

# Pengembangan Lingkungan Pintar di Indonesia

Jan Peter Alexander

Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Indonesia  
Indonesia  
jp@ui.ac.id

**Abstrak— Pengembangan lingkungan pintar di Indonesia tidak dapat dilakukan begitu saja. Ada dua indikator yang harus dipenuhi, yakni landasan keilmuan dan masyarakat. Melalui indikator ini, ditentukan teknologi yang tepat. Perkembangan keilmuan sekarang dan komputasi pervasif memanfaatkan alam. Sehingga, visi dari komputasi pervasif harus didefinisikan ulang.**

## I. PENDAHULUAN

Mark Weiser dalam tulisannya [1] memberikan sebuah visi tentang pengembangan sebuah lingkungan yang beradaptasi membantu manusia dalam melakukan kegiatannya. Visi ini dia sebut sebagai *ubiquitous computing* atau yang saat ini lebih dikenal dengan *pervasive computing*. Visi ini terus berjalan dan seiring dengan waktu dan teknologi yang berkembang, keinginan ini menjadi sebuah evolusi alami dari teknologi.

Terwujudnya sebuah lingkungan pintar ini tentunya tidak terlepas dari teknologi-teknologi pendukung di belakangnya. Teknologi perangkat keras dan perangkat lunak yang berkembang saat ini telah dapat memberikan fungsionalitas yang sebelumnya belum dapat terwujud. Selain itu, harga perangkat yang semakin turun membuat teknologi tersebut terjangkau.

Pengembangan antar disiplin ilmu membuat beberapa teknologi dapat dikembangkan untuk kehidupan. Ilmu komputer bukan lagi bagian eksklusif dari ilmu teknik. Ilmu ini telah berkembang juga berkembang di dalam berbagai disiplin ilmu. Berbagai cabang ilmu ini kemudian menghasilkan teknologi sebagai alat pemenuhan kebutuhan. Kebutuhan inilah menjadi potensi penyerapan teknologi.

Indonesia sebagai negara tujuan konsumsi teknologi memiliki potensi yang besar untuk menjadi negara dengan teknologi yang maju. Namun, penerapan yang sembarangan dapat merusak budaya Indonesia dan bahkan merusak kehidupan masyarakat itu sendiri. Penerapan teknologi yang salah malah akan membuat ketidaknyamanan dan menyebabkan permasalahan sosial bagi Indonesia.

Dampak umum dari penerapan teknologi adalah ketergantungan masyarakat terhadap teknologi dan perubahan tingkah laku bagi masyarakat. Ketidaknyamanan terhadap teknologi tersebut bisa jadi disebabkan oleh rasa keterasingan dan ketidaktahuan. Ketidaktahuan seringkali berujung kepada rasa takut. Rasa takut di masyarakat inilah yang menyebabkan resistensi terhadap penyerapan. Salah satu contoh resistensi terhadap budaya adalah masyarakat Badui di Banten yang menolak teknologi masuk ke dalam kehidupan tradisional mereka.

Untuk penyerapan teknologi sebagai komponen lingkungan pintar, diperlukan kajian untuk menerapkan teknologi secara

efisien. Penulis mengambil dua indikator sebagai inti dari kajian tersebut, yakni keilmuan yang berkembang dan masyarakat pengguna. Kajian keilmuan dapat digunakan sebagai landasan dalam menemukan permasalahan. Kajian mengenai masyarakat sebagai pengguna dapat digunakan sebagai landasan dalam menyesuaikan jawaban atas permasalahan tersebut. Berangkat dari kedua indikator ini, dapat dibuat kerangka penerapan teknologi yang tepat guna.

## II. MASALAH TERBUKA BAGI TEKNOLOGI

Dalam komputasi pervasif, teknologi komputer tidak berdiri sendiri melainkan dibangun dengan mempertimbangkan keilmuan yang berkembang. Ilmu yang biasa digandeng dalam studi komputasi pervasif biasanya adalah cabang ilmu sosial. Cabang-cabang ilmu sosial ini mengidentifikasi masalah dalam kehidupan masyarakat. Kemudian, pengetahuan itu dipadukan dengan teknologi.

Identifikasi penggunaan dapat dimulai dari sumber daya yang potensial, yakni kalangan akademis. Riset-riset yang populer dapat digunakan sebagai indikator untuk menjelaskan arah perkembangan keilmuan. Dari sumber penelitian populer ini nantinya dapat ditentukan teknologi yang dapat digunakan untuk meningkatkan efektivitas subyek tersebut. Setidaknya didapatkan gambaran mengenai kepentingan dan arah keilmuan di Indonesia.

Menurut Osareh dan Wilson, [2] Indonesia sebagai negara dunia ketiga memiliki riset yang besar ke arah *geoscience*. Hal ini tidak secara mutlak menunjukkan tentang kecenderungan riset Indonesia. Tetapi, hal ini dapat menjadi indikator bahwa adanya bidang keilmuan yang cukup maju untuk dimasuki unsur teknologi.

Ilmu *geoscience* saat ini menjadi topik populer di dunia. Sebuah data statistik dari Clarke [3] menyebutkan bahwa adanya kecenderungan penelitian di bidang ilmu *geoscience* dalam *nature geoscience*, terutama dari kalangan biologi. Meningkatnya popularitas *nature geoscience* erat kaitannya dengan aktivitas bumi akhir-akhir ini.

Salah satu fenomena yang menjadi populer dalam cabang ilmu ini adalah pemanasan global. Al Gore [4] membuka popularitas tersebut dalam buku kontroversialnya yang menyebutkan bahwa pemanasan global diakibatkan oleh manusia. Hal ini dibantah oleh Sorokhtin et. al. [5] yang mengatakan bahwa temperatur bumi berkontraksi secara periodik bukan karena manusia. Walau pun bertentangan, keduanya setuju bahwa pemanasan global menyebabkan perubahan iklim.

Dampak dari perubahan iklim ini adalah perubahan cuaca yang drastis. Dampak dari perubahan iklim akibat dari pemanasan global ini bukan saja dalam fenomena geologi.



Tingkah laku binatang [6] dan kesehatan manusia [7] juga berubah. Dengan adanya perubahan iklim ini, berdampak pula kepada ekonomi dan sosial.

Indonesia sebagai negara dengan penghasilan signifikan di bidang agrikultur juga tentunya terkena dampaknya. Penghasilan sebagian besar penduduk Indonesia masih berupa produk agrikultur tentunya bergantung penuh terhadap alam. [8] Struktur Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki kepentingan terhadap hasil laut. Perubahan kehidupan biota laut dan perubahan cuaca tentunya menyusahakan bagi masyarakat yang hidupnya bergantung terhadap laut seperti misalnya nelayan, ekspedisi minyak bumi, dan pelaut.

Selain perilaku biota laut dan perilaku cuaca, tingkat kenaikan air laut menjadi indikator penting dalam kehidupan yang berhubungan dengan laut. Bencana tsunami dan air pasang menjadi salah satu indikator bahaya bagi masyarakat yang bertempat tinggal dekat laut. Tingkat kelembaban dan arah angin dapat menentukan kelangsungan hidup, terutama kaitannya dengan cuaca. Adanya kebutuhan untuk mengetahui lokasi juga berguna dalam melakukan navigasi di lautan.

Indonesia juga sebagai negara yang memiliki hutan hujan tropis bergantung kepada hutannya sebagai hasil alam dan tempat hidup. Masih banyak masyarakat di Indonesia yang masih bergantung pada hutan menyebabkan ia menjadi bagian yang tidak terlepas. Hutan sebagai penunjang ekosistem erat kaitannya dengan pertanian. Perkebunan memerlukan hutan sebagai lahan potensial untuk dikembangkan. Selain itu, berbagai suku pedalaman di Indonesia bergantung secara penuh dari hasil hutan. [9]

Pemanfaatan yang terarah membuat hutan menjadikannya sebuah sumber daya yang lestari. [10] Masalah yang timbul dalam pemanfaatan hutan adalah kebakaran hutan yang menimbulkan asap dan kepunahan biologis. Pembabatan hutan juga menjadi salah satu isu sentral dalam pemanfaatan hutan yang berlebihan. Pencemaran hutan oleh sektor industri juga menjadi isu AMDAL (Analisis Mengenai Dampak Lingkungan).

Kendati sebagian besar wilayah Indonesia adalah laut dan hutan, Indonesia memiliki kepadatan penduduk di daerah perkotaan. [11] Perkotaan sebagai sarana ruang bergerak yang sempit memiliki akses teknologi yang besar. Lebih tepat bila dikatakan bahwa perkotaan adalah pusat teknologi dan penerapannya.

Masalah yang sering muncul dalam kehidupan perkotaan, terutama kota besar, adalah sampah, kemacetan, banjir, dan kejahatan sosial. Masalah-masalah ini berangkat dari manajemen perkotaan yang kurang sehingga menjadi isu yang kritis. Akan tetapi, setiap masalah ini memiliki indikatornya sendiri.

Tingkat kepadatan sampah yang mengkuatirkan saat ini diakibatkan oleh karena banyaknya sampah yang berserakan tidak pada tempatnya. Salah satu faktor adalah kurangnya kesadaran penduduk tentang pentingnya membuang sampah. Selain itu, pemerintah daerah yang kurang memperhatikan sanitasi menyebabkan penampungan sampah yang kurang.

Kepadatan penduduk yang tinggi dan sentralisasi pembangunan kota menyebabkan kemacetan. Mobilitas

penduduk yang tinggi juga menjadi faktor pendukung kemacetan. Infrastruktur jalan yang sering rusak dan pertumbuhan penggunaan kendaraan pribadi yang tinggi juga turut andil dalam menjadi penyebab kemacetan.

Pembangunan infrastruktur fisik memang dapat menjawab masalah kemacetan, tetapi ia juga menjadi salah satu faktor penyebab banjir. Ruang hijau yang sudah dirancang menjadi percuma karena tergusur. Pembangunan infrastruktur fisik juga menjadi salah satu penyebab gejala sosial (*social unrest*). [12] Di saat pembangunan tidak lagi menjadi jawaban, maka pengayaan fasilitas yang sudah ada menjadi jawaban.

Dari permasalahan-permasalahan berbagai cabang ilmu yang relevan tersebut, diperlukan sebuah pemecahan masalah dengan alat bantu yang sesuai. Dalam hal inilah berbagai teknologi bermunculan. Namun, tidak semua teknologi dapat dipakai. Ada satu aspek penting dalam menentukan teknologi untuk menjawab permasalahan, yakni manusianya itu sendiri sebagai pengguna.

### III. MASYARAKAT DAN TEKNOLOGI

Untuk menemukan solusi bagi permasalahan, perlu juga dikenali target pengguna, yakni masyarakat Indonesia. Indonesia memiliki karakteristik yang unik mengenai masyarakat. Menurut garis Wallace, Indonesia terapan benua Asia dan Oceania. [13] Hal ini menyebabkan diversifikasi flora dan fauna. Pembatasan ini juga mengakibatkan diversifikasi budaya. Perbedaan ketinggian juga menyebabkan diversifikasi budaya. Interaksi sosial dengan budaya lain dan sejarah panjang kolonialisasi di Indonesia juga membentuk budaya lokal. Hal ini menyebabkan generalisasi kehidupan bangsa Indonesia menjadi sulit dilakukan.

Perbedaan-perbedaan budaya ini membuat persepsi tentang pandangan hidup juga berbeda. Sebagai contoh, budaya Batak mengharuskan seseorang untuk minum air sampai habis sebagai penghargaan. Tetapi dalam budaya Jawa, seseorang harus minum dengan meninggalkan sedikit air sebagai pernyataan bahwa minuman tersebut enak sekali hingga tak habis. Masyarakat perkotaan sudah terbiasa tidak menyapa satu sama lain, sedangkan masyarakat pedesaan cenderung tahu satu sama lain dan akrab.

Masyarakat perkotaan sudah terbiasa dengan budaya asing, terutama budaya Barat dan budaya Timur Tengah. Masyarakat di beberapa perkotaan besar bahkan sudah memiliki budaya urban sendiri. Kontras dengan hal tersebut, suku-suku di Indonesia masih dengan ketat menyimpan kebijakan nenek moyang di dalam kehidupan sehari-hari. Mereka masih tergantung kepada alam. Bahkan, setiap suku memiliki kepercayaannya sendiri.

Sering kali ada anggapan mengatakan bahwa masyarakat tradisional adalah masyarakat yang terbelakang. Padahal, hal ini tidak benar. Bila dipandang dari sudut geologi, masyarakat tradisional justru hidup berdampingan dengan alam dan melestarikan kehidupannya dengan damai. Kebijakan-kebijakan dalam lingkungan tradisional justru mempengaruhi interaksi manusia dengan alam. Sedangkan isu pemanasan global menjadi isu yang terkini pada saat ini akibat dari perkembangan industri.



Kerusakan alam dan masalah sosial menjadi problem bagi kehidupan manusia. Teknologi menyedot perhatian bagi kehidupan masyarakat. Ia membuat masyarakat harus beradaptasi terhadap keberadaannya, bukan lagi membantu masyarakat tersebut. Ia menyebabkan degradasi kenyamanan bagi manusia. Dalam hal ini, teknologi justru menjadi distraksi bagi manusia.

Untuk mengatasi penyimpangan tersebut, perlu adanya penghormatan terhadap perbedaan budaya dan cara pandang. Teknologi disesuaikan dengan konteks budaya lokal. Teknologi harus disesuaikan dengan kebutuhan lokal dari masyarakat tersebut, bukan sebaliknya. Definisi teknologi maju harus ditulis ulang. Teknologi bukan lagi mesin, tetapi kembali kepada fitrah awalnya: membantu memberikan persepsi kepada manusia tentang lingkungan sekitarnya.

Pandangan ini sesuai dengan tujuan dari komputasi pervasif. Dalam hal ini, pandangan Weiser diperluas bukan hanya dalam konteks *smart space* yang hanya berhubungan dengan mesin komputasi (komputer) yang pintar dalam sebuah ruangan, tetapi kaitannya dengan budaya lokal dan alam. Setiap peralatan yang dikembangkan harus secara maksimal menggunakan alam dan berbagai interaksi alami dengan lingkungan sekitar. Teknologi menjadi pengaya, bukan menjadi distraksi bagi manusia.

Visi yang diharapkan dari perkembangan komputasi pervasif adalah dengan menerapkan teknologi alami dan teknologi komputer. Lebih spesifik lagi adalah teknologi alami yang disempurnakan dengan komputerisasi. Sehingga, terjadi interaksi alami antara manusia dengan lingkungan sekitarnya. Lingkungan itu sendiri di latar belakang menyesuaikan diri sesuai dengan konteks yang ada.

Skenario yang mungkin ada di masyarakat perkotaan adalah bagaimana sebuah kota bisa berubah menjadi teratur karena informasi yang tersedia kepada publik dan dapat diakses di tempat-tempat umum. Selain itu, gedung dan tempat umum di perkotaan menampilkan suasana alam. Suasana alam tersebut berubah sebagai penanda. Suasana yang sejuk di kota membuat moda transportasi lebih banyak menggunakan peralatan hemat energi. Lampu kota dapat menyala ketika matahari tenggelam. Energi yang didapatkan dari matahari segera menjadi baterai untuk malam itu.

Penjaga hutan dapat memonitor keadaan cuaca dan problem kebakaran hutan. Penduduk tradisional dapat bekerja sama dengan pemerintah dalam menyediakan tempat dan pemeliharaan hutan. Petani dapat menggunakan teknologi dalam membuat irigasinya. Peta cuaca juga dapat memberikan gambaran kepada penyuluh-penyuluh untuk dapat membuat rancangan penanaman yang baik.

Nelayan dapat menggunakan peralatan-peralatan yang memadai untuk melihat cuaca. Tanda alamiah seperti burung yang terbang dapat menjadi sebuah antarmuka yang tidak mengejutkan dibandingkan oleh sirene. Penduduk di sekitar pantai dapat migrasi. Penggunaan pelampung pembatas yang pintar menjadi alat yang efektif bagi kapal yang lewat untuk memberikan informasi mengenai karang yang ada. Sehingga, informasi yang didapat lebih lengkap dan perahu dapat melakukan manuver penghindaran.

#### IV. TEKNOLOGI PENUNJANG (ENABLER TECHNOLOGY)

Untuk dapat menentukan kerangka yang cocok dalam pengembangan teknologi, perlu digunakan pekerjaan yang sudah ada. Saha dan Mukherjee [14] membagi lingkungan pervasif menjadi beberapa komponen, yakni: *devices* (perangkat), jaringan, middleware, dan aplikasi pervasif. Yang dimaksud dengan perangkat adalah peralatan komputasi itu sendiri seperti sensor dan komputer klien. Di dalam perangkat tersebut terdapat aplikasi pervasif yang saling berhubungan dengan sebuah middleware dalam sebuah jaringan. Kerangka ini dibangun berdasarkan evolusi model komputasi pervasif. Komponen teknologi ini cukup memulai riset teknologi pervasif.

Hartung dan Han [15] menemukan bahwa teknologi luar-rumah, terutama yang di alam, memiliki kendala dalam masalah sumber energi. Berbeda dengan perkotaan yang memiliki sumber energi, peralatan yang ditaruh di alam harus memiliki generator energinya sendiri. Hal ini yang menyebabkan komponen sumber energi menjadi komponen yang harus diperhitungkan.

Walau pun sensor dan aktuator sering kali berada dalam peralatan yang sama, namun keadaannya tidak selalu demikian. Aktuator bisa jadi berada dalam komponen yang berbeda. Aktuator seringkali membutuhkan energi yang lebih besar dari sensor karena harus melakukan aksi yang berbeda seperti aksi mekanis. Ia adalah sebuah teknologi penyaji. Sedangkan sensor lebih cenderung membaca keadaan dan bersifat pasif. Kebutuhan sensor dan aktuator tentunya berbeda.

Oleh sebab itu, penulis mengidentifikasi komponen infrastruktur teknologi itu ke dalam beberapa lapis masalah: sumber energi, sensor, aktuator, jaringan, middleware, dan aplikasi. Dengan kerangka komponen pervasif ini, setiap komponen dapat dikaji secara mendalam.

##### A. Sumber Energi

Sumber energi bagi peralatan pervasif sangat menentukan dalam menjalankan lingkungan pintar. Sumber energi yang dimaksud bukan hanya energi listrik, tetapi juga energi mekanik. Beberapa sumber energi terdapat di alam antara lain adalah gerak, sumber cahaya, panas, dan gravitasi. Untuk sumber energi buatan dapat menggunakan baterai atau bahkan sumber energi eksternal seperti PLN. Oleh sebab itu, lingkungan perkotaan memiliki kelebihan dalam hal sumber energi.

Untuk itu, diperlukan studi mengenai lokasi peralatan akan di tempatkan. Misalnya, untuk daerah berawan dan gelap tidak mungkin mengharapkan teknologi surya. Seandainya peralatan tersebut adalah untuk mengukur gelombang ketinggian air laut, maka bisa saja energi gelombang laut digunakan untuk menjadi sumber dayanya. Selain itu, apa bila peralatan digunakan untuk menghitung cuaca, pergerakan angin dapat menjadi sumber. Hal yang menarik adalah apabila perangkat adalah sebuah perangkat *wearable*. Saat ini, bisa saja digunakan baterai atau memanfaatkan panas tubuh atau gerakan dari tubuh pengguna.



Pertimbangan lainnya yang perlu adalah bentuk dari sumber daya tersebut. Untuk teknologi yang ditelan dan *wearable*, tentunya ukuran menjadi kendala. Selain itu, penggunaan peralatan untuk mengukur fenomena alam harus sebisa mungkin tidak mengganggu alam itu sendiri, misalnya tertelan atau rusak oleh hewan dan fenomena alam sekitar. Isu lingkungan menjadi isu yang penting seperti halnya isu durabilitas sumber energi.

Isu sosial sering kali muncul ketika perangkat pemrosesan harus dipasang. Ia membutuhkan energi yang besar dan sering kali dipasang di daerah berlistrik. Hal ini erat kaitannya dengan skalabilitas, yakni seringkali data harus diolah di tempat-tempat berlistrik sedangkan ada daerah-daerah di Indonesia yang terisolasi. Oleh sebab itu, diperlukan studi lebih mendalam untuk pengadaan energi eksternal.

Lagipula, belum tentu sebuah lingkungan pintar memiliki perangkat komputer. Bisa jadi, interaksi natural dengan alam bisa memanfaatkan teknologi mekanik. Alat-alat mekanik ini bisa jadi adalah jawaban dalam meningkatkan kadar hidup masyarakat dan tidak memerlukan sumber daya mekanik.

## B. Sensor

Untuk mengukur indikator, diperlukan perangkat sensor. Ia tidak memerlukan komputasi yang besar dan bahkan bisa jadi ia hanya sebuah peralatan mekanik biasa. Akan tetapi, ada juga perangkat sensor yang membutuhkan perangkat lain dalam beroperasi. Misalnya, peralatan GPS yang bisa dipakai membutuhkan teknologi lainnya seperti satelit atau triangulasi BTS.

Durabilitas menjadi isu terutama untuk sensor-sensor yang diletakkan di luar ruangan. Sensor panas dan cuaca misalnya, memerlukan durabilitas yang tinggi karena mengukur perubahan ekstrim dari lingkungan. Karat, korosi, dan gangguan binatang bisa menjadi momok bagi peralatan ini.

Vandalisme yang dilakukan oleh pihak tak bertanggung jawab juga menjadi isu dalam penentuan lokasi sensor ini. CCTV yang ditaruh sebagai sensor untuk menentukan arus lalu lintas dapat dengan mudah dirusak. Untuk itu, selain faktor alam, pendekatan humanistik diperlukan dalam mengimplementasikan sensor.

Tingkat vandalisme yang tinggi di Indonesia bisa jadi akibat perencanaan pembangunan yang tidak merata dan penerapannya yang tidak beradaptasi dengan kebutuhan masyarakat sekitar. Perlunya studi lingkungan dan antropologi menentukan penerapan teknologi ini.

Keberadaan jaringan juga menentukan bagaimana sensor dapat diletakkan. Daya baterai yang dapat digunakan oleh sensor juga memerlukan perhitungan. Ukuran sensor juga menjadi batasan untuk penerapannya. Bahan sensor juga perlu diperhatikan agar tidak mencemari lingkungan.

Hal yang berbeda terjadi apabila sensor dan aktuator merupakan satu perangkat. Pemrosesan lebih lanjut tidak diperlukan karena ia perangkat yang terintegrasi. Apalagi bila peralatan tersebut adalah sebuah peralatan mekanis, ia hanya memerlukan sumber daya alami. Contoh perangkat mekanik yang sederhana adalah sensor angin, kompas, dan termometer. Sistem irigasi tradisional yang mengatur aliran air juga

diperengkapi dengan sensor alami yang mendeteksi aliran air secara mekanis dengan memanfaatkan gravitasi.

Perilaku alam sendiri menjadi sebuah sensor yang mengagumkan. Pergerakan binatang di alam dapat menjadi indikator akan terjadinya sesuatu. Namun, sayangnya penelitian secara mendalam masih menjadi permasalahan yang terbuka bagi ilmu pengetahuan modern.[16]

## C. Aktuator

Aktuator memiliki karakteristik yang sama dengan sensor dan terkadang berada dalam satu perangkat yang sama. Yang dimaksud dengan aktuator adalah alat penampil informasi dan yang bertindak berdasarkan input. Aktuator dapat berupa layar, cahaya, pompa, dan lain sebagainya.

Berbeda dengan sensor, aktuator adalah peralatan yang aktif. Ia membutuhkan sumber daya yang relatif lebih besar dibandingkan dengan sensor karena ia harus melakukan sebuah aksi. Selain itu, ia memerlukan pemrosesan sederhana agar bisa menampilkan informasi yang dibutuhkan.

Tantangan dari aktuator dalam lingkungan yang alami adalah penempatannya yang alami sehingga menggunakannya terasa alamiah. Proses perancangan antarmuka yang alami merupakan sebuah studi yang sedang berlangsung. [17] Pendekatan perancangan antarmuka ini harus mengenali pengguna dan budaya lokalnya.

## D. Jaringan

Yang termasuk dalam jaringan adalah infrastruktur penghubung dan protokol pertukaran data. Infrastruktur penghubung erat kaitannya dengan topologi jaringan dan berbagai masalah yang terkait di dalamnya. Protokol pertukaran data adalah bagaimana aplikasi antar perangkat (sensor, aktuator, dan middleware) saling berkomunikasi satu sama lain.

Salah satu masalah dalam topologi jaringan adalah implementasi jaringan nirkabel. Berbagai teknologi nirkabel berkembang untuk menjawab permasalahan ini, antara lain Bluetooth [18], protokol IEEE, dan Zig Bee. [19] Protokol-protokol ini terutama berusaha membuat solusi jaringan *ad hoc*, yakni sebuah jaringan yang dapat berdiri sendiri.

Selain masalah jaringan *ad hoc*, mobilitas perangkat juga menjadi sebuah tantangan tersendiri bagi topologi jaringan. Riset mengenai jaringan yang dapat beradaptasi menjadi sebuah masalah yang terbuka. Salah satu implementasi yang cukup baik adalah mobile IP. [20]

Salah satu masalah yang menantang dari jaringan adalah protokol data untuk berkomunikasi. Perangkat-perangkat yang ada di pasaran saat ini memiliki protokolnya masing-masing. Hal ini diakibatkan oleh karena setiap perangkat bergerak biasanya didesain secara spesifik untuk memenuhi kebutuhan tertentu.

Dengan berkembangnya teknologi Web yang mengarah ke jaringan semantik [21], berbagai standar baku yang terbuka mulai dikembangkan. Teknologi seperti RDF dapat digunakan untuk mendefinisikan sebuah sumber daya. Tentunya, implementasi nyata jaringan semantik masih merupakan masalah terbuka. Namun, perkembangan menuju ke sana



merupakan sebuah titik awal dalam menyatukan protokol komunikasi.

Karena komputasi pervasif masih dalam tahap perkembangan, masalah keamanan masih belum begitu diperhitungkan. Teknologi terdahulu seperti SSH, SSL, HTTPS, dan lain sebagainya dapat digunakan sebagai protokol komunikasi yang aman. Hanya saja, implementasi protokol-protokol keamanan tersebut tidak memperhitungkan topologi pengguna yang berubah-ubah (misalnya IP). Hal ini menyebabkan koneksi aman terputus.

Salah satu solusi yang mungkin dapat diberikan adalah dengan mempergunakan *federated identity*. Protokol seperti OpenID merupakan contoh dari implementasi *federated identity*. [22] Penggunaan *federated identity* dapat dimodifikasi sehingga setiap perangkat dapat menjadi sebuah sistem yang mengidentifikasi dirinya sendiri dengan perangkat yang lain. Karena sifatnya yang terdesentralisasi, *federated login* sangat cocok dengan jaringan yang berubah-ubah. Tentu saja, ini baru ide awal dari penulis yang bisa dikembangkan lebih lanjut.

#### E. Middleware

*Middleware* adalah infrastruktur pelayan yang memroses data-data dalam lingkungan pintar sehingga dapat diinterpretasikan. Contoh *middleware* adalah *data center*, *server*, dan layanan antara.

Hal yang menarik dari *middleware* adalah konsep *cyber foraging*. Sebuah pekerjaan diproses dengan didistribusikan ke perangkat sekitar. Hal ini menyebabkan perangkat bergerak menjadi lebih irit baterai. Selain itu, komputasi yang berat dapat dilakukan di tempat yang memadai. [23] Konsep *cyber foraging* berkembang dari komputasi grid.

Masalah yang timbul dalam *cyber foraging* adalah keamanan data dalam pemrosesan. Oleh sebab itu, dibutuhkan sebuah infrastruktur bersama yang aman dan tersertifikasi. Pengadaan infrastruktur bersama oleh sektor publik dapat menyebabkan pengeluaran yang cukup besar bagi negara. Apa lagi, vandalisme yang tinggi dapat menyebabkan infrastruktur itu tak berfungsi.

Solusi yang bisa dilakukan dengan *cyber foraging* adalah dengan mengembangkan protokol yang sederhana, namun cukup aman untuk menghindari penggunaan di luar perencanaan. Penggunaan *cyber foraging* juga dapat membuat sebuah perangkat dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama karena ia tidak lekas menjadi usang akibat tidak dapat memroses algoritma baru.

Pembuatan *middleware* juga harus memperhatikan skalabilitas. Sentralisasi *middleware* dapat menyebabkan *bottleneck*. Desentralisasi tentunya dapat menjadi jawaban, tetapi desentralisasi berarti menambahkan perangkat baru. Hal ini membutuhkan dana yang cukup besar. Maka, perlu dilakukan perencanaan dalam menetapkan membuat sebuah infrastruktur *middleware*.

*Middleware* juga memiliki karakteristik yang sama dengan aktuator dan sensor dalam hal durabilitas. Untuk penempatan, misalnya, harus diperhatikan apakah lokasi pemrosesan data

tersebut stabil tetapi cukup dekat untuk berhubungan dengan sensor-sensor.

*Middleware* juga merupakan komponen yang membutuhkan energi listrik yang lebih dibandingkan dengan aktuator dan sensor. Oleh sebab itu, penempatan pemrosesan di kampung yang terpencil bisa menjadi masalah tersendiri.

#### F. Aplikasi

Salah satu tantangan dalam aplikasi adalah bagaimana aplikasi dapat beradaptasi terhadap keadaan yang berubah-ubah. Sebuah aplikasi tidak lagi harus mengeksekusi secara efisien, tetapi juga memiliki kemampuan untuk melakukan penyelamatan daya. Standar baku seperti ACPI dapat menjadi solusi dalam melakukan manajemen sumber daya.

Kemampuan perangkat bergerak sekarang yang seperti komputer *desktop* layaknya, membuat perangkat bergerak dapat menjalankan aplikasi yang berat. Dengan demikian, perangkat bergerak dapat diberikan aplikasi yang bervariasi.

Salah satu masalah aplikasi adalah bagaimana aplikasi dapat berkomunikasi dengan aplikasi lainnya. Penggunaan aplikasi yang *realtime* dapat menyebabkan aplikasi yang lainnya lapar dan menjadi *zombie*. Untuk mengatasi hal tersebut, penjadwalan eksekusi aplikasi menjadi sebuah tema yang terbuka.

Aspek yang tidak kalah pentingnya adalah aspek bahasa. Aplikasi yang dikembangkan harus memperhatikan bahasa lisan dan tulisan sesuai dengan budaya lokal. Penggunaan bahasa asli pengguna dapat membantu pengguna dalam memahami data-data yang sedang ia baca.

### V. KESIMPULAN DAN SARAN

Visi komputasi pervasif bukan lagi berbicara seperti di dalam film SciFi, sebuah ruangan putih bersih penuh dengan perangkat terkomputerisasi yang digerakkan oleh server. Ia merupakan sebuah ruang di mana alam terdapat di dalamnya. Ia tidak harus berupa ruang tertutup, tetapi bisa jadi sebuah ruang terbuka. Hal ini karena penggabungan teknologi alam dan komputerisasi untuk menghasilkan teknologi tepat guna.

Tulisan ini hanya sebuah pembuka untuk studi pengembangan lingkungan pintar di Indonesia. Penelitian mengenai komputasi pervasif membutuhkan pengembangan lebih lanjut. Untuk itu, penulis mengusulkan untuk dibukanya sebuah pusat riset lingkungan pervasif dan teknologi. Tempat itu dapat dijadikan sarana untuk melakukan riset antar bidang keilmuan di Indonesia.

Ada banyak PR yang dapat dilakukan, salah satunya adalah menentukan peralatan yang tepat untuk setiap komponen yang ada. Masalah yang terbuka juga adalah bagaimana meyakinkan politisi tentang pentingnya kebijakan umum dalam menjaga budaya asli Indonesia. Hal ini juga dapat dilakukan dengan melakukan identifikasi sebanyak mungkin budaya Indonesia untuk keperluan riset.

Pengembangan teknologi saat ini sudah mengarah kepada pengembangan budaya. Maka, sudah saatnya *computer scientists* mulai mempertimbangkan aspek sosial dari teknologi. Hal ini dapat membuka paradigma baru dalam melakukan penelitian dan pengembangan teknologi.



## REFERENCES

- [1] Weiser, Mark, *The Computer For 21<sup>st</sup> Century*, ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, 1999.
- [2] Farideh Osareh and Concepción S. Wilson, *Third World Countries (TWC) research publications by disciplines: A country-by-country citation analysis*, Scientometrics, 2006.
- [3] Maxine Clarke, *Citation Patterns in Geoscience*, Nature Geoscience's, September 2008.
- [4] Gore, Al, *An Inconvenient Truth: The Planetary Emergency of Global Warming and What We Can Do About It*, Rodale Books, 2006.
- [5] O.G. Sorokhtin, G.V. Chilingar and Leonid F. Khilyuk Ph.D., Ph.D. , *Global Warming and Global Cooling Volume 5: Evolution of Climate on Earth*, Elsevier Science, 2007.
- [6] Wolf, S. , Snyder, M. , Sydeman, W. and Croll, D. , *Predicted impacts of ocean climate change on a sensitive indicator, the seabird Cassin's auklet, in a productive marine ecosystem*, Paper presented at the annual meeting of the International Marine Conservation Congress, George Madison University, Fairfax, Virginia Online <PDF>. 2009-11-11 from [http://www.allacademic.com/meta/p296528\\_index.html](http://www.allacademic.com/meta/p296528_index.html)
- [7] Weinhold B, *Sentinel Symptoms of Climate Change: Indicators for Related Health Effects*, *Environ Health Perspect* 117(11): doi:10.1289/ehp.117-a504a, 2009.
- [8] Rachman, Hermanto, *Analyzing the Competitiveness of Indonesian Agricultural Commodities Under WTO Commitments* (October 26, 2005). Available at SSRN: <http://ssrn.com/abstract=835825>
- [9] Liz Chidley, Yuyun Indradi, and Emilianus Ola Klenden, *Forests for the Future: Indigenous Forest Management in a Changing World*, International Campaign for Ecological Justice in Indonesia (Down to Earth), 2009.
- [10] Nomura, Ko, *The Politics of Participation in Forest Management*, *The Journal of Environment & Development*, Vol. 17, No. 2, 166-191, 2008.
- [11] Statistic Indonesia (Badan Pusat Statistic. *Survei Demografi & Kesehatan Indonesia 2007*, The United Nation Population Funds, 2008.
- [12] T Firman, The restructuring of Jakarta Metropolitan Area:: A 'global city' in Asia, *Cities*, Volume 15, Issue 4, August 1998, Pages 229-243, ISSN 0264-2751, DOI: 10.1016/S0264-2751(98)00015-8. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V9W-3V5TNTN-2/2/61f346275e2b8f7ddd599df1b5fdedbd>)
- [13] Van Oosterzee, Penny. and Wallace, Alfred Russel, *Where worlds collide : the Wallace Line / Penny Van Oosterzee*, Reed Books, Kew, Victoria, 1997.
- [14] Debashis Saha and Amitava Mukherjee and Short Of Mark Weiser's, *Pervasive Computing: A Paradigm for the 21st Century*, 2003.
- [15] Carl Hartung, Richard Han, *FireWxNet: A Multi-Tiered Portable Wireless System for Monitoring Weather Conditions in Wildland Fire Environments*, 2006.
- [16] Toothman, Jessika, "Can animals predict the weather?", 05 May 2008. <http://animals.howstuffworks.com/animal-facts/animals-predict-weather.htm>> 22 December 2009.
- [17] Ianus Keller, Wouter van der Hoog, and Pieter Jan Stappers. *Gust of Me: Reconnecting Mother and Son*, 2004.
- [18] Jaap C. Haartsen, *The Bluetooth Radio System*, Ericsson Radio Systems B.V. , 2000.
- [19] Gang Ding, Zafer Sahinoglu, Philip Orlik, Jinyun Zhang, Bharat Bhargava, *Tree-Based Data Broadcast in IEEE 802.15.4 and ZigBee Networks*, *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 2006.
- [20] Douligeris, Christos and Vasilakos, Thanos, *Mobile IP protocols*, Handbook of wireless networks and mobile computing, John Wiley & Sons, Inc. , 2000.
- [21] Wilson, Tracy V. *How Semantic Web Works*, 09 February 2006. <http://computer.howstuffworks.com/semantic-web.htm>> 22 December 2009.
- [22] Smith, Don, *The challenge of federated identity management*, doi:10.1016/S1353-4858(08)70051-5, 2008.
- [23] Mads Darø Kristensen, *Execution plans for cyber foraging*, MobMid '08: Proceedings of the 1st workshop on Mobile middleware, 2008.

