**SENSOR NIRKABEL APLIKASI JARINGAN MENUJU RUMAH CERDAS DAN KOTA**

**1. PERKENALAN**

Wireless Sensor Networks (WSNs) menghubungkan dunia kita lebih dari yang kita impikan. Kebisingan dan polusi atmosfer, sensor tingkat sampah, pemantauan lalu lintas jalan, dan parkir cerdas adalah beberapa di antaranya

banyak aplikasi WSN ke kota pintar. Di rumah pintar, sekarang sulit untuk menghindari penggunaan video rumahan

pesan, alarm untuk ponsel, pintu, jendela, dan aplikasi kontrol cahaya sambil memberikan kehidupan yang nyaman dan ekonomis.

Untuk memastikan cara hidup yang mengagumkan ini, tantangan baru dari WSN muncul. Teknologi akses mana yang bisa

digunakan dalam sistem telekomunikasi untuk kota dan rumah pintar? Protokol nirkabel harus digunakan

untuk berkomunikasi dengan ribuan node sambil mengelola trade-off antara kecepatan transfer data, kecepatan,

dan konsumsi daya.

Jumlah sensor yang sangat banyak membutuhkan mekanisme agregasi data untuk mencegah terjadinya informasi

redundansi dan konsumsi energi yang tinggi, kapasitas penyimpanan, dan bandwidth komunikasi. Tentunya, aspek-aspek tersebut tidak dapat dipenuhi mengingat keterbatasan WSN.

Selain itu, menarik untuk menentukan penemuan jaringan yang efisien dan penentuan jalur cerdas untuk mendapatkan protokol perutean yang andal dengan mempertimbangkan karakteristik sensor di kota dan rumah pintar.

Keandalan juga dijamin oleh aspek keamanan seperti enkripsi, kontrol akses, dan keamanan data

pengumpulan. Enkripsi menjadi penting karena pertukaran data terkait dengan data pribadi dan rahasia.

Kontrol akses menghindari pengungkapan informasi privasi, terutama untuk pemantauan rumah jarak jauh.

Pada bab ini, pertama kami berikan beberapa contoh aplikasi WSN di rumah pintar dan kota. Kemudian,

kami membahas teknologi akses yang akan digunakan untuk aplikasi. Terakhir, kami menyajikan beberapa protokol

berguna untuk memberikan kinerja aplikasi yang lebih baik seperti strategi perutean, metode hemat energi, dan protokol keamanan.

2.1 APLIKASI PENGHEMATAN ENERGI Konsumsi energi yang besar dan biaya bahan bakar yang tinggi memerlukan penggunaan energi yang efisien yang semakin jarang terjadi. Gambar 2.1 menunjukkan total konsumsi menurut sektor Penggunaan Akhir di Amerika Serikat [2]. Nilai pasti konsumsi energi di sektor ketenagalistrikan, pemukiman, dan transportasi pada tahun 1994 dan 2014 disajikan pada Tabel 2.1. Kami mencatat peningkatan sekitar 15% dalam 20 tahun terakhir dan oleh karena itu penting untuk bereaksi secara efisien terhadap pertumbuhan ini. Peningkatan konsumsi energi tidak hanya terkait dengan AS, tetapi juga menyangkut semua negara di dunia seperti di Finlandia di mana pencahayaan mengkonsumsi lebih dari 30% dari total listrik yang digunakan di rumah tangga untuk peralatan [3] dan di Mesir di mana konsumsi energi dalam satu rumah bisa mencapai 1500 kWh / bulan [4]. Bangunan hemat energi harus dirancang untuk mengurangi penggunaan energi secara signifikan, terutama untuk pemanas dan pendingin. Penurunan penggunaan energi dapat dilakukan dengan mengurangi kebutuhan energi dengan menghindari pemborosan dan menerapkan langkah-langkah penghematan energi. Penghindaran pemborosan energi dapat dilakukan dengan memiliki sarana insulasi, kedap udara, dan ventilasi yang baik. Di Ref. [5], prosedur untuk mengukur dan melaporkan bangunan komersial diusulkan. Prosedur ini terdiri dari dua langkah. Langkah pertama adalah desain sistem pengukuran yang mengidentifikasi metrik kinerja, lokasi fisik setiap pengukuran, frekuensi pengukuran, dan pengukuran.

peralatan. Langkah kedua adalah pengumpulan dan analisis data, yang menentukan cara memantau data, mengumpulkan data, dan menghitung metrik bulanan dan tahunan. Kami mencatat bahwa pengurangan energi yang terbuang tidaklah cukup. Menarik juga bahwa bangunan menggunakan sumber energi ramah lingkungan dan berkelanjutan daripada bahan bakar fosil yang terbatas. Sebagai contoh, arsitektur bangunan hijau diusulkan di Ref. [6]. Pemantauan suhu, intensitas cahaya, dan keberadaan orang memberikan informasi yang digunakan oleh subsistem kontrol dari arsitektur yang diusulkan. Subsistem kontrol dapat menyetel energi yang akan dikonsumsi, menginformasikan pengguna tentang status konsumsi energi secara berkala atau bila ada konsumsi energi yang berlebihan dalam laporan waktu nyata, dan menjadwalkan tugas-tugas yang fleksibel. Misalnya, saat menggunakan pengukur pintar di sebuah gedung [7], biaya energi bervariasi tergantung pada periode hari dan oleh karena itu subsistem kontrol dapat menjadwalkan beberapa tugas rumah ketika harga energi menjadi rendah. Terakhir, dengan mempertimbangkan karakteristik atmosfer, kita dapat memprogram jenis energi mana yang dapat digunakan seperti energi matahari, angin, dan panas bumi. Sensor nirkabel juga dapat menggunakan energi hijau seperti cahaya, gerakan, dan getaran untuk bekerja. Misalnya, GreenPark mengembangkan sensor daya ultra rendah yang menggunakan sumber energi lingkungan untuk mengurangi konsumsi energi dan memperluas penggunaan sensor di gedung [8].

2.2 PEMANTAUAN KEBISINGAN DAN ATMOSFER WSN dapat sangat membantu kesehatan penduduk perkotaan karena dapat memantau kebisingan dan polusi atmosfer. Pengalaman pertama menggunakan WSN untuk pemantauan polusi suara disajikan di Ref. [9]. Pengalaman ini didasarkan pada platform pembuatan prototipe Tmote untuk mengumpulkan data polusi suara baik dalam pengaturan dalam maupun luar ruangan. Hasil eksperimen menunjukkan kelayakan penggunaan WSN dalam pemantauan kebisingan. Oleh karena itu, aplikasi semacam ini dapat mencegah tugas yang mahal dan rumit yang dilakukan terutama oleh entitas swasta. Meningkatnya pencemaran suara memotivasi para peneliti untuk terus mengajukan rancangan sistem pemantauan pencemaran suara. Misalnya, di Ref. [10], penulis mengusulkan instrumen dan teknik pengukuran kebisingan dengan mempertimbangkan pemancar, penerima, dan atmosfer. Perhatikan bahwa kebisingan mengikuti jalur tergantung pada atmosfer untuk mencapai penerima. Di Ref. [11], desain mote WSN penginderaan suara yang memanfaatkan energi diusulkan untuk mengurangi dan melawan polusi suara. Perpanjangan mote yang diusulkan mampu mendeteksi tingkat kebisingan di lingkungan perkotaan di mana terdapat banyak beban pulsa. Hasil eksperimental menunjukkan bahwa WSN mote memberikan peningkatan lebih dari 300% dalam siklus tugas yang diturunkan secara analitis. Perhatikan bahwa beberapa perangkat WSN komersial untuk pemantauan polusi atmosfer disajikan di Ref. [12] seperti Waspmote, Teknologi dan Pengamatan Sensor Ultraviolet Generik (GUSTO), dan CitiSense. Waspmote [13] dapat memantau beberapa parameter untuk memverifikasi apakah kualitas udara yang kita hirup sehat. Parameter tersebut terdiri dari Nitrogen dioksida (NO2), Karbon dioksida (CO2), Metana (CH4), dan Hidrokarbon (Etanol, Propana, Butana, dll.). GUSTO [14], berdasarkan teknologi Differensial Ultraviolet Absorption Spectroscopy (DUVASTM) [15], dapat mengukur dan mengirimkan polutan perkotaan seperti NO2, O3, dan benzena secara real time. Gambar. 2.2 dan 2.3 masing-masing menampilkan perangkat Waspmote dan GUSTO. Kami perhatikan bahwa perangkat ini tidak memiliki layar. Mereka mengirim pengukuran polusi udara ke kolektor untuk analisis dan penyelidikan lebih lanjut. CitiSense [16], yang dikembangkan oleh tim University of California-San Diego, adalah sistem pemantauan polusi yang dapat diintegrasikan di smartphone. Oleh karena itu, ini memberikan layanan berguna yang sangat cerdas

pengguna untuk mencegah tinggal di tempat yang sangat tercemar. Gbr. 2.4 menunjukkan bahwa CitiSense menemukan bahwa kualitas udara di tempat ini sedang. Perhatikan bahwa informasi waktu nyata tentang polusi udara dapat diperoleh dengan menggunakan alat canggih lainnya seperti melalui Google Map. Namun, informasi tidak ditampilkan untuk pengguna publik (hanya untuk pengguna yang memiliki otorisasi) [17]. Banyak daerah menerapkan teknologi ini seperti di Qatar [18]. Seperti pemantauan polusi suara, beberapa desain sistem untuk polusi udara telah diusulkan. Di Ref. [19], penulis mengusulkan sistem polusi udara yang memantau kualitas udara secara real time sekaligus mengurangi konsumsi energi sensor menggunakan strategi hemat daya. Strategi penghematan daya yang diusulkan dijelaskan kemudian. Sensor merasakan informasi polusi dan kemudian membandingkan tingkat polusi dengan nilai referensi standar yang ditentukan. Jika tingkat polusi yang dirasakan tinggi, maka data dikirim melalui pemancar dan sensor menunggu 5 menit sebelum merasakan informasi polusi di lain waktu. Sebaliknya, jika tingkat polusi yang terdeteksi tidak melebihi nilai ambang batas, sensor tidak mengirim data dan menunggu 15 menit sebelum melakukan pengukuran berikutnya. Di Ref. [20], Kalaimani dan Sakthivel mengusulkan sistem pemantauan kualitas udara berbasis WSN sederhana (WSN-AQMS) untuk kawasan industri. Sistem pemantauan yang diusulkan mengontrol dan memantau lingkungan fisik sekaligus mengurangi konsumsi energi dan laju pertukaran data antar sensor. Ini memilih komponen WSN tergantung pada tujuan pembangunan, jumlah node yang dibutuhkan, dan opsi evaluasi. Arsitektur sistem pemantauan menggunakan sensor Gas, sensor kelembaban, dan modul Global System for Mobile Communications (GSM) untuk komunikasi seluler.

2.3 PEMANTAUAN KESEHATAN

Selain kebisingan dan pemantauan atmosfer, yang berguna untuk menjaga kesehatan, WSN juga bisa

juga digunakan untuk perawatan kesehatan cerdas bagi penghuni sambil tetap menjaga kenyamanan dan privasi mereka. Di Ref. [21],

penulis mengusulkan arsitektur sistem untuk pemantauan kesehatan warga. Sistem yang diusulkan terintegrasi

teknologi medis yang ada dalam sensor berbiaya rendah untuk merawat lansia dan orang cacat.

Efisiensi solusi ini didasarkan pada kesopanan berikut: portabilitas perangkat kecil (sensor), skalabilitas jumlah perangkat yang digunakan saat mengurangi kompleksitas fungsi,

kemampuan konfigurasi otomatis terutama bila menggunakan protokol Internet Protocol version 6 (IPv6) [22], dan

respons real-time dari sensor yang diterapkan saat pengukuran melebihi ambang batas tertentu.

Ternyata, pemantauan WSN digunakan di rumah sakit. Banyak proyek dikembangkan di bidang ini [23] seperti itu

sebagai HealthGear (proyek Microsoft) [24], MobiHealth (proyek Komisi Eropa) [25], CodeBlue

(Proyek Universitas Harvard) [26], dan Jaringan Sensor Nirkabel untuk Kualitas Hidup (WSN4QoL) (proyek Marie Curie) [27].

HealthGear terdiri dari sekumpulan sensor fisiologis non-invasif yang dihubungkan melalui Bluetooth

ke ponsel. Sensor berisi modul yang mengukur banyak parameter seperti oksigen darah

tingkat pengguna serta pernapasan dan gerakan pengguna. Pengukuran kemudian dikirim menggunakan

Bluetooth untuk menganalisisnya dan merepresentasikan hasil dalam sebuah antarmuka (lihat Gambar 2.5).

MobiHealth mendapat keuntungan dari teknologi yang tersedia seperti sensor medis seluler, nirkabel publik

jaringan, dan layanan baru Universal Mobile Telecommunications System (UMTS). Ini menyediakan

GAMBAR 2.5 Antarmuka HealthGear

3 Teknologi akses 23

tindak lanjut medis dan penelitian medis. Perhatikan bahwa MobiHealth menangani banyak bidang seperti jarak jauh

pemantauan kadar glukosa di Eropa [28] dan telemonitoring kehamilan di pusat komunitas dan

klinik di Zambia [29]. Sebagai contoh, antarmuka manajemen Diabetes disajikan pada Gambar 2.6.

CodeBlue terdiri dari infrastruktur nirkabel yang digunakan di lingkungan perawatan medis darurat. Ini mengintegrasikan sensor nirkabel berdaya rendah, Personal Digital Assistants (PDA), dan Personal

Komputer (PC). Sensor nirkabel mengintegrasikan Global Positioning System (GPS) untuk melacak orang,

modul Electromyography (EMG) yang memeriksa kesehatan otot untuk menangkap gerakan, dan a

oksimeter denyut berbasis mote untuk mentransmisikan paket periodik yang berisi detak jantung.

WSN4QoL bertujuan untuk menyediakan implementasi kehidupan nyata pada aplikasi perawatan kesehatan yang tersebar luas. Itu

Aplikasi yang ditargetkan oleh proyek ini adalah untuk alat pacu jantung, tekanan darah, implan koklea, dan electroencephalogram (EEG).

TEKNOLOGI AKSES

Pada bagian ini, kami menyajikan tiga arsitektur untuk teknologi akses. Arsitektur ini diringkas dalam Ref. [30].

3.1 ARSITEKTUR TEKNOLOGI AKSES PERTAMA

Arsitektur pertama disajikan pada Gambar 2.7. Itu dapat digunakan di rumah, di tempat kerja, dan di rumah sakit kapan

memantau sistem perawatan kesehatan. Sensor nirkabel melakukan pengukuran dan mengirimkan hasil ke server pribadi menggunakan teknologi Wireless Personal Area Network (WPAN) seperti IEEE 802.15.1 [31],

IEEE 802.15.3 [32], dan IEEE 802.15.4 [33]. Server pribadi dapat berupa PDA dan membutuhkan waktu sebentar

antarmuka nirkabel, selain antarmuka WPAN, untuk terhubung ke server rumah. Sambungan dengan server rumah dilakukan menggunakan teknologi Jaringan Area Lokal Nirkabel (WLAN)

seperti IEEE 802.11a / b / g / n.

Server rumah, disebut juga server pusat, harus terhubung ke Internet untuk mengirim

data ke server jauh. Koneksi ini harus diamankan. Akhirnya, mengumpulkan server jauh berbeda

informasi, menganalisisnya, dan menampilkan hasil akhir. Hasil akhir dapat diperoleh melalui halaman web

untuk memudahkan akses informasi.

Teknologi WPAN yang terkenal adalah Bluetooth, yang didasarkan pada standar IEEE 802.15.1.

Teknologi ini dirancang untuk jarak pendek, biaya rendah, dan konsumsi energi rendah. Ini beroperasi di

Pita frekuensi Industri, Ilmiah, dan Medis (ISM) 2,4 GHz, tetapi ada metode untuk menguranginya

gangguan [1,34].

IEEE 802.15.3 mewakili tingkat tinggi WPAN. Ini memberikan throughput yang tinggi dan oleh karena itu ini

Teknologi berguna saat sensor perlu mengirim gambar dan video. Apalagi sensornya menggunakan IEEE

802.15.3 dapat langsung berkomunikasi di antara mereka dan oleh karena itu teknologi ini berguna jika ada

adalah kebutuhan untuk membuat jaringan mesh [35]. Namun, teknologi ini mengkonsumsi lebih banyak energi karena

overhead untuk manajemen tautan komunikasi [36].

IEEE 802.15.4 mewakili tingkat rendah WPAN. Ini memberikan throughput yang rendah, tetapi meningkatkan

pengurangan konsumsi energi. Apalagi teknologi ini memiliki metode pencegahan yang canggih

gangguan [37]. Misalnya, saluran yang buruk tidak digunakan untuk transmisi data seperti di Ref. [38]

atau semua saluran digunakan tetapi dengan probabilitas berbeda tergantung pada kualitas saluran seperti di

Referensi [1,39,40].

GAMBAR 2.7 Arsitek Teknologi Akses Pertama

Selanjutnya, kami menyajikan secara singkat karakteristik utama teknologi WLAN (lihat Tabel 2.2). IEEE

802.11a [1,41] menggunakan teknik orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) dan bekerja di

Pita frekuensi 5-GHz. Throughput bisa mencapai 54 Mbits / s. Kelemahan utama dari standar ini adalah

bahwa sinyal tidak dapat menembus rintangan seperti dinding dan benda padat [42,95].

IEEE 802.11b menggunakan teknik Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) dan bekerja di 2.4-

Pita frekuensi GHz. Throughput bisa mencapai 11 Mbits / s [46]. Perhatikan bahwa penggunaan Carrier Sense

Akses Ganda / Penghindaran Kolusi (CSMA / CA) untuk akses saluran fisik menurunkan throughput [102]. Selain itu, CSMA / CA tidak adil [47]. Keuntungan utama IEEE802.11b adalah biaya rendah

dan teknologi ini digunakan secara luas. Namun, throughput tidak tinggi dan frekuensinya

pita 2,4 GHz digunakan, sinyal sangat sensitif terhadap interferensi.

IEEE 802.11g menggunakan teknik OFDM dan DSSS dan bekerja pada pita frekuensi 2,4-GHz.

Throughput bisa mencapai 54 Mbits / s. Seperti IEEE 802.11b, penggunaan CSMA / CA menurunkan throughput. Keuntungan utama dari teknologi ini adalah pada throughput yang tinggi dan interoperabilitas dengan

standar yang banyak digunakan IEEE 802.11b [48]. Namun, sebagai pita frekuensi 2,4 GHz digunakan oleh banyak orang

jenis peralatan seperti kartu nirkabel IEEE 802.11b, telepon, oven microwave, dan monitor bayi, IEEE 802.11g menderita kemacetan nirkabel [49].

IEEE 802.11n menggunakan teknik OFDM dan Multiple Input Multiple Output (MIMO) dan bekerja dalam format

pita frekuensi ISM 2,4 dan 5 GHz. MIMO memungkinkan peluang untuk menyelesaikan multipath secara spasial

sinyal [50]. Throughput bisa mencapai 600 Mbits / s bila menggunakan empat antena untuk transmisi dan empat

antena untuk penerimaan. Perhatikan bahwa 4 × 4 adalah konfigurasi MIMO maksimum yang diizinkan di IEEE 802.11n.

3.2 ARSITEKTUR TEKNOLOGI AKSES KEDUA

Arsitektur kedua disajikan pada Gambar 2.8. Arsitektur ini hanya menggunakan teknologi WPAN dan

oleh karena itu tidak memerlukan server pribadi. Oleh karena itu, teknologi ini paling murah karena mengurangi

BAB 2 APLIKASI JARINGAN SENSOR NIRKABEL

jumlah perangkat yang dibutuhkan. Sensor nirkabel mengirimkan hasil pengukuran langsung ke server rumah menggunakan teknologi WPAN. Namun, sensor nirkabel membutuhkan lebih banyak energi untuk mengakses server rumah sebagai

mereka harus meningkatkan daya keluaran Frekuensi Radio (RF). Peningkatan daya RF juga dapat menyebabkan

lebih banyak tabrakan dan karenanya lebih banyak transmisi ulang. Peningkatan transmisi ulang menurunkan Kualitas

Layanan (QoS) dan mengkonsumsi lebih banyak energi karena data yang sama dikirim beberapa kali.

3.3 ARSITEKTUR TEKNOLOGI AKSES KETIGA

Arsitektur ketiga disajikan pada Gambar 2.9. Seperti pada arsitektur pertama, sensor nirkabel mengirim

hasil pengukuran ke server pribadi. Kemudian, server pribadi mengumpulkan dan meneruskan data ke server rumah. Berbeda dengan arsitektur pertama, koneksi antara server pribadi dan rumah

server dilakukan menggunakan teknologi Wireless Wide Area Network (WWAN) seperti 2G, 2.5G, 3G,

dan 4G. Terakhir, server rumah, yang terhubung ke Internet, mengirimkan data ke server yang jauh.

Sekarang, kami menjelaskan secara singkat beberapa teknologi WWAN. Jaringan seluler generasi kedua (2G) mulai digunakan pada awal tahun 1990-an. Jaringan seluler 2G utama, dan yang paling banyak

sukses, sejauh ini, adalah GSM [51,102]. Layanan yang diberikan hanya sebatas suara dan Short Message Service

(SMS).

Yang disebut generasi dua setengah (2.5G atau 2G +) seperti General Packet Radio Service (GPRS)

[52] dan Enhanced Data Rates for GSM Evolution (EDGE) [53,102] menambahkan layanan data paket dan

peningkatan kecepatan data. Generasi ini terutama digunakan untuk akses gaya Internet dan email. Teoritis

kecepatan maksimum dalam sistem GPRS adalah 115 Kbps sedangkan sistem EDGE memberikan teori yang lebih baik

kecepatan maksimum (hingga 384 Kbps) [102].

Namun demikian, pengguna memerlukan akses Internet nirkabel berkecepatan tinggi. Apalagi pengguna ingin bisa

mengakses Internet dari area yang luas. Sistem 3G dapat mendukung multimedia, data, video, dan lainnya

layanan bersama dengan suara. Sistem 3G utama adalah UMTS [54] dan CDMA2000 [55,102]. Itu

penyebaran pertama CDMA2000 dan UMTS terjadi pada tahun 2000–01.

Namun, sistem 3G masih dalam evolusi. Kecepatan data pertama adalah sebesar 1 Mbps.

Saat ini kecepatan data yang jauh lebih tinggi diharapkan baik untuk uplink maupun downlink dengan Kecepatan Tinggi

Downlink Packet Access (HSDPA) dan evolusi High Speed ​​Uplink Packet Access (HSUPA)

[56] (lihat, misalnya, Rilis 7 UMTS). Terlepas dari kecepatan data fisik yang ditampilkan, data tingkat aplikasi

tarif lebih kecil. Misalnya, pada tahun 2007, HSUPA bisa mencapai 1 Mbps untuk File Transfer Protocol

Aplikasi (FTP) [57]. Versi HSUPA yang lebih baru memiliki angka yang lebih tinggi. Langkah selanjutnya setelah 3G adalah

(ternyata) 4G atau yang disebut juga Beyond 3G (B3G).

Long-Term Evolution (LTE) didefinisikan oleh Third Generation Partnership Project (3GPP) Rilis 8 in

2008 adalah teknologi yang sangat menjanjikan yang menyediakan kecepatan data puncak tinggi 163 Mbps dalam bandwidth saluran 10 MHz dan latensi rendah 15 ms [58]. Peningkatan LTE, yang disebut LTE-Advanced

(LTE-A), bertujuan untuk mencapai kecepatan data puncak 1 Gbps untuk memiliki akses generasi keempat (4G)

teknologi. Teknologi ini terus berkembang melalui Rilis 13 yang rencananya akan selesai pada

Maret 2016 meskipun beberapa fitur akan ditambahkan [59]. Rilis ini mencakup fitur-fitur canggih seperti

mendukung Advanced Three Band Carrier Aggregation (tiga di Downlink / satu di Uplink).

Teknologi akses yang berbeda dapat dievaluasi menggunakan tes eksperimental atau alat simulasi.

Perhatikan bahwa alat simulasi berbasis web, yang diusulkan di Referensi. [60], menyediakan lingkungan simulasi dengan

Simulasi Jaringan 2 (NS-2) [61] dan mencakup modul WSN dan Bluetooth yang dapat digunakan secara praktis untuk mengevaluasi teknologi akses yang berbeda untuk jaringan WSN.