



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Orasi Ilmiah Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Profesor A. Z. R. Langi

**REKAYASA CERDAS
SISTEM PEMROSESAN SINYAL**

29 Januari 2016
Balai Pertemuan Ilmiah ITB

**Orasi Ilmiah Guru Besar
Institut Teknologi Bandung**
29 Januari 2016

Profesor A. Z. R. Langi

**REKAYASA CERDAS
SISTEM PEMROSESAN SINYAL**



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Hak cipta ada pada penulis

Judul: REKAYASA CERDAS SISTEM PEMROSESAN SINYAL
Disampaikan pada sidang terbuka Forum Guru Besar ITB,
tanggal 29 Januari 2016.

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik, termasuk memfotokopi, merekam atau dengan menggunakan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penulis.

UNDANG-UNDANG NOMOR 19 TAHUN 2002 TENTANG HAK CIPTA

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Hak Cipta ada pada penulis

Data katalog dalam terbitan

A. Z. R. Langi
REKAYASA CERDAS SISTEM PEMROSESAN SINYAL
Disunting oleh A. Z. R. Langi

Bandung: Forum Guru Besar ITB, 2016
vi+44 h., 17,5 x 25 cm
ISBN 978-602-8468-88-6
1. Teknologi Informasi 1. A. Z. R. Langi

SINOPSIS

Dalam satu abad terakhir, ilmu rekayasa (*engineering science*) telah membawa perubahan besar di dunia, baik dalam hal membangun kawasan untuk kehidupan manusia, peralatan kebutuhan keamanan dan militer, kendaraan transportasi untuk ekonomi perdagangan, maupun peralatan manufaktur untuk industri. Rekayasa berbasis fenomena elektromagnetika telah mengubah wajah dunia, dan menghantarkannya memasuki era informasi dan pengetahuan. Rekayasa elektromagnetik ini telah berkembang dari rekayasa keras (*hard engineering*) ke rekayasa lunak (*soft engineering*) dan menuju pada rekayasa nilai (*value engineering*). Diperlukan ilmu rekayasa baru yang dapat menjelaskan dan mencakup ketiga perkembangan ini secara efektif.

Teori sinyal dan sistem adalah dasar ilmu rekayasa elektromagnetika yang terbukti efektif mengembangkan rekayasa keras. Menggunakan teori ini, rekayasa keras telah menghasilkan rangkaian listrik, tenaga listrik, telekomunikasi, elektronika, prosesor komputer, dan jaringan Internet. Pemrosesan sinyal digital (*digital signal processing, DSP*) menerapkan teori sinyal dan sistem pada platform komputasi digital. Teori komputasi serta teknologi informasi multimedia di atas perangkat elektromagnetika keras ini berinteraksi dengan manusia menghasilkan layanan (*services*). Komputasi dan proses ini menjadi dasar dari rekayasa lunak. Teori filsafat, teori informasi, teori ilmu kemanusiaan dan sekuritas menjadi dasar dari rekayasa nilai, seperti rekayasa *finansial*. Di sini sistem penghasil nilai menjadi penggerak ekonomi digital.

Pengalaman profesional penulis selama tiga puluh tahun dalam mempraktekkan ketiga jenis rekayasa (keras, lunak, dan nilai) tersebut menginspirasi sebuah teori ilmu rekayasa yang diharapkan dapat efektif dan terpadu menjelaskan rekayasa konvensional maupun inkonvensional. Teori sistem produk-layanan-nilai (*product-service-value system, PSV-S*), yang merupakan pengembangan dari teori sinyal dan sistem, didasarkan pada teori tentang realitas yang relevan bagi rekayasa. Teori PSV-S berdasarkan sebuah premis bahwa *realitas adalah informasi*, yang terdiri dari (i) ruang, (ii) entitas, (iv) gaya, dan (v) hukum kesetimbangan. Rekayasa adalah menemukan entitas baru (“mesin”) yang mampu menggunakan gaya untuk memindahkan sebuah entitas dari satu posisi awal ke posisi akhir. Ada tiga perspektif realitas yang relevan bagi rekayasa: keras, lunak, dan uap, di mana “mesin” yang memenuhi syarat secara optimal di ketiga perspektif ini dimodelkan dengan PSV-S. Berbekal teori PSV-S tersebut dikembangkan prinsip-prinsip ilmu rekayasa, baik rekayasa keras, lunak, maupun nilai.

Semoga tulisan ini dapat memberikan wawasan dan inspirasi yang bermanfaat bagi para pembaca.

Bandung, Januari 2016

A. Z. R. Langi

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
1. PENDAHULUAN	1
2. REKAYASA SISTEM DSP	5
3. TEORI REKAYASA SISTEM DSP	8
4. REKAYASA SISTEM PSV-S	13
5. CONTOH PENERAPAN SISTEM PSV-S PADA PEMROSES UCAPAN	20
6. SISTEM PSV-S SEBAGAI PERTUKARAN KURENSI	25
7. DISKUSI	32
8. REKAMAN KARYA	33
PUBLIKASI	33
PENGHARGAAN DAN SERTIFIKASI	36
9. PENUTUP DAN UCAPAN TERIMA KASIH	37
DAFTAR PUSTAKA	38
CURRICULUM VITAE	41

REKAYASA CERDAS SISTEM PEMROSESAN SINYAL

1. PENDAHULUAN

Rekayasa (*engineering*) berbasis fenomena listrik-magnet (*elektromagnetik*) telah merevolusi dunia melalui pengembangan sistem tenaga listrik, transportasi, telekomunikasi, elektronika, komputer, Internet, dan komunikasi nirkabel. Interaksi manusia dengan lingkungan hidupnya semakin cerdas dan efektif menggunakan sistem listrik-magnet hasil rekayasa ini. Sistem pemrosesan sinyal (*signal processing*) membuat interaksi ini semakin efektif. Pemrosesan sinyal secara digital (*digital signal processing*, DSP) membuat interaksi ini semakin cerdas [1]. Rekayasa sistem DSP telah berhasil membangun teknologi informasi dan komunikasi modern saat ini [2].

Konsep keilmuan DSP didasarkan pada *teori sinyal dan sistem* [3]. Dalam teori ini baik sinyal maupun sistem dapat direpresentasikan kedalam besaran matematik dan komputasi. Sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1 (a), sistem dapat direpresentasikan dengan sebuah graf aliran sinyal (*signal flow graph*, SFG) yang terdiri dari kotak berlabel H yang memiliki sinyal masukan (input) x dan sinyal luaran (output) y . Selain sebagai identitas sinyal, label x dan y memiliki konotasi besaran matematik, sehingga kita bisa menyatakan sistem ke dalam persamaan

$$y = H \{ x \}$$

Dan, untuk sistem linier, kita bisa menerapkan operator aljabar sehingga berlaku

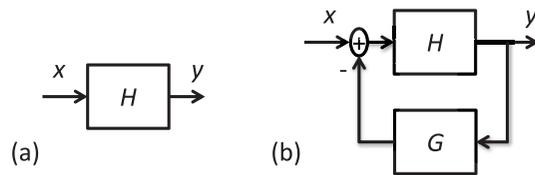
$$\alpha_1 y_1 + \alpha_2 y_2 = H \{ \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 \}$$

Dengan demikian, kita bisa mengkombinasikan sistem untuk menghasilkan sistem yang baru, sebagaimana contokan pada sistem umpan balik Gambar 1(b). Dengan aljabar sederhana kita bisa simpulkan untuk sistem pada Gambar 1(b) ini memenuhi persamaan

$$y = H\{x - G\{y\}\}$$

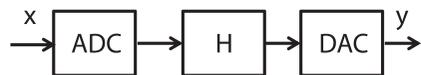
Bila sistem H dan G juga linier maka kita peroleh

$$y + H\{G\{y\}\} = H\{x\}$$



Gambar 1. SFG sistem H dengan x dan y masing-masing adalah sinyal input dan sinyal output: (a) sistem dasar, (b) sistem dengan umpan balik

Sistem H atau G pada SFG di Gambar 1 itu dapat mewakili berbagai bentuk (*form*) dari sistem, seperti rangkaian listrik, medium, material, dan peralatan mekanik. Bahkan pada kasus sistem DSP pada Gambar 2, sistem H bisa berupa komputer. Hal ini dimungkinkan oleh pengubah sinyal analog ke digital (*analog to digital converter*, ADC), dan pengubah digital ke analog (*digital to analog converter*, DAC). Sistem DSP seperti ini dikenal juga sebagai *sistem akuisisi data*.



Gambar 2. SFG sistem DSP di mana sistem H adalah komputer, ADC mengubah sinyal alamiah menjadi sinyal digital, dan DAC mengembalikan sinyal digital mejadi sinyal alamiah.

Rekayasa sistem DSP adalah proses mencari sistem komputer H pada Gambar 2, sehingga sistem bisa melewatkan sinyal x menjadi sinyal y sesuai kebutuhan dan keinginan kita. Misalkan kita menginginkan agar x sebagai sinyal ucapan seorang pengguna bernama Ani di kota Bandung bisa tiba sebagai y yakni sinyal ucapan bagi seorang pengguna bernama Budi di kota Jakarta, dengan y mendekati x. Dalam hal ini, sistem H bisa merepresentasikan seluruh peralatan pengkode ucapan (*speech coder*) serta saluran komunikasi digital dari Bandung sampai ke Jakarta (lihat Gambar 3) [4].



Gambar 3. SFG sistem DSP mewakili sebuah sistem komunikasi ucapan yang menghantarkan ucapan x di titik pengirim menjadi ucapan y di titik penerima.

Secara semantik istilah rekayasa atau *engineering* bisa dimaknai meng-“engine”-kan sebuah solusi, yakni mencari “mesin” yang dapat memecahkan masalah. Sebuah “mesin” menjadi cerdas bila saat beroperasi mesin ini mengumpulkan, menata, dan menerapkan pengetahuan (*knowledge*) [5],[6]. Tulisan ini hendak menjelaskan pengembangan rekayasa cerdas (*smart engineering*) menggunakan teknologi informasi dan sistem pemrosesan sinyal, dalam konsep rakayasa *product-service-value systems* (PSV-S).

Secara tradisional rekayasa sistem DSP (*DSP system engineering*) berfokus pada menghasilkan sistem DSP, produk DSP, dan rancang-bangun yang *tangible*. Hasil ini adalah solusi dari masalah rekayasa. Belakangan ini rekayasa DSP berkembang mencakup kasus *intangible*,

seperti rekayasa layanan (*service engineering*), rekayasa keuangan (*financial engineering*), dan bahkan rekayasa sosial (*social engineering*). Teknologi DSP yang digunakan termasuk *service signal processing*, *financial signal processing*, dan *social signal processing* [7],[8],[9]. Lebih lanjut, teknologi informasi bukan saja menjadi platform bagi solusi dari masalah rekayasa, tetapi juga memainkan peranan yang semakin penting dalam keberhasilan proses rekayasa itu sendiri [10].

Meskipun perkembangan peran rekayasa DSP ini menggembirakan, tetapi hal ini juga membawa juga persoalan baru. Persoalan baru ini terkait *body of knowledge* (BoK) dan praktek terbaik (*best practices*) dari ilmu rekayasa. Secara lebih spesifik, ada tiga pertanyaan dan tantangan yang perlu dijawab:

1. Bisakah kita menciptakan suatu abstraksi baru dari rekayasa yang dapat mencakup rekayasa sistem tradisional DSP dan sistem non-tradisional tersebut?
2. Bagaimana cara kita bisa memperluas konsep-konsep ilmu rekayasa sehingga dapat mencakup juga sistem non-tradisional DSP?
3. Bagaimana kita bisa menggunakan teknologi informasi sebagai platform untuk rekayasa cerdas sistem DSP ini?

Tulisan ini mencoba menjawab persoalan-persoalan penting ini, dengan beberapa hipotesa. Secara khusus tulisan ini mengusulkan sebuah paradigma mesin (*engine*) dalam setiap hasil rekayasa. Selanjutnya hasil rekayasa ini dimodelkan secara komputasi sebagai sistem produk-layanan-nilai (*product-service-value system*, PSV-S). Dalam pendekatan ini sebuah PSV-S adalah abstraksi dari mesin. Setiap rekayasa (tradisional

maupun non-tradisional) haruslah menghasilkan sebuah PSV-S. Bahkan proses rekayasa itu sendiri adalah sebuah PSV-S. Hipotesa-hipotesa ini hendak dibuktikan dan dikembangkan dalam peta jalan riset.

2. REKAYASA SISTEM DSP

Sebagaimana dijelaskan di atas, rekayasa sistem DSP pada dasarnya mencari berbagai bentuk sistem komputasi H sehingga sinyal x dapat diproses menjadi sinyal y , seperti pada Gambar 2 di atas. Sistem komputasi ini bisa berbentuk prosesor mikro, prosesor DSP, jaringan syaraf tiruan, komputer personal, supercomputer, chip, *field programmable gate array* FPGA, atau berbagai prosesor spesifik yang menjalankan algoritma pemrosesan sinyal. Berikut ini adalah gambaran singkat upaya penulis mencari sistem komputasi tersebut dalam rangka rekayasa sistem DSP.

Setelah menamatkan SMA pada tahun 1981, penulis diterima sebagai mahasiswa ITB pada program studi Teknik Elektro, dan lulus tahun 1987, dengan topik riset desain sistem prosesor terbenam (*embedded system*) berbasis prosesor mikro Z80. Ia kemudian menjadi dosen di Laboratorium Sinyal dan Sistem, Departemen Teknik Elektro ITB pada tahun yang sama, dan menjadi peneliti di Pusat Antar Universitas Mikroelektronika (PAU-ME) pada tahun 1989. Riset di PAU-ME mengembangkan sistem akuisisi data berbasis IBM-XT di tahun 1987. Tugas riset berkembang menuju sistem DSP pada tahun 1988 menggunakan prosesor DSP TMS320C25 dari Texas Instruments.

Oleh PAU-ME, ia dikirim ke University of Manitoba Canada untuk

menempuh pendidikan S2 (1990-1992). Di University of Manitoba, penulis mengembangkan riset mendesain prosesor hardware berbasis FPGA serta algoritma pemampatan ucapan LPC (2.4 kbit/s) dan CELP (4.8 kbit/s). Sebuah sistem waktu-nyata CELP berhasil diimplementasikan pada prosesor TMS320C30. Pada tahun 1991 penulis merancang wavelet coprocessor menggunakan VHDL, Mentor Graphics dan FPGA. Pada tahun 1992 penulis kembali ke ITB, menyelesaikan riset di bidang teori sinyal, khususnya transformasi wavelet dan prosesor DSP.

Berbekal beasiswa University of Manitoba dan PT INTI, ia melanjutkan studi S3 1993-1996 pada universitas tersebut. Minat riset berkembang menjadi pemampatan sinyal multimedia (ucapan, citra, dan video) serta pemrosesan sinyal menggunakan transformasi Fourier, *wavelets*, serta *multifractals*. Di tahun 1994 sebuah paper pengusul mengenai *wavelet signal processing* terpilih sebagai salah satu paper IEEE terbaik tahun 1993 untuk diterbitkan IEEE Technology Series. Pada tahun 1995 penulis menjadi Graduate Research Assistance (GRA) pada di Los Alamos National Laboratory, US, bekerja membuat *image signal compression* dengan teknologi *wavelet scalar quantization* (WSQ) dan Rice coders menggunakan A++ library untuk Cray supercomputer. Pada tahun 1996 penulis menyelesaikan disertasi S3 mengenai *multifractal processing* pada sinyal non stasioner.

Pada tahun 1996, penulis menjadi Senior Researcher di bidang teknologi informasi dan komunikasi di Telecommunications Research Laboratories (TRLabs), Winnipeg, Canada. Di sana, penulis mempelajari *advanced computing* (*neural networks*, *mutlifractals*, *wavelets*, dan *DSP architectures*) untuk aplikasi kompresi sinyal.

Sekembalinya dari Canada pada tahun 1996, ia menjadi peneliti di PAU-ME dan staf dosen di Departemen Teknik Elektro ITB (sekarang Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, STEI). Pengusul mendirikan DSP Research and Technology Groups (DSP-RTG), dan mendapat dukungan peralatan DSP dari Texas Instruments. Pada tahun 2000-2001 pengusul diundang menjadi *visiting professor* di *Information System Laboratory*, Department of Electrical Engineering Stanford University, mengerjakan riset wavalet multifractal processing untuk sinyal *ucapan* dan *citra*.

Pengusul diangkat menjadi Direktur PPAU Mikroelektronika ITB di tahun 1999, kemudian menginisiasi dan memimpin program Riset Unggulan Strategi Nasional (RUSNAS) di bidang Teknologi Informasi dan Mikroelektronika (TIME) dari Kementrian Ristek. Program RUSNAS TIME ini berlangsung selama 10 tahun sampai 2010, di mana penulis sendiri menelurkan teknologi informasi, khususnya *softswitch* dan *rural next generation networks* (R-NGN). Pada tahun 2003, penulis mendirikan perusahaan startup di bidang softswitch, PT Clarisense Digital Media, yang dijalankan oleh alumni DSP-RTG sampai sekarang. Pada tahun 2003, penulis diangkat untuk memimpin Pusat Sumber Daya Informasi (PSDI) ITB, sehingga mendapat kesempatan untuk mengimplementasikan teknologi informasi (*smart campus*). Pada saat yang sama, penulis menjadi salah satu pendiri Konsorsium Industri Telekomunikasi Nasional (KITNAS), serta anggota Tim Koordinasi Telematika Indonesia (TKTI). Hal ini mendorong pengusul untuk melakukan berbagai analisa industri TIK.

Pada tahun 2005, TU Delft bekerjasama dengan penulis untuk membangun testbed untuk R-NGN di ITB dan utara Bandung. Sejak 2005,

softswitch hasil riset Penulis digunakan di ITB untuk kebutuhan telepon digital ITB, yang masih beroperasi sampai sekarang.

Pada tahun 2005 pengusul diangkat menjadi kepala Pusat Penelitian Teknologi Informasi dan Komunikasi (PPTIK) di mana pengusul memimpin program pengembangan R-NGN dan digital learning. Atas berbagai prestasi ini, penulis juga diangkat menjadi anggota Dewan Riset Nasional (DRN) di bidang teknologi informasi dan komunikasi (TIK) sejak 2005 selama dua perioda. Selain mereview program TIK Ristek, keanggotaan pengusul di DRN menelurkan beberapa analisa industri TIK.

Dengan demikian secara garis besar riset rekayasa sistem DSP yang sudah dilakukan penulis dapat dikategorikan dalam subkelompok ilmu:

1. Digital Signal Processing System
2. Multimedia Compression
3. Advanced Computing
4. Wavelet and Multifractal Signal Processing
5. Rural Next Generation Networks
6. Multimedia Digital Learning
7. ICT Industrial Analysis

3. TEORI REKAYASA SISTEM DSP

Bermodalkan pengalaman riset tersebut di atas, maka saat ini penulis menekuni pengembangan teori rekayasa cerdas (*smart engineering*) menggunakan teknologi informasi dan sistem pemrosesan sinyal, dalam konsep rekayasa *product-service-value systems* (PSV-S).

Model PSV-S adalah hasil sinergi dari tiga cara pandang: rekayasa (i) keras/padat (*hard/solid*), (ii) lunak/cair (*soft/liquid*), dan (iii) uap/gas (*vapour/gas*). Sepanjang tulisan orasi ini, kita akan menekankan berulang-ulang tesis dasar bahwa suatu rekayasa yang berhasil ditentukan adanya suatu mesin tautologis yang beroperasi di ketiga persepektif ini. Ketiga perspektif ini mewakili tiga model realitas: (i) realitas alamiah, (ii) realitas bahasa, dan (iii) realitas probabilitas/pengalaman. Ketiga perspektif realitas memiliki asumsi dasar bahwa *realitas adalah informasi*. Sebagai informasi, sebuah perspektif realitas terdiri dari empat aspek: (1) ruang dengan posisi, (2) entitas, (3) gaya dalam ruang, dan (4) hukum kesetimbangan yang menahan keberadaan ruang. Tabel 1 menjelaskan keempat aspek dari ketiga model realitas tersebut. Hukum kesetimbangan menjaga integritas ruang. Entitas adalah gaya yang terperangkap akibat adanya hukum kesetimbangan. Di dalam ruang ini, entitas bisa berpindah posisi secara alamiah akibat penerapan gaya, juga berdasarkan pengaturan hukum kesetimbangan [11].

Dalam teori ilmu rekayasa yang penulis kembangkan ini, rekayasa adalah menemukan mesin untuk memecahkan suatu masalah. Masalah adalah bagaimana memindahkan sebuah entitas dari suatu posisi awal dalam ruang ke sebuah posisi akhir, yang oleh karena hukum kesetimbangan perpindahan ini tidak dimungkinkan terjadi secara sendirinya alamiah. Untuk itu rekayasa adalah membangun sebuah mesin yang bisa memanfaatkan gaya yang ada untuk mengangkat entitas ke posisi yang dituju. Mesin itu sendiri adalah entitas baru yang dibangun dengan memerangkap gaya yang ada.

Tabel 1. Model realitas dari tiga perspektif keras, lunak, atau uap.

Model Realitas	Keras-Padat	Lunak-Cair	Uap-Gas
<i>Ruang</i>	Alam (Nature)	Bahasa Lisan Tulisan Matematika	Probabilitas, Pengalaman
<i>Entitas</i>	Materi, partikel	Istilah Ucapan, Subyek, Obyek	Peristiwa tidak terduga, Event
<i>Gaya</i>	Gaya Alamiah: gravitasi, listrik-magnet, gaya nuklir kuat dan lemah	Predikat, verb, relasi, ajektif	Atensi, Menarik Perhatian, Fokus, Penting
<i>Kesetimbangan</i>	Kekekalan Energi, Hukum Termodinamika	Tatabahasa, Persamaan	Hilang, Perubahan, Ekspansi, Musnah

Untuk lebih jelasnya, mari kita simak kembali masalah percakapan antara dua orang yang berjauhan (antara Ani dan Budi). Secara alamiah, suara Ani (*voice*) berbentuk gelombang getaran akustik dengan rentang frekuensi antara 80Hz-8000Khz. Budi sendiri bisa mendengar bunyi akustik (*audio*) dalam rentang frekuensi 20Hz-20KHz. Secara khusus ucapan Ani (*speech*) bisa dipahami Budi pada rentang 300-3300 Hz untuk kualitas ucapan teleponi. Pada level tekanan bunyi (sound pressure) yang normal (70dB) Budi dapat mendengar ucapan Ani dengan jelas pada jarak sampai 4 meter. Untuk jarak 10 meter, Ani harus bersuara keras (lebih dari 80dB). Secara alamiah, Budi yang tinggal di Jakarta tidak mungkin mendengar ucapan Ani yang tinggal di Bandung, karena energi ucapan Ani yang di dengar Budi terlalu kecil.

Sebuah sistem DSP bisa menjadi mesin di realitas alamiah yang mengantarkan ucapan Ani sehingga tiba kepada Budi. Gelombang radio 200 watt pada 20 meter band (14,000 MHz- 14,350 MHz) bisa mencapai 500 km pada waktu siang dan 1500 km pada waktu malam. Untuk itu kita bisa merekayasa sebuah sistem DSP yang memodulasi ucapan Ani kepada sinyal radio dengan panjang gelombang 20 meter, yang merambat sebagai

sinyal pembawa (*carrier*) sampai ke tempat Budi. Sebuah sistem DSP di tempat Budi mengakuisisi gelombang radio tersebut, dan mende-modulasinya menjadi gelombang ucapan Ani yang bisa dimengerti Budi. Sistem DSP modulator, pembangkit carrier, akuisisi, dan demodulator ini membentuk entitas mesin dalam *realitas alamiah*. Sistem ini menjadi sistem keras/padat karena menggunakan gaya listrik magnet yang alamiah.

Dalam kenyataannya, pengguna gelombang radio 20 meter cukup banyak, karena pita ini sangat populer, sehingga terjadi perebutan sumber daya frekuensi. Untuk itu diperlukan distribusi penggunaan frekuensi yang minimal namun tetap mampu menjaga inteligibilitas ucapan. Salah satu cara yang efektif adalah memperkenalkan konsep kode dan simbol. Sinyal ucapan direpresentasikan menjadi fungsi matematik, $x(t)$, kemudian di dekomposisi ke dalam komponen-komponen frekuensi menggunakan keluarga transformasi Fourier $x(\omega)$. Komponen ini dikodekan ke dalam simbol-simbol *alfanumerik*, di mana setiap simbol merepresentasikan suatu titik pada konstalasi gelombang *carrier*.

Dengan cara ini, saluran komunikasi dapat melakukan percakapan-percakapan dengan kapasitas maksimum. Sistem DSP yang (i) mengubah ucapan Ani menjadi fungsi matematik, (ii) men-dekomposisi ke dalam komponen, (iii) memetakannya ke dalam simbol-simbol alfanumerik, (iv) mengirimkan-nya sesuai titik konstalasi gelombang carrier, lalu (v) menerimanya di tempat Budi, (vi) menafsirkan simbol-simbol yang diterima, (vii) mengartikan komponen frekuensi dari simbol, kemudian (viii) merekonstruksi fungsi ucapan, dan (ix) mengubahnya menjadi gelombang ucapan yang bisa didengar Budi adalah mesin di *realitas bahasa*. Kode-kode frekuensi dan simbol-simbol *carrier* membentuk bahasa

alfanumerik, lengkap dengan tatabahasanya, dan logika kerja dari sistem DSP adalah logika bahasa.

Sistem DSP tersebut membutuhkan biaya yang tidak sedikit, sehingga isi pesan Ani kepada Budi haruslah penting, bernilai tinggi, dan sangat diperlukan. Rekayasa sistem DSP tersebut baru akan terjadi bila nilai ucapan melebihi biaya rekayasa. Kerangka kerja yang digunakan untuk hal ini adalah teori probabilitistik. Sesuatu peristiwa, event pesan atau informasi bernilai tinggi bila probabilitas terjadi peristiwa atau pesan itu rendah. Lebih lanjut, medium yang dilewati gelombang *carrier* juga bersifat probabilitistik, dimana besaran alam (yang disebut *noise*) mengubah bentuk sinyal *carrier* sehingga bentuk yang diterima Budi tidak lagi sesuai dengan bentuk yang dikirim Ani.

Karena kenyataan ini tidak dapat dihindarkan, maka tujuan sistem DSP bukan lagi mempertahankan bentuk gelombang, tetapi memastikan Budi dapat memperhatikan, mengalami dan merasakan dampak yang diinginkan Ani. Sistem DSP kemudian dibuat untuk mengalokasikan kata kode (*codeword*) berdasarkan nilai informasi: semakin penting suatu kata kode, semakin banyak sumber daya kode yang dialokasikan bagi kata kode tersebut. Besar sumber daya informasi yang paling hemat disebut *entropi* dari sumber pesan (Ani). Sistem DSP yang mengkode ucapan secara efisien disebut pengkode sumber (*source encoder*), sedangkan proses rekonstruksi dari kode yang efisien menjadi kode ucapan disebut pendekode sumber (*source decoder*). Selanjutnya kata kode yang efisien ini harus dilindungi dari gangguan *noise* saat di kirim melalui saluran. Untuk itu diperkenalkan kode saluran (*channel code*) yang memperkenalkan sumber daya pengkoreksi error (*error correction code*).

Baik source coder dan channel coder bekerja dengan prinsip probabilitas, di mana nilai pesan harus dijaga karena mudah hilang dan niscaya akan “menguap” seperti gas. Kita menyebut sistem DSP ini bekerja dengan prinsip-prinsip *realitas probabilitas/pengalaman*: bagaimana Ani dan Budi tetap dapat mencapai maksud dan tujuan pengiriman pesan meskipun bentuk gelombang yang diterima tidak sama dengan yang dikirim, serta nilai pesan memiliki kecenderungan untuk menguap/menghilang.

Pada dasarnya keberhasilan rekayasa sistem DSP ditentukan oleh keberhasilan merekayasa mesin DSP pada ketiga persepektif realitas ini secara simultan. Sebagaimana disarikan pada Tabel 1, perekayasa sistem dituntut menguasai realitas alamiah (listrik-magnet), realitas bahasa (matematika, simbol dan kode), serta realitas probabilitas (event, pengalaman). Keberadaan realitas bahasa sebagai lapis tengah (*intermediate*) membuka peluang untuk menerapkan pengetahuan (*knowledge*) ke dalam proses rekayasa menjadi rekayasa cerdas. Hal ini disebabkan pengetahuan selalu direpresentasikan ke dalam bahasa, sehingga representasi sistem kompatibel dengan pengetahuan.

Upaya perluasan ilmu rekayasa sistem DSP menjadi ilmu rekayasa lebih umum, yakni sistem PSV (yang sanggup menjelaskan reayasa modern seperti rekayasa layanan, finansial, dan nilai) menjadi fokus tulisan bagian berikut ini.

4. REKAYASA SISTEM PSV-S

Lebih dari empat puluh lima (45) karya tulis telah dihasilkan pengusul dalam kurun waktu lima tahun terakhir terkait riset ini. Enam buah

makalah merupakan representasi selektif hasil sementara pengembangan konsep PSV-S ini:

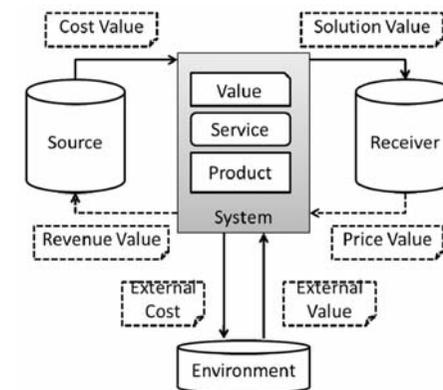
- [1] Armein Z.R. Langi, "Virtual Prototyping of DSP Systems Using a PSV-S Approach", *Proceedings International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems*, 2015, Bali, September 9-12, 2015, IEEE Catalog Number CFP15589-USB, ISBN: 978-1-4673-6498-0
- [2] Armein Z.R. Langi, "A Theoretical Foundation for Engineering Smart Environments Through PSV Systems", *Proceedings International Conference on ICT For Smart Society 2013*, Jakarta, Juni 13-14, 2013, IEEE Catalog Number CFP1313V-ART, ISBN: 978-1-479-0145-6
- [3] A. Z. R. Langi, "Generic PSV Systems and their engine models", *Proc. International Conference on System Engineering and Technology ICSET 2012*, 11-12 September 2012, p., ISBN 978-1-4673-2374-1
- [4] A. Z. R. Langi, "Value Signal Model (VSM) Systems and Their Time-Series Properties", *2013 IEEE International Conference on Electronic Technology and Industrial Development*, Bali, October 23-24, 2013.
- [5] A. Z. R. Langi, "A computing model of a PSV System for virtual prototyping", *Procedia Technology*, Vol 11, 2013, ELSEVIER, p718-725. ISSN: 2212-0173
- [6] Armein Z.R. Langi, "Rapid Prototyping of DSP Systems Using DSP Starter Kit", *Joint International Conference on Rural Information & Communication Technology and Electric-Vehicle Technology (R-ICT 2013 & ICEV-T 2013)*, Bandung-Bali, November 26-28, 2013.

Makalah-makalah tersebut menjelaskan hipotesa-hipotesa yang mendasari peta jalan riset (*research roadmap*) rekayasa sistem berbasis teknologi informasi dan pemrosesan sinyal digital. Dalam riset ini,

paradigma rekayasa di bidang teknik diperluas untuk mencakup rekayasa layanan (*service engineering*) serta rekayasa nilai (*value engineering*). Hasil rekayasa yang diperluas ini adalah sebuah sistem yang disebut sistem produk-layanan-nilai (*product-service-value system, PSV-S*).

Secara khusus, diusulkan sebuah pendekatan sistem *close-loop* empat kutub sebagai model dasar (orde satu) PSV-S (lihat Gambar 4) [12]. Pada dasarnya sebuah PSV-S adalah sebuah "kontrak" atau mekanisme untuk melakukan pertukaran *token* nilai antara dua pihak (*source* dan *receiver*) atau tiga pihak (*source, receiver, dan environment*). Seringkali membantu bila kita menganggap token nilai itu adalah "mata uang" (*currencies*) [21],[22]. Dalam perspektif ini, sebuah PSV-S adalah kontrak penukaran mata uang (*money exchanger*) antara dua atau tiga pihak.

Rekayasa adalah membuat PSV-S sedemikian sehingga nilai dari kedua pihak (atau ketiga pihak) sama-sama naik. PSV-S adalah sebuah mesin yang mempertukarkan mata uang antar pihak, sehingga semua diuntungkan atau tidak ada yang dirugikan.



Gambar 4. Model komputasi PSV-S.

Seandainya *token* yang dipertukarkan dari semua pihak menggunakan mata uang yang sama maka PSV-S ini tidak mungkin direkayasa, karena ia menjadi sebuah mesin perpetual. Oleh sebab itu, kunci dari sebuah rekayasa PSV-S adalah menemukan keragaman mata uang dari masing-masing pihak [22]. Berikut penjelasan dari token-token yang dipertukarkan PSV-S.

1. *Solution Value*. Token atau mata uang terpenting dan terutama dari sebuah PSV-S adalah nilai solusi (*solution value*). Motivasi pertama sebuah PSV-S direkayasa adalah untuk memberikan nilai solusi bagi receiver. Nilai solusi ini adalah jawaban bagi kebutuhan receiver.
2. *Cost Value*. Token terpenting berikutnya adalah nilai biaya (*cost value*) yang diberikan oleh sumber nilai (*source*) kepada PSV-S, yang menjadi sumber daya utama PSV-S untuk dikonversikan menjadi nilai solusi.
3. *Revenue Value*. Nilai pemasukan (*revenue value*) adalah imbalan yang diberikan PSV-S kepada sumber nilai atas kesediaannya memberikan nilai biaya.
4. *Price Value*. Nilai harga (*price value*) adalah imbalan yang dapat diberikan penerima nilai (*receiver*) untuk memperoleh nilai solusi tersebut.

Dari penjelasan mengenai token di atas maka ada dua syarat yang harus terpenuhi oleh sebuah PSV-S yang berhasil.

1. Syarat pertama: $Solution Value > Price Value$, dan $Revenue Value > Cost Value$
2. Syarat kedua:

1. Receiver harus kekurangan *Solution Value* dan kelimpahan *Price Value*
2. Source harus kekurangan *Revenue Value* dan kelimpahan *Cost Value*.

Apabila kedua syarat tidak dipenuhi maka PSV-S dapat dipastikan gagal.

Untuk meningkatkan kemampuan PSV-S dalam memenuhi kedua syarat ini maka kita dapat mengikutsertakan pihak ketiga (*environment*) dalam kontrak PSV-S. Token tambahan yang terlibat adalah:

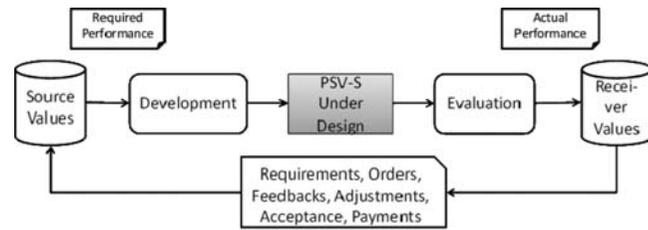
1. *External Value*. Lingkungan memberikan nilai eksternal (*external value*) kepada PSV-S. Nilai eksternal ini digunakan PSV-S untuk memenuhi syarat-syarat di atas.
2. *External cost*. Sebagai imbalan bagi lingkungan karena sudah memberikan nilai eksternal bagi PSV-S, maka PSV-S memberikan token biaya eksternal (*external cost*).

Dengan keterlibatan pihak ketiga ini maka pada syarat pertama dan kedua di atas ditambahkan

1. $External Cost = External Value$
2. *Environment* harus kekurangan *external cost* dan kelimpahan *external value*.

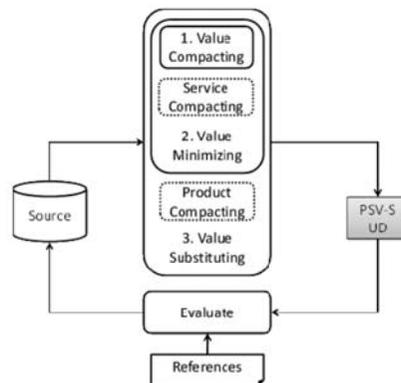
Dengan demikian model komputasi dari sebuah PSV-S terdiri dari dua atau tiga pihak yang berinteraksi mempertukarkan token masing-masing melalui sebuah mesin PSV-S, berdasarkan kekurangan dan kelimpahan masing-masing.

Rekayasa sistem itu sendiri adalah sebuah PSV-S, meskipun berorde dua (lihat Gambar 5). Teknologi informasi diperlukan untuk membangun *ontology* dari realitas yang mendasari rekayasa PSV-S [13], [14].



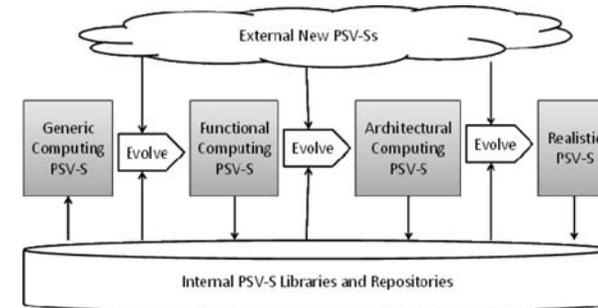
Gambar 5. PSV-S orde dua untuk proses rekayasa cerdas.

Rekayasa PSV-S menggunakan *virtual prototyping* di mana teknologi informasi mengembangkan berbagai aspek dari PSV-S secara bertahap dan evolutif (lihat Gambar 6). Proses iterasi ini pada dasarnya mencoba memampatkan nilai ke dalam substansi pembawa nilai. Proses yang terjadi adalah kompaksi, minimisasi, dan substitusi dari nilai, layanan, dan produk.



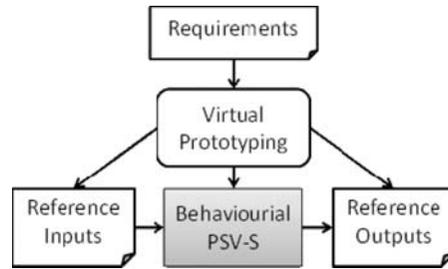
Gambar 6. Proses iterasi pemampatan nilai sebagai esensi dari rekayasa.

Penggunaan teknologi informasi membuat proses rekayasa PSV-S dapat dilakukan secara evolutif (lihat Gambar 7). Setidaknya ada empat tahap evolusi, dimulai dengan generik PSV-S, fungsional PSV-S, arsitektural PSV-S, dan realistik PSV-S. Pada setiap tahap keunggulan dari eksternal PSV-S diserap dan dikombinasikan ke dalam PSV-S dari dalam repositori internal.



Gambar 7. Rekayasa cerdas menggunakan teknologi informasi dalam mengevolusi PSV-S.

Peran teknologi informasi sangat krusial dalam proses evolusi tersebut. Sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 8, rekayasa cerdas memanfaatkan teknologi informasi untuk proses *virtual prototyping*. Proses ini menerjemahkan kebutuhan (*requirements*) menjadi tiga artefak: input referensi, behavioural PSV-S, serta referensi output.



Gambar 8. Rekayasa cerdas memanfaatkan teknologi informasi untuk melakukan virtual prototyping.

Peran simulasi menjadi kritikal dalam pendekatan *virtual prototyping* ini [2]. Secara khusus simulasi ini menghasilkan berbagai *time series* yang perlu diukur dan diproses menggunakan konsep-konsep pemrosesan sinyal digital. Konsep ini mulai dari besaran DSP sederhana, seperti *stabilitas*, *respons impuls*, *respons step*, sampai pada besaran yang kompleks, seperti *sensitivitas*, *dimensi fractal*, dan *strange attractor*. Dengan pengembangan ini, maka rekayasa sistem menjadi lebih luas mencakup berbagai bidang aplikasi, seperti rekayasa produk, layanan, serta nilai.

5. PENERAPAN SISTEM PSV-S PADA PEMROSES UCAPAN

Kita dapat memvalidasi pendekatan PSV-S pada pengembangan sistem DSP, dengan kasus sistem pemroses ucapan (Gambar 3 di atas). Mengacu pada skema Gambar 7, ada empat sistem DSP yang perlu dievolusikan secara bertahap:

- Sistem Generik: dalam contoh ini kita menggunakan DSP Starter Kit (DSK)

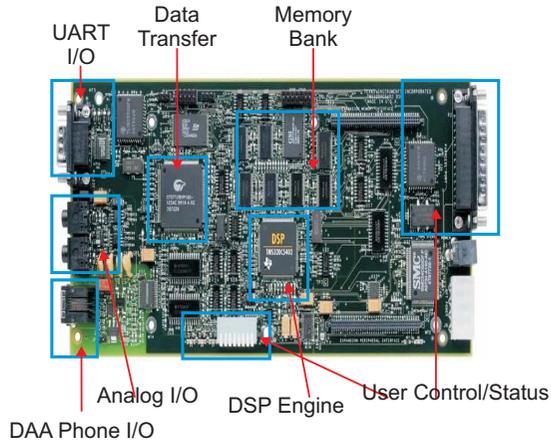
- Sistem Fungsional: dalam contoh ini kita menggunakan algoritma multipulse maximum likelihood quantization/ algebraic code excited linear prediction (MP-MLQ/ACELP)
- Sistem Arsitektural Komputasi: dalam contoh ini kita mengimplementasikan MP-MLQ/ACELP pada arsitektur dan set instruksi prosesor TMS320C5000
- Sistem Realistik: dalam contoh ini kita membuat sistem demo komunikasi waktu nyata.

Sistem DSK memiliki port I/O analog untuk speaker dan microphone pengguna, UART I/O untuk komunikasi saluran digital, dan sebuah prosesor TMS 320C5402 processor [15]. Memory Bank memiliki ukuran 128 kbyte SRAM dan 256 kbyte Flash RAM, cukup untuk menampung kode program. Sinyal ucapan dapat ditangkap melalui port I/O analog ke dalam sampel 64 kbits/s. Prosesor DSP menggunakan kode program yang di simpan dalam Memory Bank untuk encode sampel ucapan menjadi bitstreams dengan laju bit 8 kbits/s atau lebih rendah.

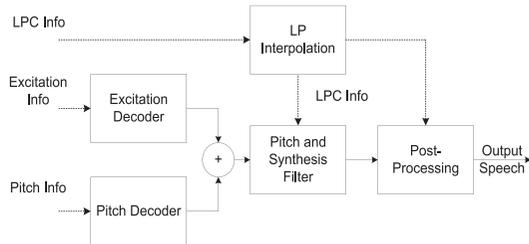
Modul DSK ini dilengkapi juga dengan koneksi ke sebuah komputer PC, sehingga kode dapat dikembangkan di atas PC dan ditransfer ke DSK. Code Composer adalah sistem pengembang kode DSP yang dapat digunakan untuk mengimplementasikan algoritma [19].

Sebagai prototip fungsional, kita menggunakan algoritma MP-MLQ/ACELP [16]. Untuk menurunkan laju bit, algoritma ini menggunakan sebuah mesin pembangkit ucapan, diperlihatkan pada Gambar 10. Pembangkit ucapan ini memerlukan tiga macam informasi untuk menghasilkan ucapan: bit *linear prediction code* LPC, bit *pitch*, and bit

eksitasi. Untuk setiap 30 ms, informasi ini membutuhkan 189 bits atau 158 bits untuk MP-MPQ atau ACELP. Jadi laju bit yang dibutuhkan adalah 6.3 kbit/s atau 5.3 kbit/s. Laju bit ini memenuhi keperluan laju bit di bawah 8 kbit/s.



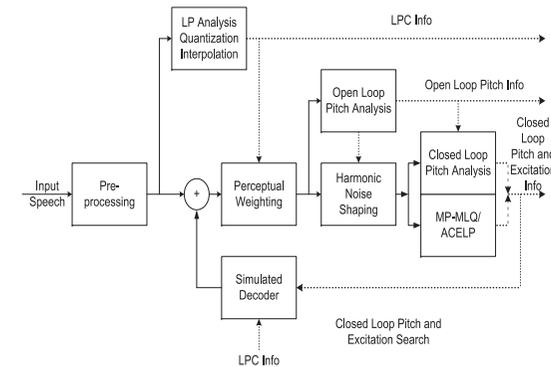
Gambar 9. Modul DSK sebagai prototip generik DSP (sumber Texas Instruments).



Gambar 10. Pembangkit bunyi ucapan MP-MLQ/ACELP.

Karena penurunan laju bit cukup drastis, maka penting untuk memastikan bahwa kita memperoleh kualitas ucapan yang tinggi. Ini dicapai oleh sebuah algoritma penganalisa ucapan yang diperlihatkan

pada Gambar 11. Sampel ucapan dikumpulkan ke dalam blok 30 ms. Analisa LPC pada blok ini menghasilkan bit LPC. Bit-bit pitch dan eksitasi diperoleh melalui analisa untai terbuka (open-loop) dan untai tertutup (closed-loop). Skema untai terbuka mendapatkan pitch secara kasar, lalu skema untai tutup menghaluskan informasi pitch. Algoritma ini berhasil mencapai kualitas signal-to-noise ratio (SNR) 11.52 dB untuk ACELP dan 12.72 dB untuk MP-MLQ.



Gambar 11. Penganalisa bunyi ucapan MP-MLQ/ACELP.

Sistem komputasi arsitektural diperoleh dengan mengevolusi kode penganalisa ucapan (Gambar 11) dan pembangkit ucapan (Gambar 10) pada set instruksi dan arsitektur prosesor TMS 320C5000. Optimasi yang dilakukan adalah sebagai berikut [17],[18],[19]:

1. Ganti semua fungsi arithmetik bahasa C ke dalam instruksi assembly DSP.
2. Sederhanakan semua loop panjang dan nested menggunakan instruksi loop dan repeat.

3. Manfaatkan mode pengalamatan tidak langsung (*indirect addressing*) untuk mengabil manfaat dari dual access internal memory, yang memungkinkan pipelione kapasit penuh.
4. Gunakan buffer sirkular dan mude pengalamatn sirkular untuk fungsi filter
5. Gunakan instruksi khusus pemrosesan sinyal sepeerti LMS, FIR, POLY, NORM, ABDST, dan SQDST
6. Manfaatkan sedapat mungkin memori internal untuk minimalisasi waktu akses dan dukungan pipline penuh.

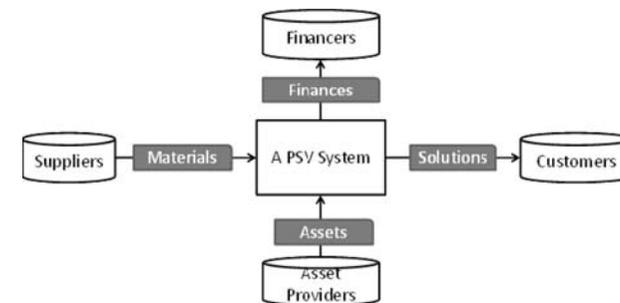
Berkat proses optimasi ini, kebutuhan komputasi dapat ditekan sampai ke level antara 58.5 MIPS sampai 73 MIPS bergantung konfigurasi. Demikian juga kebutuhan memori dapat ditekan sampai 39 Kword. Dengan demikian seluruh algoritma dapat diimplementasikan secara waktu nyata pada satu prosesor DSP.

Akhirnya sebuah sistem demo meperlihatkan keberhasilan implementasi sistem pemroses ucapan ini. Sistem demo ini terdiri dari dua DSK yang terhubung melalui port serial UART. Algoritma dijalankan pada kedua DSK, dan percakapan dapat berlangsung secara waktu nyata. Waktu tunda algoritmik dapat dikonfirmasi sebesar 195ms, dengan waktu tunda total melalui satelit GEO adalah 369 ms.

Keempat sistem DSP yang dievolusikan ini memvalidasi penguuan rekayasa PSV-S untuk kasus rekayasa konvensional. Pada bagian berikut kita mendiskusikan rekayasa PSV-S untuk kasus rekayasa inkonvensional.

6. SISTEM PSV-S SEBAGAI PERTUKARAN KURENSI

Sekarang kita menjelaskan pengembangan PSV-S untuk *rekayasa nilai* [20] Dari perspektif nilai, fungsi utama sebuah PSV-S adalah menciptakan nilai. Sebuah model yang praktis diperlihatkan pada Gambar 12. Model ini adalah sebuah sistem yang berinteraksi dengan empat sumber nilai di sekelilingnya, yakni (1) pemasok (*suppliers*), (2) pelanggan (*customers*), (3) pendana (*financers*), dan (4) penyedia aset (*assets*), masing-masing merpresentasikan sumber nilai kunci eksternal. Sebuah PSV-S menciptakan nilai dengan mempertukarkan nilai-nilai dalam berbagai bentuk antar sumber-sumber ini. Sustainability dari sebuah PSV-S dalam penciptaan nilai ini bergantung pada kemampuannya untuk menaikkan nilai pada keempat sumber eksternal.



Gambar 12. Sebuah PSV-S menaikkan nilainya sendiri dan sumber eksternalnya.

Sebuah PSV-S perlu memiliki kurensi (*currency*) sebagai unit pengukuran dari nilai-nilai yang ia ciptakan [21][22]. Biasanya kurensi ini digunakan juga sebagai kurensi bersama (*common currency*) yang bisa diterima oleh semua sumber. Jelaslah bahwa sustainability ini menuntut adalah keragaman perspektif dari nilai untuk semua sumber, karena bila

tidak maka kiat akan memperoleh sebuah sistem perpetual. Dengan kata lain, kita perlu menetapkan empat kurensi khusus masing-masing untuk satuan nilai pada setiap sumber. Jadi PSV-S harus disiapkan untuk mempertukarkan lima kurensi yang berbeda.

Sebagaimana digambarkan pada gambar 12 kita mendefinisikan keempat kurensi khusus: *Materials*, *Finances/Investments*, *Solutions*, dan *Assets*, sebagai tambahan dari kurensi bersama (common currency). Kita memperkenalkan notasi masing-masing $[\$M]$, $[\$F]$, $[\$S]$, $[\$A]$, dan $[\$C]$ untuk mengindikasikan satuan pengukuran nilai. Arah panah dari pertukaran mengindikasikan arah pertukaran dari kurensi spesifik. Ini mengimplikasikan bahwa pertukaran terjadi dengan kurensi bersama $[\$C]$.

Jadi sebuah *Suppliers* yang kaya dengan nilai material $[\$M]$ akan mempertukarkannya dengan $[\$C]$ milik PSV-S yang dibutuhkan *Supplier*. Pendana (*Financers*) kekurangan nilai finansial atau investasi (*Finances* atau *Investments*) $[\$F]$ tapi kaya dalam hal nilai bersama $[\$C]$. Pelanggan (*Customers*) kaya dengan $[\$C]$ dan bersedia menukarkan $[\$C]$ ini dengan nilai solusi (*solution values* $[\$S]$). Terakhir, penyedia asset (*Asset Providers*) bersedia mempertukarkan nilai asset $[\$A]$ dengan nilai $[\$C]$ dari PSV-S. Jadi setiap sumber memelihara sebuah *portfolio* dari nilai dalam dua kurensi: kurensi bersama dan kurensi khusus untuk sumber.

Sebagaimana pada setiap penukar kurensi (*currency exchanger*), setiap sumber memelihara sebuah kurs pertukaran yang dinamik antara kurensi bersama dan kurensi spesifik. Kurs atau harga dari kurensi spesifik $[\$M]$, $[\$F]$, $[\$S]$, $[\$A]$ masing-masing adalah $r_M[\$/\$M]$, $r_F[\$/\$F]$, $r_S[\$/\$S]$, dan $r_A[\$/\$A]$. Setiap kurs berubah terhadap waktu menurut keseimbangan

hukum *supply-demand*. Sebagai contoh, untuk *Customers*, kurs $r_S[\$/\$S]$ (yakni jumlah $[\$C]$ untuk dipertukarkan dengan satu $[\$S]$) berkurang apabila pasokan $[\$S]$ dari PSV-S melebihi permintaan *Customers*, atau kebutuhan PSV-S akan $[\$C]$ melebihi pasokan *Customers*. Dalam praktek, terdapat berbagai tabel yang menyimpan berbagai kurs secara dinamik. Kita mengasumsikan bahwa setiap sumber mengerti bagaimana perubahan dalam portfolionya meningkatkan nilai sumber menurut tabel kurs.

Sebuah PSV-S yang berhasil harus memenuhi dua tuntutan fungsional utama. Pertama, PSV-S harus mempertukarkan nilai dengan semua sumber sehingga nilai portfolio akhir dari semua sumber meningkat. Kedua, nilai PSV-S values (dalam $[\$C]$) juga harus meningkat.

Kita sekarang mendesain sifat (*behaviour*) dari PSV-S yang bisa memenuhi tuntutan fungsional itu. Untuk itu, Tabel 2 memperlihatkan bagaimana sebuah PSV-S secara tipikal menghasilkan nilai. Dari Gambar 12 jelaslah bahwa sebuah PSV-S harus berlimpah dalam $[\$F]$ dan $[\$S]$, dan membutuhkan $[\$C]$. Biasanya menciptakan $[\$F]$ trivial. Penciptaan $[\$S]$ lah yang harus menjadi kompetensi utama sebuah PSV-S. Ini dicapai dengan membeli $N_A[\$A]$ dari Asset Providers dan $N_M[\$M]$ dari Suppliers, untuk menghasilkan dan menjual $N_S[\$S]$ kepada Customers. Pembelian dari Asset Providers dan Suppliers membutuhkan ketersediaan $[\$C]$ yang cukup. Itu haruslah datang dari Customers pada akhirnya. Namun demikian, pada saat awal, ketersediaan $[\$C]$ datang dari penjualan $N_F[\$F]$, yang harus dibeli ulang sebelum akhir dari siklus hidup PSV-S. Dari serangkaian pertukaran yang diperlihatkan pada Table 2, nilai $N[\$C]$ yang diciptakan PSV-S untuk dirinya sendiri adalah

$$N = N_S r_S - N_A r_A - N_M r_M - N_F [r_F(2) - r_F(1)] \quad (1)$$

Penting untuk mengasumsikan bahwa baik jumlah maupun harga pada Tabel 2 harus dapat diterima oleh semua sumber, yang berarti kombinasi itu menaikkan nilai sumber menurut kurensi masing-masing.

Tabel 1. Model realitas dari tiga perspektif keras, lunak, atau uap.

Tukar	Kurs	Satuan	Naik [\$C]	Turun [\$C]	Aliran Nilai [\$C]
Sell N_F [\$F]	$r_F(1)$	[\$C/\$F]	$N_F r_F(1)$		$N_F r_F(1)$
Buy N_A [\$A]	r_A	[\$C/\$A]		$N_A r_A$	$N_F r_F(1) - N_A r_A$
Buy N_M [\$M]	r_M	[\$C/\$M]		$N_M r_M$	$N_F r_F(1) - N_A r_A - N_M r_M$
Sell N_S [\$S]	r_S	[\$C/\$S]	$N_S r_S$		$N_F r_F(1) - N_A r_A - N_M r_M + N_S r_S$
Buy N_F [\$F]	$r_F(2)$	[\$C/\$F]		$N_F r_F(2)$	$N_F [r_F(1) - r_F(2)] - N_A r_A - N_M r_M + N_S r_S$

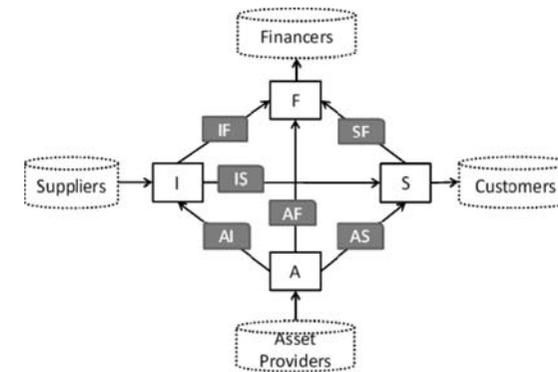
Sebuah catatan khusus perlu diberikan berkenaan dengan pertukaran *Financers*. Sumber ini kaya dengan [\$C] dan berminat menaikkan nilai dalam kurensi ini. Oleh sebab itu *Financers* hanya menyimpan [\$F] secara sementara. Ini dicapai dengan membeli N_F [\$F] pada sebuah harga awal $r_F(1)$ dan menjualnya kembali pada akhirnya dengan harga baru $r_F(2)$. Selama $r_F(2) - r_F(1)$ lebih besar dari tuntutan minimal, sumber ini puas.

Setelah menjelaskan fungsi PSV-S sebagai pembangun nilai, dan merancang sifat dasar dari PSV-S, kita sekarang dapat merancang model komputasi dari sebuah PSV-S praktis. Ini berarti merancang struktur internalnya.

Tujuan kita sekarang adalah merancang sebuah struktur internal dari sebuah PSV-S yang dapat menjalankan sifat tersebut di atas sepanjang siklus hidupnya. Secara khusus, model internal ini harus memastikan bahwa pada akhir dari siklus hidupnya: (1) sumber eksternal mencapai nilai portfolio yang diinginkan, dan (2) PSV-S mencapai N [\$C] yang bisa

diterima dan memenuhi Eq. (1).

Kita memutuskan untuk menggunakan konsep PSV-S secara rekursif untuk mengembangkan struktur internal ini. Dengan kata lain, kita menggunakan lima PSV-S *internal* baru, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 13. Empat PSV-S dari lima yang baru adalah I[nnovation], F[inance], S[ales], and A[ssset] PSV-Ss. Mereka memproses dan menyimpan sementara nilai-nilai dalam berbagai kurensi internal. Kita merancang tujuh kurensi internal yang baru, diberi nama \$AI, \$AS, \$AF, \$IS, \$IF, and \$SF. (Perhatikan bahwa skema dalam Gambar 13 hanya memperlihatkan jalur aliran nilai. Sebuah PSV-S internal yang mengkoordinasikan semua tidak diperlihatkan.)



Gambar 13. Struktur internal PSV-S, terdiri dari PSV-S internal lengkap dengan kurensi internal.

Kita menjelaskan struktur internal ini sebagai berikut.

1. Sebuah A-PSV-S memberikan nilai asset (seperti infrastruktur, platform kunci, produksi, dan sumber daya manusia) untuk tiga PSV-

S internal lainnya. A-PSV-S ini mendapatkan nilai aset dari penyedia aset eksternal (N_A [\$A]), dan mengubahnya menjadi kurensi-kurensi aset internal, yakni N_{AI} [\$AI], N_{AF} [\$AF], dan N_{AS} [\$AS]. Kurensi-kurensi ini diperlukan oleh PSV-S internal I-, F-, dan S-PSV-S. Seperti sebelumnya, kurensi-kurensi ini dipertukarkan dengan kurensi bersama [\$C], menurut kurs pertukaran internal.

2. Sebuah I-PSV-S mengambil material eksternal (N_M [\$M]) dari pemasok, menerapkan aset inovasi yang sesuai N_{AI} [\$AI], dan kemudian menginovasi solusi yang sangat diperlukan N_{IS} [\$IS]. I-PSV-S ini kritikal dalam menciptakan proposisi nilai dari PSV-S utama [23]. Sebelum mendapatkan cukup [\$C] dari hasil penjualan N_{IS} [\$IS] pada S-PSV-S, I-PSV-S perlu membeli Materials secara eksternal serta ast yang sesuai secara internal. I-PSV-S ini kemudian menjual N_{IF} [\$IF] untuk mendapatkan kredit yang diperlukan.
3. Sebuah S-PSV-S memberikan proposisi nilai yang dijanjikan kepada Customer dengan menjual (N_A [\$A]). Untuk itu, ia membutuhkan N_{IS} [\$IS] yang dibeli dari I-PSV-S dan N_{AS} [\$AS] dari A-PSV-S. Seperti biasa, S-PSV-S memerlukan cukup dana [\$C] untuk menalangi pembelian tersebut melalui penjualan kredit N_{SF} [\$SF] kepada F-PSV-S.
4. Terakhir, sebuah F-PSV-S mengelola pendanaan yang sesuai untuk ketiga A-, I-, S-PSV-S internal dengan membeli N_{AF} [\$AF], N_{IF} [\$IF], dan N_{SF} [\$SF] secara tertib dan pruden. Ia mendapatkan pendanaan untuk pembelian ini melalui penjualan N_F [\$F] pada Financers eksternal. Hal ini memperkenalkan biaya pendanaan yang besarnya

$N_F r_F(2) - r_F(1)$. Adalah tanggungjawab F-PSV-S untuk memastikan semua PSV-S internal terdandai secara cukup dan tepat waktu, dengan biaya pendanaan minimum.

Terdapat sebuah PSV-S pengkoordinasi internal (tidak diperlihatkan pada Gambar 13) yang memastikan sinkronisasi semua PSV-S internal. Ia menentukan jumlah kurensi internal yang dipertukarkan, kurs, dan jadwal pertukaran. Plan ini disebut model dasar penciptaan nilai dari PSV-S. Ini dilakukan untuk memastikan PSV-S utama mencapai target N pada Persamaan (1). Sebuah inovasi tipikal dari model dasar penciptaan nilai memiliki step suksesif dan iteratif sebagai berikut:

1. Tentukan rentang yang mungkin dari kurs r_S [\$C/\$S] dan jumlah N_S [\$S] yang mungkin diperlukan dalam semua kerangka waktu dan ekonomi dari *Costumers* yang disasar.
2. Rancang kemungkinan S-PSV-S yang dapat menjual cukup N_S [\$S] menggunakan N_{AS} [\$AS], dan N_{FS} [\$FS] (dan menjual N_{SF} [\$SF] bila diperlukan) pada sebuah tingkat laba prospektif yang dapat diterima, yakni, $N_S r_S - N_{IS} r_{IS} - N_{AS} r_{AS} - N_{SF} (r_F(2) - r_F(1)) > N$
3. Desain sebuah I-PSV-S yang dapat memproduksi cukup N_{IS} [\$IS] menggunakan N_M [\$M], dan N_{AI} [\$AI], (dan menjual N_{IF} [\$IF] ketika diperlukan) pada sebuah tingkat laba prospektif yang bisa diterima, yakni, $N_S r_S - N_M r_M - N_{AS} r_{AS} - N_{AI} r_{AI} - (N_{SF} + N_{IF}) (r_F(2) - r_F(1)) > N$
4. Desain sebuah A-PSV-S yang bisa menyediakan cukup N_{AS} [\$AS], N_{AI} [\$AI], dan N_{AF} [\$AF] menggunakan N_A [\$A] pada tingkat laba prospektif yang dapat diterima, yakni, $N_S r_S - N_M r_M - N_A r_A - (N_{SF} +$

$$N_{IF} + N_{AF} (r_F(2) - r_F(1)) > N.$$

5. Desain sebuah F-PSV-S yang mendukung N_{SF} [\$C], N_{IF} [\$C], dan N_{AF} [\$C] dengan menjual N_F [\$F] pada tingkat laba prospektif yang bisa diterima, yakni, $N_S r_S - N_M r_M - N_A r_A - N_F (r_F(2) - r_F(1)) > N$, sebagaimana dituntut oleh Eq. (1)
6. Bila Step 5 tidak memuaskan, ulangi mulai dari Step 2, atau terkadang dari Step 1.

Inovasi dari model pencipta nilai ini perlu diperbaharui secara berkala.

7. DISKUSI

Teori PSV-S adalah pengembangan dari teori sinyal dan sistem sebagai ilmu rekayasa sistem. Dengan teori ini, kita dapat menjelaskan rekayasa keras, lunak, maupun nilai dalam suatu kerangka kerja yang sama. Masalah yang hendak dipecahkan perlu dipetakan ke dalam ruang, di mana masalah diterjemahkan sebagai perpindahan sebuah entitas dari satu titik awal ke titik akhir. Untuk memecahkan masalah ini, perlu ditemukan hukum kesetimbangan yang mengatur gaya-gaya yang ada. Proses rekayasa adalah mendesain “mesin”, sebuah entitas baru, yang memanfaatkan gaya yang ada untuk mendorong perpindahan yang diinginkan. Dalam konsep PSV-S ini realitas adalah informasi yang memiliki ada tiga persepektif realitas relevan untuk rekayasa: alamiah, bahasa, dan probabilitas. Solusi rekayasa yang berhasil adalah “mesin” yang bekerja pada ruang-ruang dalam perspektif ini.

8. REKAMAN KARYA

PUBLIKASI

Lebih dari 175 artikel ilmiah, termasuk 19 artikel jurnal internasional, 6 artikel jurnal nasional, 9 buku & monograf, 8 bab buku, dan 110 makalah konferensi, dengan daftar selektif sbb:

- **A. Z. R. Langi**, “A computing model of a PSV System for virtual prototyping”, *Procedia Technology*, Vol 11, 2013, ELSEVIER, p718-725. ISSN: 2212-0173
- Lukman Abdurrahman, Suhardi, **Armein Z R Langi**, “IT Value Analysis by Resource-Based View Theory: The Case Study of PT. Telekomunikasi Indonesia,Tbk.”, *Learning Organization: Management Business International Journal*, Vol 1 No.1, December 2013, ISSN: 2354-6603.
- **A. Z. R. Langi**, “A hardware architecture of a counter based entropy coder”, *ITB Journal of Engineering Science*, Vol. 44B, No. 1, 2012, p. 33-48, ISSN 1978-3051
- **A. Z. R. Langi**, “Performance of a simple counter based entropy coder”, *ITB Journal of Information and Communication Technology*, Vol. 5, No. 3, November 2012, p. 177-188, ISSN 1978-3086
- **A.Z.R. Langi** dan E. Cahyadi, *Ikhtisar Sinyal dan Sistem Linier waktu kontinu dan waktu diskrit*, (1s Ed), PPTIK ITB, Bandung, 2012.
- **A. Z. R. Langi**, “Finite world length effects on two integer discrete wavelet transform algorithms”, *International Journal on Electrical Engineering and Informatics*, vol 3, no 2, 2011, p. 259-267, ISSN 2087-

5886.

- **A. Z. R. Langi**, "Edge Preserving Wavelet Image Representation With Applications to Compression of Aerial Ortho Images", *ASEAN Engineering Journal*, Vol 1, No 2, August 2011, p. 51- 60.
- **A. Z. R. Langi**, "Implementasi transkoder waktu nyata dengan prosesor DSP TMS 320C500", *Jurnal Elektronika*, Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI, Vol 10, no 1, Mei 2010, p 33-40, ISSN 1411-8289, Akreditasi LIPI No. 276/AU1/P2MBI/5/2010.
- **A. Z. R. Langi**, "Pemampat ucapan untuk transkoder 8 kbps", *Jurnal Elektronika dan Komunikasi*, Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi, LIPI, Vol 9, no 1, Januari-Juni 2009, p 17-24, ISSN 1411-8289, Akreditasi LIPI No. 72/Akred LIPI/P2MBI/5/2007.
- **A. Z. R. Langi**, "An LPC Excitation Model using Wavelets", *ITB Journal of Engineering Science*, Vol. 40, No. 2, November 2008, p. 79-90, ISSN 1978-3051
- **A. Z. R. Langi**, "Application of Wavelet LPC Excitation Model for speech compression", *ITB Journal of Engineering Science*, Vol. 40, No. 1, July 2008, p. 1-11, ISSN 1978-3051
- H. Sitepu, C. Machbub, **A. Z. R. Langi**, S. Supangkat, "UnoHop: efficient distributed hash table with O(1) lookup performance", *ITB Journal of Information and Communication Technology*, Vol. 2, No. 1, May 2008, p. 64-79, ISSN 1978-3086
- E. Marpanaji, B. R. Trilaksono, **A. Z. R. Langi**, A. Kurniawan, A. Mahendra, T. Liung, "Experimental study of DQPSK Modulation on

SDR Platform", *ITB Journal of Information and Communication Technology*, Vol. 1, No. 2, November 2007, p. 84-98, ISSN 1978-3086

- Y. Bandung, C. Machbub, **A. Z. R. Langi**, S. Supangkat, "Optimizing low speed VoIP Network for Rural Next Generation Networks (R-NGN)", *ITB Journal of Information and Communication Technology*, Vol. 1, No. 2, November 2007, p. 117-131, ISSN 1978-3086
- **A. Z. R. Langi**, "A Rural Next Generation Networks (R-NGN) and its testbed", *ITB Journal of Information and Communication Technology*, Vol. 1, No. 1, May 2007, p. 1-15, ISSN 1978-3086
- **Armein Z. R. Langi**, "Rural NGN: Solusi permasalahan infrastruktur komunikasi pedesaan Indonesia", *Journal Information & Communication Technology*, The Indonesian ICT Institute, ISSN: 1907-4417, Vol 1, No 1, May 2006, page 17-28.
- K. Soemintapura and **A. Z. R. Langi**, "Perkembangan teknologi digital signal processing (DSP) dalam kaitannya sebagai penunjang sistem informasi multimedia", *Majalah Ilmiah Teknik Elektro (MITE)*, Jurusan Teknik Elektro FTI-ITB, ISSN: 0853-7186, Vol 5, No 3, 1999, page 19-29. (Akreditasi Dirjen Dikti 111/Dikti/Kep/1998, 8 April 1998).
- **Armein Langi** and W. Kinsner, "Optimal compression of large aerial ortho images," *J. Mathematical Modelling and Scientific Computing*, (ISSN: 1067-0688), 1995.
- **Armein Langi** and W. Kinsner, "Signal denoising for compression of aerial ortho images," *J. Mathematical Modelling and Scientific Computing*, (ISSN: 1067-0688), 1995.

- **Armein Langi** and W. Kinsner, "Wavelet compression of aerial ortho images," *J. Mathematical Modelling and Scientific Computing*, (ISSN: 1067-0688), 1995.
- W. Kinsner and **A. Langi**, "Speech and image signal compression with wavelets", *Signal Processing Technology and Applications, IEEE Technology Update Series*, J. H. Ackenhusen (editor), IEEE CR1057, (ISBN 0-7803-2469-2), 560pp., 1994.
- **Armein Langi** and W. Kinsner, "Wavelet compression for image transmission through bandlimited channels," *ARRL QEX Experimenters's Exchange*, (ISSN: 0886-8093, USPS 011-424), No. 151, pp. 12-21, Sep. 1994.
- **Armein Langi** and W. Kinsner, "VLSI architecture of a wavelet coprocessor," *Bianglala ISG Scientific Journal*, (ISSN: 1192-7968), Vol. 1, No. 2, pp. 10-21, Aug. 1994.
- **Armein Langi**, K. Ferens, and W. Kinsner, "A wavelet model of LPC excitation for speech signal compression," *J. Mathematical Modelling and Scientific Computing*, ISSN: 1067 0688, 1993.

PENGHARGAAN DAN SERTIFIKASI

- Satya Lencana Karya Satya, Presiden RI, 2013
- Penghargaan Ganesa Wira Adiutama dari Rektor ITB pada tanggal 25 Februari 2013 atas jasa menjadi Sekretaris MWA ITB 2010-2011
- Best Paper Award 2012, Journal of Engineering Science, ITB Journal, 2012, untuk paper berjudul A Hardware Architecture of a Counter-Based Entropy Coder, (ITB Journal of Engineering Science,

vol 44B, no 1, 2012)

- Satya Lencana Karya Satya, Presiden RI, 2008
- ITSF Indonesian Best Researcher, Toray Foundation, 1998
- Young academic Award, Toray Foundation, 1997
- Best Conference Paper Award, ARRL Conference United State, 1994
- Selected Author of 1993 IEEE Signal Processing Technology Series, IEEE, 1994
- Best Student paper award, IASTED, Calgary, Canada, 1991
- Sertifikasi Dosen, 2010. Kementerian Pendidikan Nasional

9. PENUTUP DAN UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama-tama saya memanjatkan puji syukur kehadirat Tuhan yang Maha Esa, atas segala karuniaNya yang telah dilimpahkan hingga saat ini. Pada hari yang berbahagia ini, perkenankanlah saya menyampaikan kepada yang terhormat Rektor dan Pimpinan ITB, Dekan STEI dan Ketua KK Teknologi Informasi, Pimpinan dan seluruh Anggota Forum Guru Besar ITB, atas kesempatan yang diberikan kepada saya untuk menyampaikan orasi ilmiah di hadapan para hadirin sekalian pada forum yang terhormat ini. Terimakasih yang besar pada kolega dosen dan peneliti yang sudah mendorong penulis menekuni topik ini. Semua ini tidak berarti tanpa mahasiswa, untuk siapa semua ini dikerjakan.

Saya sangat berhutang pada guru-guru dan dosen-dosen pengajar dan pembimbing saya sepanjang riwayat pendidikan saya. Hutang ini

tidak terbayarkan, dan hanya bisa dicicil dengan mengembalikannya sedikit demi sedikit kepada mahasiswa, anak didik, dan masyarakat luas.

Saya menyampaikan rasa terimakasih dan kasih sayang kepada keluarga saya, Ina, Gladys, Kezia, Andria, dan Marco yang memberikan makna yang dalam dari semua pekerjaan. Dukungan doa dan kasih sayang yang memampukan penulis untuk terus berkarya dan menjalankan tugas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Z. R. Langi, "Rapid prototyping of DSP systems using DSP Starter Kit", *Proc. 2013 Joint International Conference on Rural Information and Communication Technology and Electric Vehicle Technology (rICT & ICeVT)*, 2013
- [2] C. Hein, J. Pridgen, W. Kline, "RASSP virtual prototyping of DSP Systems," *ACM DAC 1997, Anaheim*, pp 492-497
- [3] Langi, A.Z.R., Cahyadi E., 2012. *Ikhtisar Sinyal dan Sistem Linier waktu kontinu dan waktu diskrit*, (1s Ed), PPTIK ITB, Bandung.
- [4] A. Z. R. Langi, "A DSP implementation of a voice transcoder for VoIP gateway," *Proc. 2002 Asia-Pacific Conference on Circuit & System (APCCAS 2002)*, vol. 1, pp 181-186, 2002
- [5] A. Z. R. Langi, "Smart environments: a platform for designing connectivity in ICT-based virtual environments", *Proceedings of Artepolis 4 2012*, ITB Bandung, 5-6 July 2012.
- [6] J. F. Sowa, *Knowledge Representation: Logical, Philosophical, and*

Computational Foundations. Pacific Grove: Brooks/Cole. 2000

- [7] S. N. Neftci, *Principles of Financial Engineering*. Academic Press, 556p, 2004.
- [8] Ehlers J. F., 2004. *Cybernetic analysis for stock and Futures: Cutting-Edge DSP technology to Improve Your Trading*, Wiley Trading
- [9] Miller, R. M., 1990. *Computer Aided Financial Analysis*. Addison Wesley.
- [10] N. Morelli, "Social Innovation and New Industrial Contexts: Can Designers "Industrialize" Socially Responsible Solutions?" *Design Issues*, 23(4), MIT, Boston, pp. 3-21, 2007.
- [11] A. Z. R. Langi, "A theoretical framework for virtual world as creative foundation for smart environments", *Proceedings of Artepolis 4 2012*, ITB Bandung, 5-6 July 2012.
- [12] A. Z. R. Langi, "Generic PSV Systems and Their Engine Models", *Proceedings of ICSET 2012*, ITB Bandung, 11-12 September 2012 ISBN 978-1-4673-2374-1
- [13] A. Z. R. Langi, "Smart engineering using PSV-S concepts", *Proc. ICSET 2012*, 11-12 September 2012, p., ISBN 978-1-4673-2374-1
- [14] A. Z. R. Langi, "A second order PSV-S and its performance model", *Proc. International Conference on System Engineering and Technology ICSET 2012*, 11-12 September 2012, p., ISBN 978-1-4673-2374-1
- [15] TI. 1995. *TMS320C54x User's Guide*. Dallas, Texas: Texas Instruments.
- [16] ITU-T Recommendation G 723.1, 'Dual Rate Speech Coder for Multimedia Communications Transmitting at 5.3 and 6.3 kbit/s', ITU-T, 1996

- [17] H. I. Sitepu, "An implementation of real time speech coder G.723.1 on a DSK TMS320C5402", *M.Sc. Thesis*, Bandung Institute of Technology, January, 2002.
- [18] Texas Instruments Inc., 'TMS320C54x DSP CPU and Peripherals', Texas Instruments Inc., 1999.
- [19] Texas Instruments Inc., 'TMS320C54x DSP Optimizing C Compiler', Texas Instruments Inc., 1999.
- [20] E. D. Beinhocker, *The Origin of Wealth: Evolution, Complexity, and the Radical Remaking of Economics*. Boston: Harvard Business School Press. 2007
- [21] J. Surowiecki, "A brief history of money," *IEEE Spectrum*, vol 49, no 6, pp. 41-46, June 2012.
- [22] D. G. W. Birch, "Let a thousand currencies bloom", *IEEE Spectrum*, vol 49, no 6, pp. 27-30, June 2012.
- [23] W. C. Kim and R. Mauborgne, *Blue ocean strategy*, 2005, Harvard Business School Press.

CURRICULUM VITAE



Nama : **ARMEIN ZAINAL RAHMAT LANGI**
 Tmpt. & tgl. lhr. : Tomohon, 17 Agustus 1962
 Kelpk. Keahlian : Teknologi Informasi, STEI
 Alamat Kantor : Jalan Ganesha 10 Bandung

Nama Isteri : Inawati Langi
 Nama Anak : 1. Gladys Emmanuella Putri Langi
 2. Kezia Clarissa Langi
 3. Andria Priscilla Langi
 4. Marco William Langi

I. RIWAYAT PENDIDIKAN

- Doctor of Philosophy (Ph.D.), bidang Teknik Elektro dan Komputer, University of Manitoba, Canada, 1996
- Master of Science (M.Sc.), bidang Teknik Elektro dan Komputer, University of Manitoba, Canada, 1992
- Sarjana Teknik Elektro (Ir), Institut Teknologi Bandung (ITB), 1987

II. RIWAYAT KERJA di ITB :

- Staf Pengajar Sekolah Teknik Elektro dan Informatika, STEI (dahulu Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri), ITB, 1987-Sekarang

- Kepala Pusat Penelitian Antar Universitas Mikroelektronika ITB, 1999-2001
- Kepala Pusat Sumber Daya Informasi, ITB, 2003-2004
- Anggota Senat Akademik ITB, 2003-2004, dan 2009-2010. •
Ketua Kelompok Keahlian Teknologi Informasi, ITB, 2009, 2013
- Kepala Pusat Penelitian Teknologi Informasi dan Komunikasi, ITB, 2005-2009
- Sekretaris Majelis Wali Amanat ITB, 2009-2010

III. RIWAYAT PROFESI, MASYARAKAT ILMU, DAN LAIN-LAIN

- November 2003-now, Founder and President Commissioner, PT Clarisense Digital Media (an ITB Startup Company in ICT, Multimedia, and Telecommunication)
- 1996–now, Group Leader and Researcher, DSP Research Group, Inter University Research Center (IURC) Microelectronics, ITB, Bandung Indonesia
- May 2005-2011, member, National Research Council of Indonesia, Dewan Riset Nasional (DRN).
- May 2003-2008, member working group Indonesian Telematics Coordination Team, Tim Koordinasi Telematika Indonesia (TKTI).
- December 2003-2005, Vice Chair, National Consortium for Telecommunication Industries (KITNAS).
- May 2001, Invited Scientist, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM, USA
- Jan 2001, Invited Scientist, DSP Research Laboratory, VirginiaTech, Blacksburg, Virginia, USA.

- 2000–2002, Executive Director, National Research Strategic Program on Information Technology and Microelectronics (RUSNASTIME) Indonesia
- 1999–2002, Executive, Bandung High Technology Valley (BHTV) program
- 2000–2001, Visiting Professor, Information System Laboratory, Department of Electrical Engineering, Stanford University, California, USA
- 1996, Senior Researcher, Telecommunication Research Laboratory (TRLabs), Data Network and Software Related Lab, Winnipeg, Manitoba, Canada.
- 1995, Graduate Research Assistance, Computer Information and Communications Group, CIC-3, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, New Mexico, USA

