

Studi Cloud Computing untuk Layanan High-Availability di Jaringan Telekomunikasi Pedesaan

Eko Didik Widiyanto (didik@dsp.itb.ac.id)

Digital Signal Processing Research & Technology Group
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika
Institut Teknologi Bandung

Abstrak – Dalam makalah ini diajukan usulan framework sistem TIK berbasis cloud untuk memutus rantai hambatan dalam percepatan penetrasi infrastruktur dan layanan TIK pedesaan. Konsep cloud dalam TIK pedesaan tersebut ditujukan mendayagunakan infrastruktur dan sumber daya komputasi secara optimal. Jaringan berbasis wireless mesh network beserta skema routing multi-radio multi-hop, load balancing dan QoS serta framework interoperasi antar provider layanan berbasis SOA dikembangkan untuk memberikan jaminan high-availability layanan serta tahan terhadap perubahan kondisi jaringan dan permintaan trafik yang dinamis

Kata kunci: cloud computing, SOA, jaringan mesh nirkabel, framework TIK pedesaan, layanan high-availability

1 Pendahuluan

Saat ini, upaya akselerasi penetrasi teknologi informasi dan komunikasi (atau TIK) melalui pegelaran infrastruktur dan layanan TIK sebagai wujud peningkatan kemakmuran masyarakat di beberapa negara berkembang, khususnya Indonesia yang mayoritas merupakan wilayah pedesaan (66.778 komunitas desa), dihadapkan pada suatu lingkaran tantangan yang perlu dipecahkan. Tantangan pertama adalah tingginya biaya investasi perangkat infrastruktur desa dan solusi teknologi yang mahal (lebih dari \$1000/sst) tidak sebanding dengan potensi pendapatan yang akan diterima. Tantangan kedua adalah solusi infrastruktur dan teknologi yang mahal mencegah insentif industri telekomunikasi Indonesia untuk berinovasi menurunkan harga perangkat. Tantangan ketiga saat infrastruktur telah tergelar adalah mahalnya biaya operasional dan pemeliharaan tanpa disertai inovasi layanan. Perubahan

kondisi jaringan, seperti *link failure*, *congestion* atau *dynamic leave/join*, juga turut berperan tidak optimalnya layanan. Dan tantangan terakhir adalah ketidakmampuan infrastruktur menopang layanan kreatif mencegah peran serta pemain/investor lokal sehingga sustainabilitas sistem TIK tidak kokoh. Keempat tantangan ini bisa menjadi hambatan yang bisa semakin memperluas jurang digital yang selanjutnya menambah kesenjangan kemakmuran masyarakat.

Di sisi lain, teknologi cloud computing dengan konsep penyediaan sumber daya komputasi sebagai layanan, telah dianggap sebagai paradigma baru dalam industri TIK saat ini. Dengan mendasarkan konsepnya pada beberapa bidang penelitian seperti *Service-Oriented Architecture* (SOA), komputasi terdistribusi dan grid, serta virtualisasi, sumber daya TIK dapat dimanfaatkan secara efisien untuk menghadirkan layanan dan aplikasi TIK terbaru. Dengan konsep komputasi cloud ini, infrastruktur yang

dibangun dapat menopang berbagai model bisnis industri TIK sebagai suatu layanan, yaitu layanan aplikasi perangkat lunak, layanan platform pemrograman, layanan ruang infrastruktur baik komputasi, data maupun komunikasi, serta layanan perangkat keras.

Dengan sistem cloud, infrastruktur komputasi pedesaan dapat dibangun dengan spesifikasi seminimal dan semurah mungkin dengan mengedepankan efisiensi utilitas sumber daya, sehingga menurunkan biaya investasi perangkat serta mengundang industri nasional untuk melakukan inovasi produk. Inovasi layanan juga bisa dilakukan oleh provider-provider lokal karena ditopang oleh sistem cloud. Biaya investasi, operasional dan pengelolaan oleh provider lokal ini dapat ditekan secara signifikan. Upgrade layanan untuk pengguna dapat dilakukan lebih mudah dan layanan dapat dibangun secara *on-demand* dari cloud layanan lain yang tersedia.

Dalam penelitian ini, kelebihan komputasi cloud akan diadopsikan untuk mengatasi tantangan dalam membangun sistem TIK pedesaan seperti tersebut di atas. Dengan adanya sistem TIK pedesaan berbasis cloud tersebut, layanan yang high-availability dari multi-provider lokal dapat diberikan kepada masyarakat untuk dimanfaatkan daya gunanya dalam mewujudkan kemakmuran.

2 Rumusan Masalah

Framework sistem TIK pedesaan berbasis cloud yang dapat menopang layanan high-availability dari multi-provider lokal dibangun untuk menjawab tiga rumusan masalah berikut:

1. Bagaimana topologi jaringan TIK pedesaan yang dapat menjamin *high-availability* dalam layanan dan tahan terhadap kondisi jaringan yang dinamik (*link failure, congestion, dynamic leave/join*) di daerah pedesaan?

2. Bagaimana membangun layanan-layanan cloud di atas jaringan ini yang tahan terhadap perubahan trafik layanan yang dinamis? Komponen apa saja yang akan berperan dalam membangun sistem berdasarkan *best-practise* dan bagaimana optimasinya?
3. Bagaimana interoperabilitas layanan-layanan cloud tersebut untuk menghadirkan layanan aplikasi untuk masyarakat, yang melibatkan multi-provider?

3 Sistem TIK Pedesaan

Untuk menjawab tiga rumusan masalah tersebut di atas, dikaji literature tentang 1) aspek topologi jaringan untuk TIK pedesaan, 2) aspek lapisan layanan cloud dan 3) aspek operasional layanan berbasis *service-oriented architecture/SOA*.

3.1 Topologi Jaringan

Framework topologi jaringan yang akan digunakan adalah arsitektur NGN/Next Generation Network berbasis internet untuk pedesaan, yaitu *Community-Reversed Basestation/CRB*[1]. CRB, atau disebut sebagai Community Unit/CoU, merupakan komponen di node layanan ke terminal pengguna melalui jalur kabel telepon tembaga. CoU terhubung ke node di atasnya menggunakan jalur ethernet nirkabel yaitu dengan node Access Unit/AU dan Central Unit/CU.

Antar CoU saling terhubung secara mesh radio[2] dengan mekanisme *self-organizing* untuk konfigurasi, kontrol dan optimasi network, sehingga memungkinkan pertumbuhan /skalabilitas serta mendukung routing dan penjadwalan dinamik untuk perubahan jaringan. Skema routing multi-radio multi-hop[3] diimplementasikan untuk

meningkatkan daya jangkauan, throughput, high-availability dan QoS[4], serta load balancing[5]. Permintaan trafik yang dinamik dalam jaringan ini memerlukan routing yang optimal[6]. Interoperabilitas antar jaringan wireless yang berbeda memerlukan heterogeneous routing[7].

3.2 Lapisan Layanan

Sumber-sumber daya komputasi yang ada di tiap node (CoU, AU dan CU) dalam topologi NGN pedesaan (subbab 3.1) disediakan sebagai layanan cloud. Konsep cloud computing ini digunakan dalam mendefinisikan layanan yang dapat disediakan oleh tiap node dan bagaimana model implementasi/optimasi yang bisa dilakukan. Terdapat lima lapis layanan tersebut berurutan dari bawah dalam ontologi cloud computing[8], yaitu 1) hardware, 2) kernel, 3) infrastruktur: komputasi, data, komunikasi, 4) platform aplikasi, dan 5) aplikasi. Layanan-layanan tersebut disediakan oleh provider masing-masing area (provider lokal), yang umumnya akan mulai bisnisnya dengan skala kecil. Saat ini, belum ada skema komputasi cloud untuk sistem multi-provider ini.

Provider menyediakan layanan aplikasi (atau Software as A Service, SaaS) untuk dipakai langsung pengguna atau provider aplikasi lain. Di platform aplikasi, provider menyediakan platform (atau Platform as A Service, PaaS) untuk mengembangkan aplikasi bagi provider aplikasi, misalnya berbasis Apache Hadoop[9] dengan MapReduce[10] untuk pemrosesan data kluster.

Layanan infrastruktur komputasi (atau Infrastructure as A Service, IaaS) disediakan menggunakan Virtual Machine/VM[11][12][13] dengan virtualisasi baik secara paraseperti Xen[14] dan Denali[15] atau hardware-assisted di Intel-VT[16] dan AMD-V. Layanan

pemrosesan/penyimpanan data secara remote (Data as A Service, DaaS) dan geografikal menggunakan filesystem terdistribusi seperti Google Filesystem/GFS[17]. Implementasi layanan data terdistribusi menggunakan GFS dan MapReduce untuk meningkatkan throughput telah dilakukan[18]. Cloud komunikasi (atau Communication as A Service, CaaS) menyediakan komunikasi QoS sebagai layanan. Riset yang telah meneliti desain arsitektur untuk layanan komunikasi ini antara lain [19].

Di cloud kernel, disediakan manajemen software dasar untuk server fisik yang menyusun cloud. Kernel software di level ini diimplementasikan sebagai OS kernel, hypervisor, virtual machine monitor dan/atau clustering middle-ware. Beberapa aplikasi grid computing dipasang dan dijalankan di atas layer ini, walaupun tanpa abstraksi virtualisasi, sehingga proses migrasi, checkpoint dan load-balancing ke aplikasi ini sulit. Beberapa penelitian dalam grid computing beserta konsepnya diimplementasikan di cloud computing, misalnya *Grid computing micro-economics models*[20].

Cloud hardware dan firmware yang merupakan lapis terbawah, menyediakan hardware fisik sebagai layanan (atau Hardware as a Service, HaaS). Tantangan di layanan ini adalah efisiensi, kemudahan dan kecepatan manajemen, serta optimasi konsumsi daya. Contoh proyek sistem cloud ini adalah IBM Kittyhawk[21], yang menggunakan bootloader u-Boot[22] untuk mengirimkan boot sequence ke ribuan node remote lewat jaringan.

3.3 Operasional Layanan

Operasional layanan dalam sistem cloud dijalankan oleh provider-provider lokal yang dapat saling berinteroperasi. Mekanisme penyediaan layanannya, digunakan konsep *Service-Oriented Architecture/SOA*[23].

Dengan konsep ini, suatu aplikasi cloud untuk pengguna dapat tersusun sebagai satu layanan menggunakan layanan-layanan yang disediakan oleh sistem cloud/provider lain.

4 Rancangan Framework

Rancangan framework sistem TIK pedesaan berbasis komputasi cloud meliputi aspek berikut:

1. Framework sistem jaringan berbasis CRB dimodifikasi menjadi MCRB, atau *Mesh-based CRB*, sehingga di node last-mile berupa mesh-network nirkabel untuk meningkatkan daya jangkauan layanan dan throughput. Jaringan ini memerlukan skema *self-autoconfiguration* dan routing yang adaptif untuk perubahan trafik dan kondisi jaringan, dengan load-balancing dan mendukung jaringan heterogen. Jaringan ini merupakan tulang punggung layanan-layanan cloud sampai ke pengguna;
2. Adopsi konsep layanan cloud computing untuk sistem TIK pedesaan menggunakan *best-practises* di bidang komputasi cloud sebagai acuannya;
3. Pengembangan mekanisme penyediaan layanan dari multi provider berbasis SOA. Konsep-konsep SOA dikembangkan untuk menyusun framework interoperasional antar provider layanan cloud;

Dari rancangan tersebut, performansi yang bisa diberikan adalah:

1. Jaringan MCRB dengan skema self-autoconfiguration dapat meningkatkan daya jangkauan layanan/*coverage* dan throughput data. Skema multirouting, load balancing dan QoS dalam MCRB mampu mempertahankan kualitas layanan dalam kondisi jaringan dan permintaan trafik yang dinamis, dengan kata lain *high-*

availability layanan terjamin;

2. Utilitas infrastruktur yang tersedia sebagai layanan cloud tinggi. Layanan cloud dan aplikasi TIK untuk masyarakat dapat disediakan di platform hardware yang minimal (CPU 200MHz, RAM 32MB, peripheral I/O) dalam jaringan MCRB, sehingga infrastruktur murah dan bisa melibatkan Pemerintah Daerah dalam berinvestasi. Platform hardware yang minimal mengundang industri nasional untuk berinovasi mengembangkan produk;
3. Layanan cloud yang dikembangkan dengan framework interoperasi berbasis SOA mampu menghadirkan provider-provider layanan lokal kreatif yang saling menunjang dan berinteroperasi. Hal ini memunculkan sumber-sumber pendapatan baru yang sanggup menopang sustainabilitas TIK pedesaan;

5 Penutup

Kontribusi yang bisa diberikan dari penelitian ini adalah memutus rantai hambatan dalam percepatan penetrasi infrastruktur dan layanan TIK untuk pedesaan dengan menghadirkan framework sistem TIK yang memanfaatkan teknologi cloud untuk mendayagunakan infrastruktur dan sumber daya komputasi secara optimal. Jaringan MCRB beserta skema routing multi-radio multi-hop, load balancing dan QoS yang diusulkan dapat menjadi acuan algoritma untuk jaminan high-availability layanan dalam jaringan wireless-mesh. Framework interoperasi antar provider layanan dapat digunakan dalam sistem berbasis cloud yang lebih luas.

6 Referensi

- [1] Armein Z. R. Langi, "A Rural Next Generation Network (R-NGN) and Its Testbed", ITB Jurnal ICT Vol. 1 C, No. 1, 2007, hal 1-15

- [2] Mesh Networks Research Group website,
<http://www.mesh-networks.org/>
- [3] Richard Draves, Jitendra Padhye, Brian Zill, "Routing in Multi-Radio, Multi-Hop Wireless Mesh Networks", Proceedings of the 10th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking, 2004
- [4] Parag S. Mogre, Matthias Hollick, Ralf Steinmetz, "QoS in Wireless Mesh Networks: Challenges, Pitfalls, and Roadmap to its Realization", 17th International workshop on Network and Operating Systems Support for Digital Audio & Video, 2007
- [5] Yigal Bejerano, Seung-Jae Han, Amit Kumar, "Efficient load-balancing routing for wireless mesh networks", The International Journal of Computer and Telecommunications Networking, Volume 51 , Issue 10, 2007
- [6] Liang Dai, Yuan Xue, Bin Chang, Yanchuan Cao, Yi Cui, "Optimal routing for wireless mesh networks with dynamic traffic demand", Journal of Mobile Networks and Applications, Vol. 13 , Issue 1-2, April 2008
- [7] Shih-Hao Shen, Yueh-Min Huang, Jen-Wen Ding, "A cross-layer design for heterogeneous routing in wireless mesh networks", International Journal of Pervasive Computing and Communications, Volume 4, Issue 1, Page 40 - 49, 2008
- [8] Lamia Youseff, Maria Butrico, Dilma Da Silva, "Towards a Unified Ontology of Cloud Computing", Grid Computing Environments Workshop, 2008
- [9] Apache Hadoop Website,
<http://hadoop.apache.org/>
- [10] J. Dean, S. Ghemawat, "Mapreduce: Simplified dataprocessing on large clusters", 6th Symposium on Operating Systems Design & Implementation, 2004
- [11] Wiki: Platform Virtualization,
http://en.wikipedia.org/wiki/Platform_virtualization
- [12] Eucalyptus home page,
<http://eucalyptus.cs.ucsb.edu/>
- [13] Virtual workspaces science clouds,
<http://workspace.globus.org/clouds/>
- [14] B. Clark, T. Deshane, et al., "Xen and the art of repeated research", USENIX Annual Technical Conference, FREENIX Track, pp. 135–144, 2004
- [15] A. Whitaker, M. Shaw, et al., "Denali: Lightweight virtual machines for distributed and networked applications", University of Washington Technical Report, 2002
- [16] Neiger, Gil; A. Santoni, F. Leung, D. Rodgers, R. Uhlig, "Intel Virtualization Technology: Hardware Support for Efficient Processor Virtualization", Intel Technology Journal (Intel) 10 (3): p.167–178, 2008
- [17] S. Ghemawat, H. Gobiuff, S.-T. Leung, "The google filesystem", SIGOPS Oper. Syst. Rev., vol. 37, no. 5, pp. 29–43, 2003