguruan Tinggi.

PIHAK PERTAMA dan PIHAK KEDUA secara bersama-sama bersepakat mengikatkan diri dalam suatu Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Fundamental dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagai berikut:

Pasal 1

PIHAK PERTAMA memberi tugas kepada PIHAK KEDUA, dan PIHAK KEDUA menerima tugas tersebut sebagai penanggung jawab dan mengkoordinasikan pelaksanaan Penelitian Fundamental dengan judul dan nama Ketua/Anggota Peneliti sebagai berikut :

Judul : APLIKASI ALGORITMA GENETIKA PADA SKEMA PENJADWALAN KOMPUTASI TERDISTRIBUSI (STUDI KASUS PADA SOFTWARE-DEFINED RADIO)
Ketua Peneliti : Dr. EKO MARPANAJI, MT
Anggota : 1. ADI DEWANTO, M.Kom
2. DIDIK HARIYANTO, M.T
3.

Pasal 2

- (1) PIHAK PERTAMA memberikan dana Penelitian yang tersebut pada Pasal 1 sebesar Rp 40.000.000,00 (Empat puluh juta rupiah) yang dibebankan kepada Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Negeri Yogyakarta No. : DIPA-023.04.2.189946/2013 tanggal 5 Desember 2012. Revisi ke-3 No.: DIPA-023.04.2.189946/2013 tanggal 6 Mei 2013.
- (2) PIHAK KEDUA berhak menerima dana tersebut pada ayat (1) dan berkewajiban menggunakan sepenuhnya untuk pelaksanaan penelitian sebagaimana pasal 1 sampai selesai sesuai ketentuan pembelanjaan keuangan negara.

Pasal 3

Pembayaran dana Penelitian Fundamental ini akan dilaksanakan melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat UNY dan dibayarkan secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut :

- (1) Tahap Pertama 70% sebesar Rp.28.000.000,00 (Dua puluh delapan juta rupiah) setelah Surat Perjanjian ini ditandatangani oleh kedua belah pihak.
- (2) Tahap Kedua 20% sebesar Rp. 8.000.000,00(Delapan juta rupiah) setelah PIHAK KEDUA menyerahkan Laporan Akhir Hasil Pelaksanaan Penelitian kepada PIHAK PERTAMA dalam bentuk hardcopy sebanyak 6 (enam) eksemplar disertai softcopy (CD dalam format "pdf") paling lambat tanggal 20 Nopember 2013.
- (3) Tahap Ketiga 10% sebesar Rp 4.000.000,00 (Empat juta rupiah) setelah PIHAK KEDUA menyerahkan Hasil Kinerja Penelitian kepada PIHAK PERTAMA dalam bentuk hard copy sebanyak 3 (tiga) disertai Sofcopy (CD dalam bentuk format "PDF").
- (4) PIHAK KEDUA wajib membuat Laporan Kemajuan Pelaksanaan Penelitian dan Laporan Penggunaan Keuangan sejumlah termin I sebesar 70%, dan diserahkan kepada PIHAK PERTAMA dalam bentuk hardcopy masing-masing 2 (dua) eksemplar paling lambat tanggal 13 September 2013.
- (5) PIHAK KEDUA berkewajiban mempertanggungjawabkan pembelanjaan dana yang telah diterima dari PIHAK PERTAMA dan menyimpan bukti-bukti pengeluaran yang telah disesuaikan dengan ketentuan pembelanjaan keuangan Negara.
- (6) PIHAK KEDUA berkewajiban mengembalikan sisa dana yang tidak dibelanjakan kepada PIHAK PERTAMA untuk selanjutnya disetorkan ke Kas Negara.

Pasal 4

PIHAK KEDUA berkewajiban untuk:

- (1) Mempresentasikan hasil penelitiannya pada seminar yang akan dilaksanakan oleh Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta;
- (2) Mendaftarkan hasil penelitiannya untuk memperoleh HKI;
- (3) Memanfaatkan hasil penelitian untuk proses bahan mengajar;
- (4) Mempublikasikan hasil penelitiannya pada jurnal yang terakreditasi.
- (5) Membayar PPh pasal 21, PPh pasal 22, PPh pasal 23 dan PPh sesuai ketentuan yang berlaku
- (6) Mengikuti Seminar dari Awal sampai dengan selesai

Pasal 5

- (1) Jangka waktu pelaksanaan penelitian yang dimaksud Pasal 1 ini selama 6 (enam) bulan terhitung mulai 27 Mei 2013 sampai dengan 27 Nopember 2013, dan PIHAK KEDUA harus menyelesaikan Penelitian yang dimaksud dalam Pasal 1 selambat-lambatnya **20 Nopember 2013**.
- (2) PIHAK KEDUA harus menyerahkan kepada PIHAK PERTAMA berupa :
 - a. Laporan Akhir Hasil Penelitian dalam bentuk hardcopy sebanyak 6 (enam) eksemplar, dan dalam bentuk soft copy (CD dalam format **"*.pdf"**) sebanyak 1 (satu) keping.
 - b. Artikel Ilmiah untuk dimasukkan ke Jurnal di melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat UNY, yang terpisah dari laporan sebanyak 2 (dua) eksemplar
- (3) Laporan hasil penelitian dalam bentuk hard copy harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :
 - a. Bentuk/ukuran kertas kuarto
 - b. Warna cover ABU-ABU
 - c. Di bagian bawah kulit ditulis :
Dibiayai oleh DIPA Universitas Negeri Yogyakarta dengan Surat Perjanjian Penugasan dalam rangka Pelaksanaan Program Penelitian Fundamental Tahun Anggaran 2013 Nomor: 532a/BOPTN/UN34.21/2013 Tanggal 27 Mei 2013
- (4) Selanjutnya laporan tersebut akan disampaikan ke :
 - a. Perpustakaan Nasional Republik Indonesia, Jakarta sebanyak 1 (satu) eks.
 - b. PDII LIPI Jakarta sebanyak 1 (satu) eks.
 - c. BAPPENAS c.q. Biro APKO Jakarta sebanyak 1 (satu) eks.
 - d. Perpustakaan Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat UNY sebanyak 3 (tiga) eks.
- (5) Apabila batas waktu habisnya masa penelitian ini PIHAK KEDUA belum menyerahkan Laporan Akhir Hasil Penelitian kepada PIHAK PERTAMA, maka PIHAK KEDUA dikenakan denda sebesar 1% (satu persimil) setiap hari keterlambatan sampai dengan setinggi-tingginya 5% (lima persen) dari nilai surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Penelitian, terhitung dari tanggal jatuh tempo yang telah ditetapkan sampai dengan berakhirnya pembayaran dana Hibah Penelitian oleh Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.

Pasal 6

- (1) Apabila ketua peneliti sebagaimana dimaksud pasal 1 tidak dapat menyelesaikan pelaksanaan penelitian ini, maka PIHAK KEDUA wajib menunjuk pengganti ketua pelaksana sesuai dengan bidang ilmu yang diteliti dan merupakan salah satu anggota tim;
- (2) Bagi Peneliti yang tidak dapat menyelesaikan kewajibannya dalam Tahun Anggaran yang sedang berjalan dan waktu proses pencairan biayanya telah berakhir, maka seluruh dana yang belum sempat dicairkan dinyatakan hangus dan kembali ke Kas Negara.

- (3) Apabila PIHAK KEDUA tidak dapat melaksanakan tugas sebagaimana dimaksud pada pasal 1 maka harus mengembalikan seluruh dana yang telah diterimanya kepada PIHAK PERTAMA, untuk selanjutnya disetor ke Kas Negara.
- (4) Apabila dikemudian hari terbukti bahwa judul-judul penelitian sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 dijumpai adanya indikasi duplikasi dengan penelitian lain dan/atau diperoleh indikasi ketidakjujuran dan itikad kurang baik yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah, maka penelitian tersebut dinyatakan batal dan PIHAK KEDUA wajib mengembalikan seluruh dana penelitian yang telah diterimanya kepada PIHAK PERTAMA untuk selanjutnya disetor ke Kas Negara.

Pasal 7

Hak Kekayaan Intelektual yang dihasilkan dari pelaksanaan penelitian tersebut diatur dan dikelola sesuai dengan peraturan dan perundang-undangan yang berlaku.

Pasal 8

Hasil penelitian berupa peralatan dan / atau alat yang dibeli dari kegiatan penelitian ini adalah milik negara yang dapat dihibahkan kepada Universitas Negeri Yogyakarta atau Lembaga Pemerintah lain melalui Surat Keterangan Hibah.

Pasal 9

Surat Perjanjian Internal Pelaksanaan Penelitian ini dibuat rangkap 2 (dua), dan masing-masing dibubuhi meterai sesuai dengan ketentuan yang berlaku, dan biaya meterainya dibebankan kepada PIHAK KEDUA.

Pasal 10

Hal-hal yang belum diatur dalam perjanjian ini akan ditentukan kemudian oleh kedua belah pihak secara musyawarah.

PIHAK KEDUA
Ketua Peneliti,



Dr. EKO MARPANAJI, MT
NIP 196706081993031002

PIHAK PERTAMA
Ketua LPPM
Universitas Negeri Yogyakarta



Prof. Dr. Anik Ghufron
NIP. 19621111 198803 1 001

B. Makalah Seminar Nasional Informatika dan Aplikasinya (SNIA) 2013 di UNJANI

APLIKASI ALGORITMA GENETIKA UNTUK PENJADWALAN KOMPUTASI TERDISTRIBUSI *SOFTWARE-DEFINED RADIO* (SDR)

Eko Marpanaji¹

¹Pend. Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta
Jl. Colombo No. 1, Karangmalang, Yogyakarta, 55281
Telp : (0274) 586168, Fax : (0274) 586168, website: <http://uny.ac.id>
¹eko@uny.ac.id

Abstrak

Skema penjadwalan *weighted-selective* dengan metoda paralelisme data (*data-parallelism*) atau DP-WS akan selalu memprioritaskan *node* yang memiliki kemampuan komputasi paling tinggi, sehingga beban kerja komputasi paralel menjadi tidak merata. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan komputasi terdistribusi untuk tugas-tugas komputasi dalam SDR dengan menggunakan metoda paralelisme tugas (*task-parallelism*) dengan optimasi penjadwalan menggunakan Algoritma Genetika (GA) atau TP-GA untuk memperbaiki skema penjadwalan DP-WS. Sistem penjadwalan TP-GA ini diharapkan menghasilkan penjadwalan yang optimal dengan pembagian beban kerja lebih merata. Kinerja penjadwalan diamati berdasarkan waktu eksekusi total penyelesaian setiap jadwal serta waktu idle sebagai indikator pemerataan beban kerja. Makalah ini membahas hasil penelitian khususnya dalam kajian tentang Algoritma Genetika dan analisis waktu komputasi dan beban kerja antara skema penjadwalan DP-WS dengan TP-GA. Berdasarkan hasil simulasi GA diperoleh model Algoritma Genetika terminasi N-Generasi (GA Terminate-N) yang melakukan proses inisialisasi ulang terhadap populasi awal jika sejumlah N-Generasi yang diproses tidak menghasilkan solusi optimasi. GA Terminate-N ini memiliki waktu komputasi yang lebih rendah dibanding GA Standar, sehingga memungkinkan optimasi penjadwalan secara real time. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadikan konsep dasar dalam mengembangkan komputasi terdistribusi pengolahan sinyal digital frekuensi tinggi yang memiliki laju bit sangat tinggi sehingga dapat digunakan untuk pengembangan softradio, softtv ataupun softradar.

Kata kunci : *algoritma genetika, komputasi terdistribusi, paralelisme tugas, penjadwalan, paralelisme data, software-define radio.*

1. Pendahuluan

Kendala utama dalam mewujudkan sebuah sistem pengolah sinyal digital frekuensi tinggi (sinyal radio, tv, dan radar) adalah komputasi untuk pemrosesan laju bit yang sangat tinggi khususnya dalam mengembangkan *software radio* (*softradio*), *software televisi* (*softtv*), dan *software radar* (*softradar*), atau sistem digital frekuensi tinggi lainnya yang membutuhkan proses komputasi real-time. Pengertian *softradio*, *softtv*, dan *softradar* disini adalah sebuah radio/tv/radar dimana fungsi kerja sistem tersebut ditentukan oleh perangkat lunak (*software*) yang bekerja pada perangkat keras

(*hardware*) yang digunakan. Cara ini digunakan dengan harapan dapat meningkatkan fleksibilitas sistem, karena fungsi kerja sistem ditentukan oleh perangkat lunak yang dapat diubah setiap waktu tanpa harus mengubah aksitektur perangkat keras yang digunakan. Istilah *Software-Defined Radio* diusulkan pertama kali oleh J. Mitola [12]. Perangkat keras yang digunakan dalam membangun SDR dapat menggunakan sistem minimum [2] ataupun Personal Computer (PC) [1]. Metoda komputasi terdistribusi dapat digunakan untuk mengatasi pemasalahan komputasi yang cukup besar sehingga waktu eksekusi menjadi lebih singkat. Isu utama dalam komputasi paralel ataupun komputasi

terdistribusi adalah penjadwalan dalam membagi tugas-tugas komputasi ke mesin-mesin yang menjalankan proses komputasi. Penjadwalan yang diinginkan adalah penjadwalan yang optimal yaitu waktu total eksekusi lebih singkat serta beban kerja sumber daya komputasi lebih merata.

Pengolahan sinyal digital dengan menerapkan komputasi paralel dengan metoda paralelisme data dan mengimplementasikan “*weighted-selective scheduling scheme*” untuk penjadwalan komputasi paralel *Software-Defined Radio* (SDR) dalam sebuah jaringan cluster PC merupakan perbaikan dari skema penjadwalan *round robin* [13]. Metoda komputasi paralel menggunakan paralelisme data yaitu semua node komputasi melakukan tugas yang sama untuk paket data yang berbeda. Skema penjadwalan *weighted-selective* akan selalu memprioritaskan node yang memiliki kemampuan komputasi paling tinggi untuk setiap paket data yang akan diproses. Dengan demikian, ada kemungkinan beberapa node tidak melakukan komputasi sama sekali karena nilai prioritasnya paling rendah dan akan mengakibatkan beban kerja komputasi terdistribusi menjadi tidak merata.

Makalah ini akan menjelaskan hasil-hasil kajian awal dalam rangka memperbaiki kelemahan sistem penjadwalan WS-DP (*Weighted-Selective with Data Parallelism*) terhadap tugas-tugas komputasi dalam SDR. Model yang diajukan adalah skema penjadwalan menggunakan Algoritma Genetika (*Genetic Algorithm*) dalam melakukan optimasi penjadwalan komputasi terdistribusi, dan menerapkan metoda paralelisme tugas (*task parallelism*) dalam pembagian tugas-tugas komputasi. Selanjutnya, skema penjadwalan yang diusulkan disebut dengan TP-GA (*Task Parallelism with Genetic Algorithm*). Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian-penelitian tentang Software-Define Radio (SDR) yang telah dilakukan sebelumnya [3-9].

2. Konsep Algoritma Genetika

Algoritma Genetika telah terbukti handal untuk mencari solusi permasalahan yang dikategorikan sebagai *NP-hard problem*. Dengan demikian, penjadwalan menggunakan Algoritma Genetika diyakini akan menghasilkan sebuah penjadwalan komputasi paralel atau terdistribusi yang cenderung optimal. Hal ini berdasarkan fakta bahwa Algoritma Genetika sudah terbukti handal dalam setiap penyelesaian permasalahan yang terkait dengan proses optimasi karena Algoritma Genetika berpotensi mendapatkan titik optimum global dalam setiap pelacakan solusi permasalahan.

Algoritma Genetika atau sering disingkat GA adalah sebuah teknik pelacakan (*searching*) yang digunakan dalam komputasi untuk mendapatkan solusi yang paling optimal. Algoritma Genetika telah dipergunakan secara luas dan telah berhasil untuk berbagai optimasi permasalahan. Algoritma Genetika merupakan teknik-teknik probabilistik mulai dari pembentukan populasi sebagai calon solusi dari permasalahan, dan secara barangsur-angsur diproses menuju ke arah solusi optimal melalui perulangan aplikasi operator genetika seperti *crossover*, mutasi, seleksi dan reproduksi [11].

Optimasi permasalahan dapat dilakukan dengan maksimasi fungsi atau minimasi fungsi [10]. Jika optimasi permasalahan adalah minimasi sebuah fungsi f , maka optimasi permasalahan sebenarnya sama dengan maksimasi sebuah fungsi g , dimana fungsi $g = -f$, yaitu:

$$\min f(x) = \max g(x) = \max\{-f(x)\} \quad (1)$$

Fungsi yang digunakan dalam Algoritma Genetika dalam melakukan optimasi sering disebut dengan **fungsi obyektif**, dan fungsi yang dimaksud dapat berupa fungsi variabel tunggal ataupun fungsi multivariabel. Kita

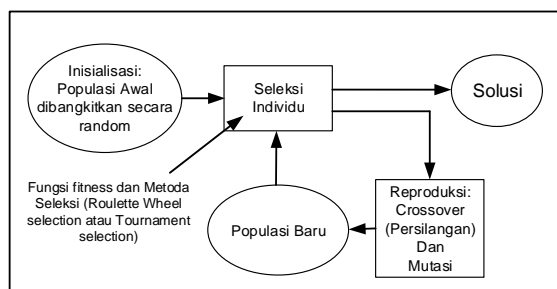
boleh mengasumsikan bahwa fungsi obyektif mengambil nilai-nilai positif dari domain permasalahan; selain itu kita juga boleh menambahkan beberapa nilai konstanta positif C pada fungsi tersebut, sehingga:

$$\max g(x) = \max\{g(x) + C\} \quad (2)$$

Dengan demikian, tahap awal dalam implementasi Algoritma Genetika untuk optimasi sebuah permasalahan adalah menentukan fungsi yang akan dilakukan optimasi baik optimasi untuk menemukan nilai minimum (minimasi fungsi) atau untuk menemukan nilai maksimumnya (maksimasi fungsi). Fungsi obyektif tersebut akan menjadi fungsi fitness yang digunakan sebagai dasar evaluasi setiap hasil pelacakan solusi.

Fungsi *fitness* yang didefinisikan dalam representasi genetika akan menentukan ukuran kualitas dari solusi yang diajukan. Fungsi *fitness* ini bersifat unik, yaitu selalu berbeda antara satu permasalahan dengan permasalahan yang lain atau dengan kata lain fungsi fitness sangat tergantung pada permasalahan yang akan dicari solusinya. Jika ekspresi fungsi *fitness* sulit ditentukan, maka solusi permasalahan dapat menggunakan Algoritma Genetika interaktif (*interactive genetic algorithm*).

Secara umum proses Algoritma Genetika dalam mencari solusi sebuah permasalahan ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 1. Proses Optimasi Algoritma Genetika

Berdasarkan gambar tersebut, Algoritma Genetika terdiri beberapa komponen proses: (1) proses inialisasi populasi; (2) seleksi individu dengan menghitung nilai fitness setiap individu; (3) proses crossover jika syarat terjadi crossover terpenuhi; (4) proses mutasi jika syarat mutasi terpenuhi; (5) kembali ke proses seleksi individu dari populasi yang baru hasil dari crossover dan mutasi atau terminasi setelah hasil optimasi (solusi) telah diperoleh. Setiap komponen proses dalam Algoritma Genetika ditentukan algoritma pemrogramannya dan dilakukan implementasi (coding) beserta pengujiannya.

Algoritma Genetika diawali dengan inialisasi populasi yaitu proses membangkitkan sejumlah kromosom untuk membentuk populasi awal. Selanjutnya, populasi awal ini dihitung nilai kekuatan atau nilai fitness tiap-tiap kromosom, dan dilakukan seleksi dimana kromosom dengan nilai *fitness* paling kuat akan memperoleh kesempatan paling tinggi untuk terpilih dalam populasi generasi selanjutnya. Metoda seleksi dapat menggunakan *Roulette Wheel selection* atau *Tournament selection*. Selain proses seleksi dalam membentuk populasi generasi baru,

Algoritma Genetika juga melakukan proses *crossover* dan kejadiannya ditentukan oleh laju *crossover* (*crossover rate*) serta proses mutasi yang kejadiannya juga ditentukan oleh sebuah nilai yang disebut dengan laju mutasi (*mutation rate*). Setiap diperoleh populasi generasi baru, Algoritma Genetika akan menguji kekuatan (*fitness*) setiap kromosom dalam populasi tersebut. Proses Algoritma Genetika akan berhenti jika solusi yang diinginkan telah tercapai atau terjadi proses terminasi dimana terminasi ini dapat ditentukan oleh banyaknya generasi yang dibangkitkan atau nilai fungsi obyektif untuk kriteria tercapainya sebuah solusi telah dipenuhi. *Pseudo-code* algoritma dari Algoritma Genetika adalah sebagai berikut:

1. Pilih populasi awal
2. Hitung nilai *fitness* tiap-tiap individu dalam populasi
3. **Repeat:**

- a. Pilih individu yang memiliki ranking terbaik untuk dikembangbiakkan
 - b. Biakkan generasi baru melalui operasi genetika yaitu persilangan dan mutasi dan lahirkan generasi anak
 - c. Hitung *fitness* setiap individu dari generasi anak
 - d. Gantikan ranking terjelek dari populasi dengan generasi anak yang memiliki nilai *fitness* yang lebih baik
4. **Until** terminasi.

Kriteria untuk mengakhiri iterasi Algoritma Genetika dalam proses mencari solusi dapat menggunakan fungsi obyektif yaitu iterasi akan berhenti jika proses evaluasi telah menghasilkan sebuah nilai tertentu yang memenuhi fungsi obyektif. Selain itu juga dapat menggunakan kriteria berdasarkan jumlah generasi yang telah dibangkitkan.

3. Hasil dan Pembahasan

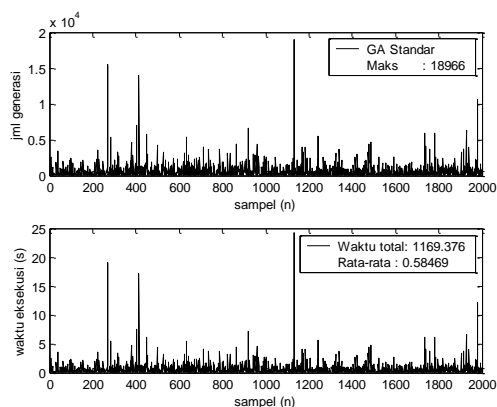
3.1 Simulasi dan Pengujian Algoritma Genetika

Simulasi dan pengujian Algoritma Genetika dimulai dengan membuat skrip masing-masing fungsi untuk menjalankan Algoritma Genetika yaitu inisialisasi populasi, perhitungan *fitness*, seleksi, crossover, mutasi, dan terminasi. Skrip fungsi-fungsi tersebut dibuat menggunakan perangkat lunak bantu Matlab sekaligus untuk proses pengujianya. Berikut ini penjelasan tentang hasil simulasi dan pengujian Algoritma Genetika menggunakan Matlab.

Pengamatan tentang Algoritma Genetika dalam menjalankan proses pencarian sebuah solusi dilakukan dengan perulangan sebanyak 2000 kali. Ada dua metoda Algoritma Genetika yang diamati. Pertama, Algoritma Genetika melakukan proses terminasi berdasarkan kriteria bahwa nilai fungsi obyektif telah tercapai. Metoda ini disebut dengan metoda Algoritma Genetika Standar atau diberi nama GA Standar atau GA-Std. Kedua, Algoritma Genetika melakukan proses terminasi berdasarkan nilai fungsi obyektif dan apabila

dalam sejumlah generasi tertentu solusi belum tercapai maka Algoritma Genetika melakukan penyegaran populasi awal sehingga membuka peluang baru dalam memperoleh solusi. Metoda Algoritma Genetika yang kedua ini dinamakan GA *Terminate-N*, dimana N adalah banyaknya generasi.

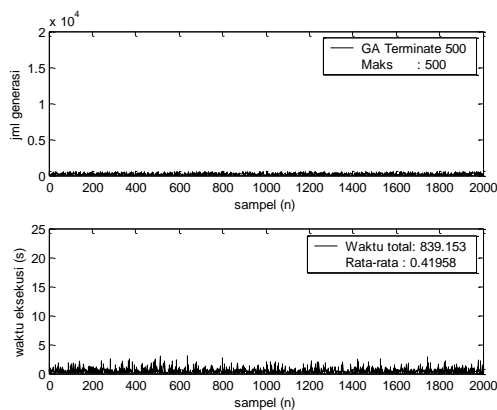
Hasil dari pengamatan kedua jenis metoda Algoritma Genetika dalam melakukan proses terminasi dapat dilihat pada gambar-gambar berikut ini.



Gambar 2. Banyaknya generasi dan total waktu eksekusi GA Standar untuk mencapai solusi (2000 kali pengujian)

Gambar 2 menunjukkan jumlah generasi yang dibangkitkan dan waktu iterasi pada saat GA Standar melakukan iterasi dalam mencari solusi. Nampak bahwa kadang-kadang Algoritma Genetika dalam melakukan eksplorasi titik-titik solusi dan eksploitasi sebuah populasi tidak segera menemukan solusi yang diinginkan atau kriteria terminasi menggunakan fungsi obyektif belum tercapai meskipun jumlah generasi yang dibangkitkan sudah cukup besar. Jumlah generasi maksimum dibangkitkan adalah 18.966 generasi dalam memperoleh solusi yang diinginkan. Hal ini juga akan menyebabkan waktu iterasi Algoritma Genetika menjadi sangat lama dalam memperoleh solusi yaitu hampir 25 detik untuk jumlah generasi yang paling tinggi, dan waktu total dalam pengujian untuk 2.000 kali

perulangan ini 1.169,376 detik. Waktu yang cukup lama ini sangat tidak diinginkan jika Algoritma Genetika akan digunakan dalam skema penjadwalan komputasi terdistribusi saat menerapkan metoda penjadwalan dinamis untuk keperluan komputasi sistem waktu nyata. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, maka GA Standar (GA-Std) dalam memperoleh solusi memiliki rata-rata 18.966 generasi dan waktu iterasi rata 0.58469 detik.



Gambar 3. Banyaknya generasi dan total waktu eksekusi GA Terminated-N untuk mencapai solusi (2000 kali pengujian untuk $N = 500$)

Gambar 3 menunjukkan jumlah generasi dan waktu iterasi GA Terminated-N dengan $N = 500$. Artinya Algoritma Genetika dibatasi 500 generasi dalam melakukan eksploitasi populasi. Jika jumlah generasi yang dibangkitkan sudah mencapai 500 dan solusi belum diperoleh, maka Algoritma Genetika melakukan inisialisasi ulang populasi awal sehingga memberikan kemungkinan baru dalam mencapai solusi yang diinginkan berdasarkan kriteria nilai fungsi obyektif. Berdasarkan hasil pengujian tentang GA *Terminated-500* ternyata waktu iterasi rata-rata menjadi lebih rendah yaitu 0,41958 dengan waktu total dalam pengujian untuk 2.000 kali perulangan hanya membutuhkan waktu 839,153 detik. Jumlah generasi maksimum tentu saja terbatas 500 generasi sesuai dengan nilai N yang diberikan. Angka waktu rata-rata iterasi dan waktu total

hasil pengujian GA *Terminated-500* ini lebih rendah dibanding dengan hasil pengujian GA Standar yang ditunjukkan oleh Gambar 2.

Berdasarkan uraian hasil pengujian antara GA Standar dengan GA *Terminated-N* ini, maka untuk menghindari Algoritma Genetika terjebak dalam melakukan eksplorasi solusi dan eksploitasi populasi sebaiknya dilakukan pembatasan jumlah generasi yang dibangkitkan jika solusi yang diinginkan belum tercapai. Dengan demikian kriteria terminasi tidak hanya menggunakan fungsi obyektif tetapi juga jumlah generasi yang telah dihasilkan oleh Algoritma Genetika saat melakukan pelacakan solusi.

Dengan menggunakan GA *Terminated-N* ini, jika sejumlah generasi N sudah terbentuk namun fungsi obyektif untuk syarat terminasi belum tercapai, maka Algoritma Genetika diperbolehkan melakukan inisialisasi populasi ulang sehingga mengalami penyegaran dalam melakukan eksplorasi dan eksploitasi. Metoda ini akan menjadi perhatian pada saat membuat skema penjadwalan menggunakan Algoritma Genetika.

3.2 Perbandingan Metoda Paralelisme Data dan Paralelisme Tugas

Dalam membangun sebuah sistem komputasi paralel atau terdistribusi, ada beberapa model algoritma yang dapat digunakan. Pertama, model data paralel (data-paralel model) yaitu tugas komputasi dipetakan ke seluruh node komputasi dan setiap node komputasi menjalankan fungsi yang sama untuk data yang berbeda. Model ini sering disebut dengan paralelisme data. Kedua, model grafik tugas yaitu tugas-tugas komputasi digambarkan dalam bentuk grafik tugas yang menyatakan hubungan ketergantungan antar tugas, dan tiap-tiap tugas tersebut disebar ke node-node komputasi untuk melakukan proses komputasi terhadap sekelompok data yang sama. Model ini dikenal dengan paralelisme tugas. Ada beberapa model algoritma

lainnya yaitu work pool model, master-slave model, pipeline atau producer-consumer model, dan hybrid model. Penelitian ini hanya membahas dua model algoritma yang pertama yaitu paralelisme data dan paralelisme tugas.

Zheng (2007) menggunakan paralelisme data dalam melakukan komputasi terdistribusi dengan skema penjadwalan *weighted-selective scheduling* dengan metoda paralelisme data (WS-DP) terhadap tugas-tugas komputasi dari SDR. Skema penjadwalan ini memiliki kelebihan dalam hal pembagian beban kerja pada saat node-node komputasi memiliki kapasitas komputasi yang berbeda (*heterogen*), jika dibandingkan dengan skema penjadwalan dengan algoritma Round Robin yang hanya cocok untuk lingkungan komputasi homogen. Namun demikian, dengan digunakannya paralelisme data dalam sistem komputasi terdistribusi, skema penjadwalan *weighted-selective* masih memiliki kelemahan saat perbedaan kapasitas komputasi sangat menyolok antar node-node komputasi.

Jika perbedaan kapasitas komputasi dari node-node komputasi sangat besar, maka ada kemungkinan node komputasi yang memiliki kapasitas komputasi paling rendah tidak mendapatkan tugas komputasi sama sekali. Hal ini disebabkan tugas-tugas komputasi telah diberikan kepada node-node yang memiliki kapasitas komputasi yang jauh lebih tinggi dan paralelisme data yang digunakan tidak memberikan kesempatan dalam pembagian tugas secara merata karena setiap node melakukan komputasi yang sama dan menyeluruh untuk data yang berbeda. Dengan demikian model paralelisme data yang digunakan tidak menjamin pemerataan beban kerja.

Untuk mengatasi kelemahan paralelisme data yang digunakan dalam komputasi terdistribusi model WS-DP, penelitian ini mengusulkan sistem komputasi terdistribusi dengan sistem paralelisme tugas dengan skema penjadwalan menggunakan algoritma genetika (TP-GA). Dengan menggunakan paralelisme tugas

maka penjadwalan diberi kesempatan untuk mengatur jadwal secara optimal dengan pembagian tugas keseluruhan node-node komputasi yang ada berdasarkan kapasitasnya masing-masing. Setiap node akan melakukan tugas komputasi yang berbeda untuk menyelesaikan pemrosesan sebuah data. Fungsi algoritma genetika adalah melakukan optimasi penjadwalan untuk memperoleh waktu eksekusi yang paling kecil dengan pembagian beban kerja sedapat mungkin lebih merata dengan ditunjukkan oleh waktu idle tiap-tiap node komputasi sekecil mungkin.

Analisis waktu penyelesaian tugas (*finishing time*) dan pembagian beban kerja yang ditunjukkan oleh persentase waktu idle terhadap waktu penyelesaian tugas yang telah dilakukan dalam penelitian ini antara paralelisme data yang digunakan oleh Zheng dengan paralelisme tugas dengan menggunakan algoritma genetika dapat dilihat pada analisis berikut ini.

Misalkan tugas komputasi yang akan diselesaikan adalah:

$$(a \times b) + (c \times d) \quad (3)$$

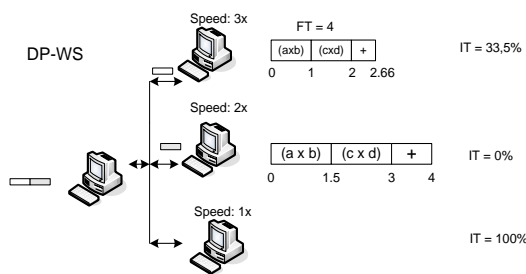
Diketahui waktu eksekusi untuk perkalian (\times) adalah 3 satuan waktu, sedangkan waktu eksekusi penjumlahan ($+$) adalah 2 satuan waktu. Berikut ini perbandingan waktu eksekusi total hasil penjadwalan antara komputasi terdistribusi menggunakan paralelisme data dengan penjadwalan *weighted-selective* (DP-WS) dengan komputasi terdistribusi menggunakan paralelisme tugas dengan algoritma genetika (TP-GA).

Seandainya ada 2 buah paket data dan sistem komputasi terdistribusi terdiri dari 3 buah client, dimana client-1 memiliki kemampuan komputasi sebesar 1x, client-2 memiliki kemampuan komputasi 2x, dan client-3 memiliki kemampuan komputasi 3x, maka waktu total

proses komputasi untuk masing-masing proses komputasi terdistribusi dapat dijelaskan sebagai berikut.

Gambar 4 menunjukkan proses komputasi terdistribusi DP-WS beserta perhitungan waktu total eksekusi untuk masing-masing client serta waktu idle untuk masing-masing client. Sifat penjadwalan WS (*weighted-scheduling*) adalah selalu memprioritaskan node yang memiliki kemampuan komputasi yang paling tinggi, sehingga untuk paket data pertama proses komputasi diserahkan ke client-3 yang memiliki kecepatan 3x. Dengan adanya metoda DP maka client-3 akan melakukan seluruh proses komputasi (perkalian dan penjumlahan) untuk paket data pertama.

Berdasarkan metoda DP-WS tersebut, maka waktu eksekusi total proses komputasi pada client-3 adalah 2,66 satuan waktu. Sedangkan untuk paket yang kedua, karena client-3 sedang mengerjakan komputasi paket data pertama, maka WS akan menyerahkan proses komputasi paket data kedua ini kepada client-2 karena prioritas komputasinya masih lebih tinggi dibanding client-1. Dengan adanya metoda DP maka client-2 akan mengerjakan seluruh proses komputasi untuk paket data kedua (perkalian dan penjumlahan) juga, sehingga waktu eksekusi total penyelesaian jadwal adalah 4 satuan waktu.



Gambar 4. Waktu eksekusi dan waktu idle metoda DP-WS (2 paket, 3 client)

Jika proses komputasi berhenti untuk dua paket data tersebut, maka dapat diketahui bahwa *client-1* sama

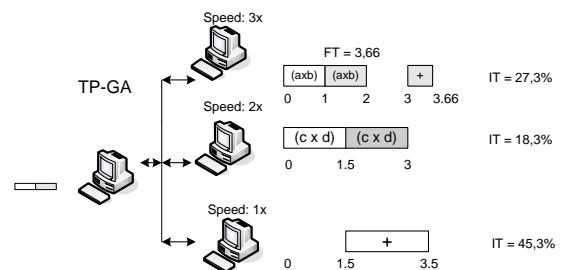
sekali tidak mengerjakan tugas sama sekali. Jika waktu *idle* (IT) sebuah node dinyatakan sebagai persentase waktu yang tidak digunakan oleh node tersebut untuk melakukan komputasi terhadap waktu eksekusi total maksimum penyelesaian jadwal atau dapat dinyatakan:

$$IT(p) = \frac{FT_{\max} - FT_p}{FT_{\max}} \times 100\% \quad (4)$$

dimana, $IT(p)$ adalah waktu *idle* dari node p , FT_p adalah waktu eksekusi total yang diperlukan oleh node p dalam menjalankan komputasi, dan FT_{\max} adalah waktu eksekusi total maksimum proses komputasi.

Berdasarkan persamaan tersebut diatas, maka waktu *idle* $IT(p)$ untuk *client-1* adalah 100%, sedangkan waktu *idle* *client-2* adalah 0%, dan waktu *idle* *client-3* adalah 33,5%. Beban kerja dapat dikatakan merata jika semua node memiliki nilai waktu IT yang relatif sama. Jika waktu *idle* IT diambil nilai maksimumnya, maka proses komputasi terdistribusi di atas memiliki $IT = 100\%$.

Berbeda dengan metoda TP-GA seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Metoda TP akan membagi semua tugas komputasi untuk memproses sebuah paket data. Dengan demikian, fungsi penjadwalan adalah mencari jadwal yang paling optimal yaitu menghasilkan sebuah penjadwalan yang memiliki waktu eksekusi total paling rendah.



Gambar 5. Waktu eksekusi dan waktu idle metoda TP-GA (2 paket, 3 client)

Dengan 2 buah paket data dan 3 buah *client* dengan kecepatan komputasi seperti tersebut di atas, maka waktu eksekusi total penyelesaian jadwal adalah FT = 3,66 satuan waktu untuk metoda TP-GA (lebih rendah dibanding metoda DP-WS yaitu membutuhkan waktu eksekusi total 4 satuan waktu). Waktu *idle* IT metoda TP-GA juga menjadi lebih merata untuk semua node komputasi, dengan nilai paling besar adalah 45,3% (lebih rendah dibanding metoda DP-WS yaitu IT maksimumnya adalah 100%).

4. Simpulan dan Saran

4.1 Simpulan

Berdasarkan hasil simulasi dan pengujian tentang Algoritma Genetika khususnya dalam melakukan proses terminasi, maka Algoritma Genetika yang dipilih GA Terminated-N agar proses optimasi memiliki waktu komputasi yang lebih singkat. Analisis tentang perbedaan WS-DP dengan TP-GA membuktikan bahwa skema penjadwalan TP-GA memiliki beban kerja yang lebih merata dilihat dari waktu istirahat (*idle time*) node-node komputasi.

4.2 Saran

Tindak lanjut dari hasil penelitian ini adalah kajian yang lebih mendalam tentang operasi genetika terhadap kasus komputasi SDR dalam bentuk grafik tugas (Task Graph) dalam melakukan optimasi penjadwalan komputasi terdistribusi.

Daftar Pustaka:

- [1] Bose, V. G., 1999, *Design and Implementation of Software Radios Using a General Purpose Processors*, [Online] <http://www.sigmobile.org/phd/1999/theses/bose.pdf>.
- [2] Gweon-Do JO., 2005, *A DSP-Based Reconfigurable SDR Platform for 3G Systems*, Journal of IEICE Transaction on Communication, Vol. E88-B No.2 Feb. 2005, 678 – 686.
- [3] Marpanaji, E., Riyanto T., B., Langi., A. Z. R., dan Kurniawan, A., (2007) : Pengukuran Unjuk Kerja Modulasi GMSK pada Software-Defined Radio Platform, *Jurnal Telkomnika*, Vol. 5, No. 2 Agustus 2007, 73 – 84.
- [4] Marpanaji, E., T., B., Langi., A. Z. R., dan Kurniawan, A., (2008) : Studi Eksperimen Unjuk-Kerja Modulasi DBPSK pada Platform Software-Defined Radio (SDR), *Jurnal Technoscintia*, Vol. 1 No. 1 Agustus 2008, 14 – 22.
- [5] Marpanaji, E., Riyanto T., B., Langi., A. Z. R., dan Kurniawan, A., (2008) : Experimental Study of DQPSK Modulation on SDR Platform, *ITB Journal of Information and Communication Technology*, Vol. 1 No. 2 November 2008, 84 – 98.
- [6] Marpanaji, E., dkk. (2009) : Dekomposisi Tugas-tugas Software-Defined Radio (SDR), *Jurnal Technoscintia*, Vol. 2 No. 1 Agustus 2009, 50 – 60.
- [7] Marpanaji, E., Riyanto T., B., Langi., A. Z. R., Kurniawan, A., Mahendra, A., dan Liung, T., (2007), Experimental Study of DQPSK Modulation on SDR Platform. *Proceeding of International Conference on Rural ICT 2007*, Bandung, August, 6th, 2007.
- [8] Riyanto T., B., Marpanaji, E., Langi., A. Z. R., Kurniawan, A., Mahendra, A., dan Liung, T., (2007) : Software Architecture of Software-Defined Radio (SDR). *Proceeding of International Conference on Rural ICT 2007*, Bandung, August, 6th, 2007.
- [9] Marpanaji, E., Riyanto T., B., Langi, A. Z. R., Kurniawan, A., Mahendra, A., dan Liung, T., (2006) : Simulation and Experimental Study of GMSK Modulation on SDR Platform. *Proceeding of TSSA and WSSA 2006. The 3rd Conference on Telematics System, Services and Applications and 1st Conference on Wireless System, Service and Applications, ITB 2006, Bandung*, 8th – 9th December 2006.
- [10] Michalewics, Z. (1996) : *Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs*, Springer, New York, pp. 45 – 55.
- [11] Rahmani, A. M., dan Vahedi, M. A. (2008) : A Novel Task Scheduling In Multiprocessor Systems With Genetic Algorithm By Using Elitism Stepping Method, *Journal of Computer Science*, Vol. 7 No. 2 June 2008. [On-line]. Available at <http://www.dcc.ufla.br/infocomp/artigos/v7.2/art08.pdf>.
- [12] Reed, J. H. (2002) : *Software Radio: A Modern Approach to Radio Engineering*, New Jersey, Prentice Hall.
- [13] Zheng, K., Li G., dan Huang L. (2007) : A weighted Scheduling Scheme in an Open Software Radio Environment, *Communication, Computer and Signal Processing, PacRim 2007, Proceedings of IEEE Pacific Rim Conference, Canada, August, 2007*, pp. 561 – 564.

C. Buku Catatan Harian Penelitian (Log Book)

BUKU CATATAN HARIAN PENELITIAN

(LOGBOOK)

JUDUL PENELITIAN
APLIKASI ALGORITMA GENETIKA
PADA SKEMA PENJADWALAN KOMPUTASI TERDISTRIBUSI
(STUDI KASUS PADA *SOFTWARE-DEFINED RADIO*)

JENIS/SKIM PENELITIAN	BIDANG PENELITIAN
Penelitian Fundamental	Teknik Elektro dan Informatika

KETUA PENELITI	ANGGOTA
Nama : Dr. Eko Marpanaji	1. Adi Dewanto, M. Kom
Jurusan : Pendidikan Teknik Elektronika	2. DidikHariyanto, M. T.
Fakultas : Teknik	

NILAI KONTRAK
Rp. 40.000.000,00

HASIL/SASARAN AKHIR TAHUN 2013

1. Simulasi algoritma pemrograman untuk Algoritma Genetika menggunakan Matlab.
2. Analisis perbandingan komputasi terdistribusi antara komputasi dengan metoda paralelisme data dengan paralelisme tugas
3. Prototipe Algoritma Genetika menggunakan bahasa pemrograman Java.
4. Makalah seminar atau artikel jurnal.

CATATAN KEMAJUAN/PELAKSANAAN PENELITIAN

No.	Tanggal *)	Kegiatan/Aktivita	Catatan Kemajuan/Hasil Aktivita**)
1.	27 – 28 Mei 2013	Studi pustaka konsep Algoritma Genetika	Konsep prinsip kerja Algoritma Genetika, blok diagram komponen Algoritma Genetika, dan Pseudo code Algoritma Genetika
2.	29 – 31 Mei 2013	Studi Pustaka platform SDR	Perkembangan platform USRP versi 2 dan informasi PSoC
3.	30 Mei 2013	Melakukan kontak ke penyedia layanan lisensi Matlab	Penawaran Lisensi Matlab
4.	1 – 5 Juni 2013	Analisis kebutuhan Algoritma Genetika	Fungsi-fungsi yang digunakan untuk menjalankan Algoritma Genetika
5.	7 – 8 Juni 2013	<i>Review Modulator Gaussian Minimum Shift Keying (GMSK)</i>	Blok diagram dan simulasi Matlab modulator GMSK
6.	10 Juni 2013	<i>Review Demodulator GMSK</i>	Blok diagram dan simulasi Matlab demodulator GMSK
7.	11 – 13 Juni 2013	Perancangan algoritma dan diagram alir untuk Algoritma Genetika	Algoritma dan diagram alir Algoritma Genetika
8.	14 – 16 Juni 2013	Analisis Representasi Kromosom Algoritma Genetika (GA)	Format kebutuhan struktur data
9.	17 Juni 2013	Pembuatan struktur data kromosom	Struktur data kromosom
10.	18 – 21 Juni 2013	Implementasi (<i>coding</i>) struktur data kromosom	Skrip Matlab struktur data kromosom
11.	22 – 24 Juni 2013	Simulasi dan pengujian struktur data kromosom	Hasil pengujian skrip Matlab untuk fungsi struktur data kromosom
12.	25 Juni 2013	Analisis Proses Inisialisasi Populasi GA dan penentuan jumlah populasi dan perancangan algoritma Inisialisasi Populasi	Algoritma dan diagram alir proses inisialisasi
13.	26 – 28 Juni 2013	Implementasi (<i>coding</i>) fungsi Inisialisasi populasi	Skrip Matlab untuk fungsi inisialisasi

No.	Tanggal *)	Kegiatan/Aktivita	Catatan Kemajuan/Hasil Aktivita**)
14.	29 – 30 Juni 2013	Simulasi dan pengujian fungsi Inisialisasi Populasi	Hasil pengujian simulasi fungsi Inisialisasi
15.	1 Juli 2013	Analisis Proses Perhitungan <i>Fitness</i> dan perancangan algoritma perhitungan <i>fitness</i>	Persamaan fungsi obyektif dan algoritma perhitungan <i>fitness</i>
16.	2 – 4 Juli 2013	Implementasi (<i>coding</i>) fungsi perhitungan nilai <i>fitness</i> berdasarkan fungsi obyektif	Skrip Matlab fungsi <i>fitness</i>
17.	5 – 6 Juli 2013	Simulasi dan pengujian fungsi perhitungan <i>fitness</i>	Hasil pengujian skrip fungsi perhitungan <i>fitness</i>
18.	8 Juli 2013	Analisis Proses Seleksi dan perancangan algoritma	Algoritma dan diagram alir fungsi seleksi
19.	9 – 10 Juli 2013	Perancangan algoritma dan diagram alir perhitungan probabilitas tiap individu berdasarkan nilai <i>fitness</i>	Algoritma perhitungan probabilitas individu
20.	11 – 13 Juli 2013	Implementasi (<i>coding</i>) perhitungan probabilitas tiap individu berdasarkan nilai <i>fitness</i>	Skrip Matlab perhitungan probabilitas
21.	15 Juli 2013	Simulasi dan pengujian fungsi penentuan probabilitas individu dan fungsi pengurutan individu berdasarkan nilai probabilitas	Hasil pengujian perhitungan <i>fitness</i> , perhitungan probabilitas dan pengurutan <i>fitness</i>
22.	16 Juli 2013	Studi pustaka Proses Seleksi Metoda <i>Roulette Wheel</i> dan <i>Tournament Selection</i>	Konsep metoda seleksi
23.	17 Juli 2013	Analisis proses seleksi dengan metoda <i>Roulette Wheel</i>	Konsep mekanisme seleksi menggunakan <i>Roulette Wheel</i>
24.	18 Juli 2013	Perancangan algoritma dan diagram alir proses seleksi populasi dengan metoda <i>Roulette Wheel</i>	Algoritma dan diagram alir seleksi menggunakan metoda <i>Roulette Wheel</i>
25.	19 – 21 Juli 2013	Implementasi (<i>coding</i>) fungsi seleksi individu berdasarkan nilai probabilitas dengan metoda <i>Roulette Wheel</i>	Skrip Matlab proses seleksi
26.	22 – 23 Juli 2013	Simulasi dan pengujian proses seleksi	Hasil pengujian simulasi fungsi seleksi
27.	25 Juli 2013	Analisis proses Kawin Silang (<i>Crossover</i>) dan nilai laju Kawin Silang (<i>Crossover rate</i>)	Konsep kawin silang dan fungsi nilai laju kawin silang

No.	Tanggal *)	Kegiatan/Aktivita	Catatan Kemajuan/Hasil Aktivita**)
28.	26 – 27 Juli 2013	Perancangan algoritma dan diagram alir proses Kawin Silang (<i>Crossover</i>)	Algoritma dan diagram alir fungsi kawin silang
29.	29 – 30 Juli 2013	Implementasi (<i>coding</i>) fungsi Kawin Silang (<i>Crossover</i>)	Skrip Matlab fungsi kawin silang
30.	31 Juli 2013	Simulasi dan pengujian proses Kawin Silang (<i>Crossover</i>)	Hasil pengujian simulasi kawin silang
31.	1 Agustus 2013	Analisis proses Mutasi dan nilai laju mutasi (<i>Mutation rate</i>)	Konsep proses mutasi dan fungsi nilai laju mutasi
32.	2 Agustus 2013	Perancangan algoritma dan diagram alir proses Mutasi	Algoritma dan diagram fungsi mutasi
33.	14 – 15 Agustus 2013	Implementasi (<i>coding</i>) fungsi Mutasi	Skrip Matlab fungsi mutasi
34.	16 Agustus 2013	Simulasi dan pengujian proses Mutasi	Hasil pengujian simulasi mutasi
35.	19 Agustus 2013	Analisis proses Terminasi	Konsep terminasi
36.	20 Agustus 2013	Perancangan algoritma dan diagram alir proses Terminasi	Algoritma dan diagram alir fungsi terminasi
37.	21 – 23 Agustus 2013	Implementasi (<i>coding</i>) fungsi Terminasi	Skrip Matlab fungsi terminasi
38.	22 Agustus 2013	<i>Purchasing Order</i> (PO) lisensi Matlab	Dokumen PO Lisensi Matlab
39.	24 – 26 Agustus 2013	Simulasi dan pengujian proses Terminasi	Hasil pengujian simulasi fungsi terminasi
40.	26 Agustus 2013	Pembayaran lisensi Matlab dan pengiriman bukti pembayaran	Berhasil dilakukan transfer bank untuk pembayaran lisensi Matlab dan diperoleh bukti pembayaran (slip transfer bank)
41.	27 – 29 Agustus 2013	Simulasi dan pengujian Algoritma Genetika terintegrasi	Hasil pengujian simulasi Algoritma Genetika secara umum
42.	30 – 31 Agustus 2013	Analisis hasil pengujian Algoritma Genetika	Kemungkinan-kemungkinan perbaikan skrip Matlab Algoritma Genetika
43.	2 September 2013	Perbaikan algoritma fungsi Terminasi	Memperbaiki proses terminasi Algoritma Genetika Standar (GA-Std) menjadi proses terminasi berdasarkan jumlah populasi dan disebut dengan Algoritma Genetika Terminate-N (GA Terminate-N)

No.	Tanggal *)	Kegiatan/Aktivita	Catatan Kemajuan/Hasil Aktivita**)
44.	2 September 2013	Penerimaan berkas Lisensi Matlab	Diperoleh berkas persyaratan lisensi Matlab
45.	3 – 6 September 2013	Studi pustaka proses komputasi paralel, derajat paralelisme, dan penjadwalan komputasi paralel	Konsep komputasi paralel dan komputasi terdistribusi
46.	3 – 6 September 2013	Studi pustaka tentang metoda paralelisme data dan paralelisme tugas	Konsep paralelisme data dan paralelisme tugas
47.	3 – 12 September 2013	Penyusunan bahan publikasi (makalah/artikel)	Draft makalah seminar/artikel jurnal
48.	4 – 12 September 2013	Pembuatan Laporan Kemajuan dan Laporan Penggunaan Dana	Draft Laporan Kemajuan dan Laporan Penggunaan Dana
49.	13 September 2013	Penyerahan laporan kemajuan	Laporan Kemajuan dan Laporan Penggunaan Dana
50.	14 – 20 September 2013	Ujicoba semua skript Matlab dalam Matlab versi R2013	
51.	21 – 27 September 2013	Penulisan makalah seminar dan persiapan registrasi	Draft makalah seminar nasional
52.	1 – 10 Oktober 2013	Penyelesaian SPJ	Laporan Penggunaan Dana 100%
53.	1 – 15 Oktober 2013	Persiapan Monev internal	Dokumen yang diperlukan untuk monev internal
54.	7 – 15 Oktober 2013	Eksplorasi program Java untuk operator genetika	Prototipe fungsi dan struktur data
55.	20 – 30 Oktober 2013	Studi pustaka dan eksplorasi penjadwalan komputasi paralel menggunakan Algoritma Genetika	Konsep penjadwalan komputasi paralel menggunakan algoritma genetika
56.	1 – 10 November 2013	Persiapan Monev Eksternal	Dokumen-dokumen yang diperlukan untuk monev eksternal
57.	10 – 15 November 2013	Persiapan dan pelaksanaan Seminar Hasil	
58.	15 – 20 November 2013	Penyelesaian dan Penyerahan Laporan Akhir dan Laporan Penggunaan Dana	Laporan Akhir Penelitian Tahap I Tahun 2013

Notasi:

*) jika perlu diisikan pula jam

**) Berisi data yang diperoleh, keterangan data, sketsa, gambar, analisis singkat, dsb.

Tambahan halaman ini sesuai kebutuhan

Pemonitor

.....
NIP.

Ketua Peneliti

Dr. Eko Marpanaji
NIP.19670608 199303 1 001

D. Seminar Instrumen



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
Alamat: Karangmalang, Yogyakarta. 55281.
Telp. (0274) 550839 Fax. (0274) 518617. e-mail: lppm.uny@gmail.com

**BERITA ACARA
PELAKSANAAN SEMINAR PROPOSAL/INSTRUMEN PENELITIAN**

1. Nama Peneliti : Dr. Eko Marpanaji, M.T.
2. Jurusan/Prodi :
3. Fakultas : Teknik
4. Skim Penelitian : Penelitian Fundamental
5. Judul Penelitian : Aplikasi Algoritma genetika pada skema penjadwalan
komputasi terdistribusi (Studi Kasus pada Software-Defined Radio,
6. Pelaksanaan : Tanggal 5 Juli 2013 Jam 00.30
7. Tempat :
8. Dipimpin oleh : Ketua Dr. Siti Hamidah
Sekretaris
9. Peserta yang hadir : a. Konsultan : orang
b. Nara sumber : orang
c. BPP : orang
d. Peserta lain : orang
Jumlah : orang

SARAN -SARAN

1. Perlu diperjelas lagi hasil yg diharapkan pd
tahun pertama.
2.

10. Hasil Seminar;

Setelah mempertimbangkan penyajian, penjelasan, argumentasi serta sistematika dan tata tulis, seminar berkesimpulan bahwa proposal penelitian tersebut di atas:

- a. Diterima, tanpa revisi/pembenahan usulan/instrumen/hasil
- b. Diterima, dengan revisi/pembenahan
- c. Dibenahi untuk diseminarkan ulang

Ketua Sidang



.....
NIP:

Mengetahui
Badan Pertimbangan
Penelitian



.....
NIP:

Sekretaris
Sidang

.....
NIP:

DAFTAR HADIR SEMINAR PENELITIAN

Jenis Seminar : Desain Proposal/Instrumen Penelitian
 Hari, Tanggal : Jum'at, 5 Juli 2013
 Pukul : 07.30 - Selesai
 Tempat : Ruang Sidang LPPM
 Kelompok :

No.	N A M A	GELAR	TANDA TANGAN	
1	JAMILAH	Dra. M.Pd.	1.	
2	ARISWAN	Dr.M.Si.,DEA.		2.
3	KARYATI	S.Si.,M.Si.	3.	
4	NURFINA AZNAM	Prof. Dr. SU.Apt.		4.
5	NOVITA INTAN AROVAH		5.	
6	R YOSI APRIAN SARI	M.Si.		6.
7	Kun Sri Budiasih	M.Si	7.	
8	Heru Nurcahyo	Dr. drh. , M.Kes		8.
9	TIEN AMINATUN	Dr. M.Si.	9.	
10	SITI SULASTRI	Dra. MS.		10.
11	RADEN ROSNAWATI	M.Si	11.	
12	CATURİYATI	S.Si.,M.Si.		12.
13	YUNI WIBOWO	M.Pd.	13.	
14	RETNA HIDAYAH	MT,Ph.D.		14.
15	RATNA WARDANI	Dr. MT	15.	
16	EKO MARPANAJI	Dr. MT		16.
17	SLAMET WIDODO	MT	17.	
18	APRI NURYANTO	MT		18.
19	NURYADIN EKO RAHARJO	M.Pd.	19.	
20	AGUS SANTOSO	Drs. M.Pd.		20.
21	BADRANINGSIH LASTARIWATI	M.Kes.	21.	
22	VALENTINUS LILIK HARIYANTO	Drs. M.Pd.		22.
23	SUTOPO	MT	23.	
24	BUDI TRI SISWANTO	Dr. M.Pd.		24.
25	Suyanta	Dr	25.	
26	Sri Atun	Prof. Dr		26.
27	Triatmanto	M.Si	27.	
28	Amat Jaedun	Dr		28.
29	Siti Hamidah	Dr	29.	
30	Tri Hartiti Retnowati	Prof. Dr		30.
31	Wiyatmi	M.Hum	31.	
32	Abdul Gafur	Prof. Dr		32.
33	Aman	Dr.	33.	
34	Aprilia Tina-L			34.
35	Mami H		35.	
36	M. Hamid Munir	M.Pd		36.
37			37.	
38				38.
39			39.	
40				40.

Yogyakarta, 5 Juli 2013

Ketua Sidang

E. Seminar Hasil



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

Alamat: Karangmalang, Yogyakarta. 55281.
Telp. (0274) 550839 Fax. (0274) 518617. e-mail: lppm.uny@gmail.com

FRM/LEMLIT-PROG/09-02
04 NOV. 2008

BERITA ACARA
PELAKSANAAN SEMINAR HASIL PENELITIAN DANA BOPTN

1. Nama Peneliti : Dr. Elio Mardiana MT.
2. Jurusan/Prodi : T. Elio
3. Fakultas : FT
4. Skim Penelitian : APID
5. Judul Penelitian : Aplikasi Algoritma Genetika pada skema pengendalian komputer terdistribusi (Studi kasus di Software-Defined Net.)
6. Pelaksanaan : Tanggal 14 Nopember 2012 J a m 07.30 - 14.00
7. Tempat : Ruang Sidang LPPM - UNY
8. Dipimpin oleh : Ketua Dr. A. Mardiana
Sekretaris Dr. Siti Kowidat
9. Peserta yang hadir :
- | | | | |
|-----------------|---------|-------|-------|
| a. Konsultan | : | | orang |
| b. Nara sumber | : | | orang |
| c. BPP | : | | orang |
| d. Peserta lain | : | | orang |
| Jumlah | : | | orang |

SARAN -SARAN

1. Laporan agar disusun dalam tahapan = yg jelas, sbg nampak jelas kegiatan pd setiap tahapan, target dan kebercapaian dari setiap target.
2. Hasil penelitian tahap ini agar di deskripsikan secara jelas, apa sudah di Capai baik hasil yg utama maupun pendukungnya.

10. Hasil Seminar;

Setelah mempertimbangkan penyajian, penjelasan, argumentasi serta sistematika dan tata tulis, seminar berkesimpulan bahwa hasil penelitian tersebut di atas :

- a. Diterima, tanpa revisi/pembenahan hasil Penelitian
- b. Diterima, dengan revisi/pembenahan
- c. Dibenahi untuk diseminarkan ulang

Ketua Sidang



Dr. Amat Joesum

NIP:

19610808 198601 1001

Mengetahui
Badan Pertimbangan
Penelitian

Dr. Siti Sunidah M.Pd.


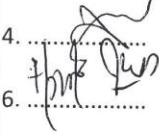
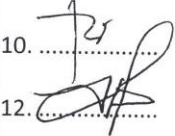
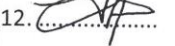
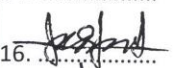





NIP: 19530820 197103 2001

Sekretaris
Sidang

.....
NIP:

DAFTAR HADIR SEMINAR HASIL PELITIAN

Jenis Seminar : Hasil Penelitian
 Hari, Tanggal : Kamis, 14 Nopember 2013
 Pukul : 07.30 - Selesai
 Tempat : Ruang Sidang LPPM
 Kelompok :

No.	N A M A	GELAR	TANDA TANGAN	
1	FAIDILLAH KURNIAWAN S.Pd., M.Or.	M.Or.	1.	
2	Dr. RIA LUMINTUARSO M.Si.	Dr. M.Si.		2. 
3	Prof. Dr. WAWAN SUNDAWAN	Prof. Dr. M.Ed.	3.	
4	Dr. SISWANTOYO	Dr.	4. 	
5	Dr. SUGENG PURWANTO M.Pd.	Dr. M.Pd.	5.	
6	MUHAMMAD HAMID ANWAR S.Pd.,	S.Pd., M.Phil.	6.	
7	WIDIYANTO M.Kes.	M.Kes.	7.	
8	Drs. EDDY PURNOMO M.Kes.	Drs.M.Kes.	8.	
9	FARIDA AGUS SETIAWATI M.Si.	M.Si	9.	
10	RETNA HIDAYAH MT,Ph.D.	MT,Ph.D.	10. 	
11	Dr. RATNA WARDANI MT	Dr. MT	11.	
12	Dr. EKO MARPANAJI MT	Dr.	12. 	
13	SLAMET WIDODO MT	MT	13.	
14	APRI NURYANTO MT	MT	14.	
15	Dr. BUDI TRI SISWANTO M.Pd.	Dr.M.Pd.	15.	
16	Drs. AGUS SANTOSO M.Pd.	Drs. M.Pd.	16. 	
17	BADRANINGSIH LASTARIWATI M.Kes.	M.Kes.	17. 	
18	Drs. VALENTINUS LILIK HARIYANTO	Drs. M.Pd.	18.	
19	WORO SRI HASTUTI M.Pd.	M.Pd.	19. 	
20	RAHMANIA UTARI M.Pd.	M.Pd.	20.	
21	DWI ESTI ANDRIANI M.Pd., MEdSt.	M.Pd., MEdSt.	21.	
22	- ENTOH TOHANI M.Pd	M.Pd	22. 	
23	Prof. Dr. Suharjana	Prof. Dr.	23.	
24	Dr. dr. BM. Woro Kushartanti	Dr.	24. 	
25	Dr. Amat Jaedun	Dr.	25.	
26	Dr. Siti Hamidah	Dr.	26. 	
27	Edi Purwanta	Dr	27.	
28			28.	
29			29.	
30			30.	
31			31.	
32			32.	
33			33.	
34			34.	
35			35.	
36			36.	
37			37.	
38			38.	
39			39.	
40			40.	

Yogyakarta, 14 Nopember 2013
 Ketua Sidang

F. Sertifikat Lisensi Matlab

TECHSOURCE
Dynamic Solutions Precise Results

Certificate

of Authenticity for MATLAB®

This certificate of authenticity represents our professional guarantee that this item is genuine and is firmly established as stated:

MATLAB® LICENSE NUMBER: **907170**

Congratulations on your purchase of MATLAB®. You have purchased a professional engineering tool that delivers high-performance technical computing environment.

Product: *MATLAB*

Product description: *Engineering and Scientific Tool*

Product of establishment: *1984*

Manufacturer: *The MathWorks, Inc. (U.S.A.)*

Sole Distributor for South East Asia: *TechSource Systems (M) Sdn Bhd*

This certificate should be retain to ascertain that the software is a genuine copy.

Southeast Asia's sole distributor of
**MATLAB®
& SIMULINK®**

