

Cross-Layer Design pada Wireless Multimedia Sensor Network berbasis EDCA dan H.264/SVC

Emansa Hasri Putra

Abstract— A new approach in transmission of multimedia application over Wireless Sensor Network (WSN) has developed new technologies, Wireless Multimedia Sensor Network (WMSN). However, multimedia data including audio, video, images and scalar data requires different Quality of Service based on the application. This research proposes a new approach based on cross-layer design concept using H.264/SVC and IEEE 802.11e/EDCA standard to optimize the existing protocols. The result shows that video applications can obtain bandwidth and packets end-to-end delay based on Quality of Service requirement during the transmission process over WMSN. Hence, the cross-layer design concept succeeded in optimizing the video transmission over WMSN.

Intisari— Perkembangan baru dalam transmisi aplikasi multimedia melalui *Wireless Sensor Network* (WSN) telah melahirkan teknologi baru yaitu *Wireless Multimedia Sensor Network* (WMSN). Namun data multimedia seperti audio, video, gambar dan data skalar membutuhkan metrik *Quality of Service* (QoS) yang berbeda berdasarkan kebutuhan aplikasinya. Paper ini membahas suatu pendekatan baru berdasarkan konsep *cross-layer design* menggunakan H.264/SVC dan IEEE 802.11e EDCA untuk mengoptimalkan standar protokol yang sudah ada. Dari hasil yang diperoleh, diketahui bahwa aplikasi video dapat mendapatkan *bandwidth* dan *packets end-to-end delay* yang dibutuhkan berdasarkan syarat *Quality of Service* (QoS) selama proses transmisinya melalui WMSN. Jadi konsep *cross-layer design* telah berhasil mengoptimalkan transmisi video melalui WMSN.

Kata Kunci— *wireless multimedia sensor network, quality of service, cross-layer design.*

I. PENDAHULUAN

Ketersediaan perangkat keras yang murah seperti kamera CMOS dan mikrofon telah mendorong perkembangan *Wireless Multimedia Sensor Network* (WMSN), yaitu jaringan perangkat nirkabel yang saling berhubungan dan mampu mengambil data multimedia dari lingkungan, seperti aliran audio dan video, gambar diam, dan data sensor skalar. Dengan peningkatan kualitas dan kecepatan proses perangkat keras pengolah data serta majunya proses miniaturisasi, sekarang perangkat sensor tunggal dapat dilengkapi dengan modul pengumpulan informasi audio dan visual [1], [2].

WMSN tidak hanya akan meningkatkan aplikasi jaringan sensor yang sudah ada seperti pelacakan, otomatisasi rumah, dan pemantauan lingkungan, tetapi juga akan memungkinkan

adanya beberapa aplikasi baru seperti: jaringan sensor video pengawasan multimedia, sistem kontrol, penegakan hukum, dan pencegahan kemacetan, serta jaringan sensor *telemedicine*.

Jaringan sensor video pengawasan nirkabel akan terdiri atas kamera video mini bertenaga baterai yang saling berhubungan, masing-masing dikemas dalam *transceiver* nirkabel dengan daya rendah yang mampu mengolah, mengirim, dan menerima data. Sensor video dan audio akan digunakan untuk meningkatkan dan melengkapi sistem pengawasan yang ada terhadap kejahatan dan serangan teroris. Jaringan skala besar sensor video dapat membantu lembaga penegak hukum untuk memantau daerah, acara-acara publik, properti pribadi dan perbatasan.

Sistem kontrol, penegakan hukum, dan pencegahan kemacetan dapat memonitor lalu lintas mobil di kota-kota besar atau jalan raya dan memberikan layanan yang menawarkan saran perutean lalu lintas untuk menghindari kemacetan. Selain itu, sistem saran parkir cerdas berdasarkan WMSN akan memungkinkan pemantauan ruang parkir yang tersedia dan menyediakan bagi pengemudi nasihat parkir otomatis [3].

Jaringan sensor *telemedicine* dapat diintegrasikan dengan jaringan multimedia 3G untuk memberikan layanan kesehatan di mana saja. Pasien akan membawa sensor medis untuk memantau parameter seperti suhu tubuh, tekanan darah, oksimetri nadi, EKG, dan aktivitas pernapasan [4].

WMSN, yang terdiri atas perangkat-perangkat sensor yang dilengkapi dengan modul pengumpulan informasi audio dan visual, dapat memiliki kemampuan mengambil data multimedia, menyimpan atau mengolah data secara *real-time*, menghubungkan dan memadukan data *multimedia* yang berasal dari sumber-sumber *heterogen*, dan secara nirkabel mengirimkan data yang terkumpul ke tujuan yang diinginkan. Selain itu, WMSN juga dirancang untuk melakukan aplikasi-aplikasi *real-time* yang menuntut tenggat waktu yang ketat, *delay* rendah, *throughput* yang tinggi, dan kehandalan serta untuk aplikasi-aplikasi tidak *real-time* yang membutuhkan *bandwidth* menengah atau tinggi. Namun, ada tantangan umum bagi WMSN, yaitu usaha untuk mencapai syarat *Quality of Service* (QoS) yang ditentukan [5].

Pada beberapa literatur, telah dituliskan beberapa penelitian terkait dengan transmisi multimedia melalui *wireless sensor network* (WSN) dan WMSN. Pengujian protokol IEEE 802.15.4/ZigBee dilakukan untuk menguji jarak dan waktu gabung protokol di lingkungan *indoor* [6]. Pada penelitian lain, penerapan WSN di Pusat Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMh) dalam pengoperasian SCADA mampu mempermudah instalasi dan meningkatkan kehandalan komunikasi [7]. Survey dan klasifikasi *wireless video sensor node platforms*

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Caltex Riau, Jl. Umban Sari No 1 Rumbai, Pekanbaru, INDONESIA (telp: 0761- 53939; e-mail: emansa@pcr.ac.id)

(WWSNPs) juga telah dibuat ke dalam arsitektur tujuan umum [8].

Kebutuhan yang unik akan WMSN menimbulkan tantangan baru untuk mengoptimasi protokol-protokol yang sudah ada. Data multimedia, termasuk audio, video, gambar dan data skalar, juga transmisi secara *real-time* dan tidak *real-time* mungkin membutuhkan metrik QoS yang berbeda berdasarkan pada aplikasinya.

Di paper ini, suatu pendekatan baru dalam hal transmisi aplikasi video yang melalui WMSN dilaksanakan untuk memberikan jaminan *bandwidth* (QoS) terhadap permintaan koneksi pada aplikasi video. Pendekatan ini menggunakan konsep *cross-layer design* berdasarkan pada H.264/SVC dan IEEE 802.11e *Enhanced Distributed Channel Access* (EDCA) untuk mengoptimalkan standar protokol yang sudah ada sekarang. Dari hasil yang diperoleh, diketahui bahwa aplikasi video dapat memperoleh *bandwidth* yang dibutuhkan berdasarkan syarat QoS selama proses transmisinya melalui WMSN.

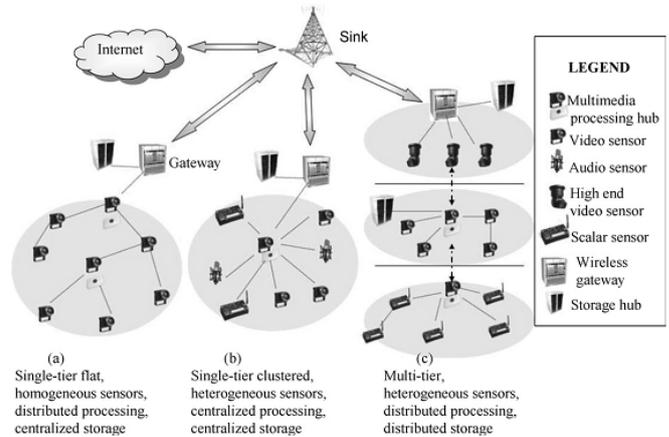
Paper ini diorganisasikan menjadi sebagai berikut. Konsep umum sistem WMSN mencakup WSN, H.264/SVC, dan jaringan nirkabel IEEE 802.11e EDCA dijelaskan di bagian II. Bagian III menjelaskan *cross-layer design* pada WMSN. Hasil simulasi dan analisis dijelaskan di bagian IV, kemudian kesimpulan disampaikan di bagian V.

II. SISTEM WIRELESS MULTIMEDIA SENSOR NETWORK

A. Wireless Sensor Network (WSN)

WSN merupakan suatu sistem pemantauan berbasis teknologi nirkabel yang dapat melakukan pembacaan data pada sebuah sensor atau lebih. Sistem pemantauan ini terdiri atas beberapa *cluster*, dengan tiap *cluster* terdiri atas beberapa sensor. Hasil pembacaan sensor pada tiap *cluster* tersebut akan dikirimkan secara nirkabel dan ditampilkan pada sebuah grafik pada *client*. WSN adalah suatu infrastruktur jaringan nirkabel yang menggunakan sensor untuk memantau fisik atau kondisi lingkungan sekitar, seperti suhu, suara, getaran, gelombang elektromagnetik, tekanan, gerakan, dan lain-lain. Masing-masing *node* dalam WSN biasanya dilengkapi dengan radio *transceiver* atau alat komunikasi nirkabel lainnya, mikrokontroler kecil, dan sumber energi, biasanya baterai. Teknologi WSN memungkinkan peneliti untuk mendapatkan informasi yang maksimal tanpa harus berada di area sensor. Pada Gbr. 2 diperkenalkan arsitektur referensi untuk WMSN, dengan tiga jaringan sensor yang karakteristiknya berbeda-beda, dan mungkin ditempatkan di lokasi fisik yang berbeda pula. Awan pertama di sebelah kiri menunjukkan jaringan lapisan tunggal sensor-sensor video homogen. Satu bagian sensor-sensor yang dikerahkan memiliki kemampuan pemrosesan yang lebih tinggi, dan disebut sebagai *hub* pengolahan (*processing hub*). Gabungan beberapa *hub* pengolahan merupakan sebuah arsitektur pengolahan terdistribusi. Data multimedia yang dikumpulkan diteruskan ke *gateway* nirkabel melalui sebuah jalur *multihop*. *Gateway* tersebut dihubungkan ke sebuah *hub* penyimpanan (*storage hub*), yang bertugas menyimpan data multimedia lokal untuk

pengambilan berikutnya. Arsitektur-arsitektur yang lebih kompleks untuk penyimpanan terdistribusi dapat diimplementasikan bila lingkungan dan kebutuhan-kebutuhan aplikasi memungkinkannya. Hal ini dapat berdampak pada penghematan energi karena dengan penyimpanan secara lokal, data multimedia tidak perlu diteruskan secara nirkabel ke lokasi-lokasi terpencil (*remote*). *Gateway* nirkabel juga terhubung ke sebuah *sink* pusat (*central sink*), yang mengimplementasikan *front-end* perangkat lunak untuk *tasking* dan *query* jaringan.



Gbr. 1 Arsitektur referensi WMSN [1].

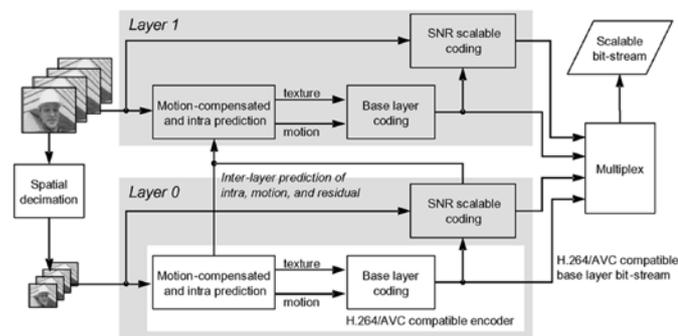
Awan kedua merupakan arsitektur *cluster single-tier* sensor heterogen (hanya satu *cluster* digambarkan). Sensor video, audio, dan skalar mengirimkan data ke *clusterhead* pusat, yang juga bertugas melakukan pengolahan multimedia intensif pada data (*hub* pengolahan). Kemudian *clusterhead* mengirimkan data yang terkumpul ke *gateway* nirkabel dan ke *hub* penyimpanan. Awan terakhir di sebelah kanan adalah jaringan *multi-tier* dengan sensor-sensor heterogen. Tiap tingkatan bertanggung jawab atas satu bagian fungsi. Sensor-sensor skalar yang berdaya rendah dan sumber daya terbatas bertanggung jawab melakukan tugas-tugas sederhana, seperti mendeteksi pengukuran fisik skalar, sedangkan perangkat daya tinggi dan kaya sumber daya bertanggung jawab untuk tugas-tugas yang lebih kompleks. Pengolahan dan penyimpanan data dapat dilakukan dengan didistribusikan di setiap tingkatan yang berbeda [1].

B. Standar H.264/Scalable Video Coding (SVC)

Standar Scalable Video Coding (SVC) merupakan perkembangan H.264/AVC yang secara luas digunakan untuk transmisi video seperti *multimedia messaging*, *video telephony*, *video conference*, *Mobile TV*, dan aplikasi *mobile*. SVC menyediakan kemampuan skalabilitas untuk meningkatkan fitur-fitur sistem pengkodean video sebelumnya seperti H.262/MPEG-2, H.263, MPEG-4, dan H.264/AVC. Sebagai tambahan, SVC memiliki kemampuan adaptasi terhadap kondisi-kondisi jaringan nirkabel dan keanekaragaman perangkat penerima.

Bentuk-bentuk umum skalabilitas meliputi *temporal*, *spatial*, dan *quality scalability*. *Spatial scalability* merupakan suatu teknik pengkodean video dengan cara mengurangi

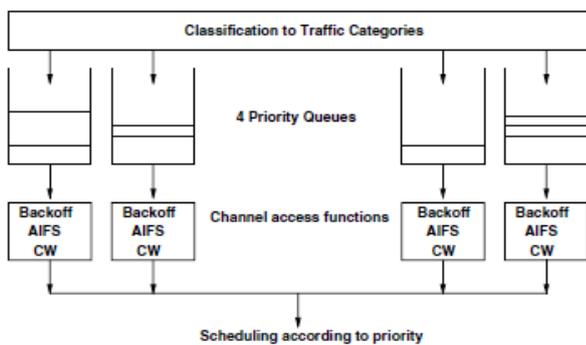
ukuran gambar (*spatial resolution*) sumber video. *Temporal scalability* berarti beberapa bagian aliran bit video dikurangi, dalam hal ini *frame rate* (*temporal resolution*). Kemudian, *quality scalability* merupakan suatu teknik pengkodean video dengan resolusi *spatio-temporal* sumber video masih tetap, tetapi ketepatan (*fidelity*) dikurangi. Gbr. 2 menunjukkan konsep dasar SVC yang merupakan kombinasi *temporal*, *spatial*, dan *quality scalability* [9].



Gbr. 2 Struktur SVC encoder [9]

C. Enhanced Distributed Channel Access (EDCA)

Standar IEEE 802.11e telah mengeluarkan suatu metode akses saluran baru yaitu *Enhanced Distributed Channel Access* (EDCA) di lapisan *datalink* protokol OSI. Metode ini bertujuan untuk mendukung QoS melalui penyediaan kelas-kelas prioritas yang dibagi ke dalam empat kategori akses (*access categories*, AC). *Access point* (AP) dan *wireless station* yang telah mendukung standar IEEE 802.11e dinamakan *QoS-enhanced AP* (QAP) dan *QoS-enhanced station* (QSTA) [10].



Gambar 3. Model IEEE 802.11e EDCA [11]

EDCA terdiri atas empat kategori akses, yang berfungsi untuk, berturut-turut mulai dari prioritas tertinggi sampai prioritas terendah, mendukung trafik *voice* (AC_VO), video (AC_VI), *best effort* (AC_BE), dan *background* (AC_BK), seperti diperlihatkan pada Gbr. 3. Tabel I menunjukkan hubungan antara prioritas *user* dan kategori akses, mulai dari prioritas terendah sampai prioritas tertinggi.

Tiap kategori akses di EDCA memiliki nilai *Arbitrary Interframe Space* (AIFS), *Minimum Contention Windows* (CW_{min}), *Maximum Contention Windows* (CW_{max}), dan

Transmission Opportunity (TXOP) tersendiri, yaitu kepada prioritas tertinggi akan diberikan nilai terendah pada AIFS, CW_{min} , dan CW_{max} . serta nilai tertinggi pada TXOP, sehingga memperoleh kesempatan pertama untuk melakukan akses saluran. Sedangkan untuk prioritas terendah adalah proses kebalikannya, seperti digambarkan di Gbr. 3 [11].

TABEL I
PRIORITAS USER DAN KATEGORI AKSES [11]

Priority	User Priority	802.1D Designation	Access Category	Designation
Lowest	1	BK	AC_BK	Background
	2	-	AC_BK	Background
	0	BE	AC_BE	Best Effort
	3	EE	AC_BE	Video
	4	CL	AC_VI	Video
	5	VI	AC_VI	Video
	6	VO	AC_VO	Voice
	Highest	7	NC	AC_VO

III. CROSS-LAYER DESIGN PADA WMSN

Konsep *cross-layer design* adalah paradigma baru untuk mengoptimasi lapisan OSI yang ada. Tiap lapisan protokol OSI memiliki tugas dan layanan yang bebas satu sama lain dan tidak ada komunikasi langsung antar lapisan yang berdekatan. *Cross-Layer Design* memungkinkan tersedianya ketergantungan dan komunikasi antar lapisan untuk memilih solusi yang optimal. Optimasi ini diperlukan untuk adaptasi terhadap lingkungan nirkabel dan mendukung QoS pada aplikasi video dalam WMSN.

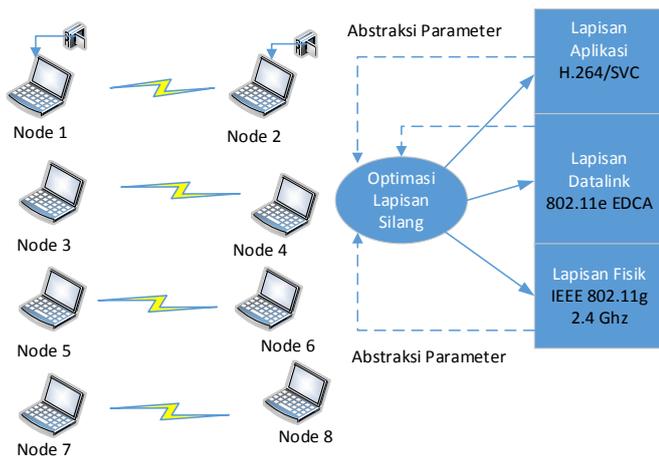
Konsep *cross-layer design* dapat dibagi ke dalam tiga ide utama sebagai berikut [12]:

1. Abstraksi parameter. Informasi yang perlu dikumpulkan dari lapisan aplikasi, *datalink*, dan fisik melalui suatu proses abstraksi parameter. Proses ini memilih parameter spesifik lapisan protokol yang ada ke dalam parameter yang mungkin untuk dilaksanakan optimasi *cross-layer*, sehingga dinamakan parameter *cross-layer*.
2. Optimasi *cross-layer*. Terhadap parameter yang diperoleh dari abstraksi parameter kemudian dilakukan proses optimasi untuk mendapatkan suatu tujuan tertentu.
3. Distribusi keputusan. Hasil optimasi *cross-layer* kemudian didistribusikan kembali ke lapisan-lapisan yang berhubungan.

Seperti diperlihatkan pada Gbr. 4, simulasi NS2 yang dilaksanakan terdiri atas empat pasang *node* sensor yang terhubung melalui WMSN. Salah satu pasang *node* sensor dilengkapi dengan kamera video dan mengirimkan video H.264/SVC.

Untuk memberikan jaminan *throughput* transmisi video melalui WMSN dan sebaliknya, proses *cross-layer design* dilakukan pada protokol nirkabel yang ada, yaitu lapisan aplikasi, *datalink*, dan fisik. Informasi penting dari ketiga lapisan tersebut dikumpulkan melalui suatu proses abstraksi parameter, kemudian dioptimasi untuk memenuhi syarat QoS

transmisi video. Hasil optimasi diimplementasikan kembali ke lapisan aplikasi, *datalink*, dan fisik.



Gbr. 4 *Cross-Layer Design* pada WMSN untuk transmisi video.

H.264/SVC digunakan sebagai teknik pengkodean video di lapisan aplikasi karena standar ini memiliki kemampuan untuk mendukung teknologi yang ada sekarang seperti *digital television*, *animated graphics*, dan aplikasi multimedia. Implementasinya menggunakan *bit rate* yang rendah di jaringan nirkabel sehingga dapat diakses dengan mudah oleh perangkat penerima yang beraneka ragam. Pada lapisan *datalink*, standar IEEE 802.11e/EDCA digunakan sebagai metode akses saluran baru di lapisan *datalink* protokol OSI. Sementara di lapisan fisik, standar IEEE 802.11g digunakan pada perangkat-perangkat *wireless-LAN* (WLAN) yang saat ini banyak tersedia. Standar ini beroperasi di frekuensi 2,4 GHz dan mendukung standar WLAN sebelumnya seperti 802.11a and 802.11b [13].

IV. SIMULASI DAN HASIL

Simulasi dilaksanakan menggunakan *software* simulasi NS2 [14] dan terdiri atas empat cara. Pertama, empat trafik data dengan ukuran paket 512 byte dikirimkan melalui WMSN dengan kecepatan 600 kbps tanpa menggunakan metode *cross-layer design*. Trafik data pertama, kedua, ketiga, dan keempat dibangkitkan secara berturut-turut pada waktu 1,4 s, 10 s, 20 s, dan 30 s dan simulasi berakhir pada waktu 80s. Selama simulasi berlangsung dilakukan pengukuran *throughput*, *packet end-to-end delay* dan *packet drop rate*.

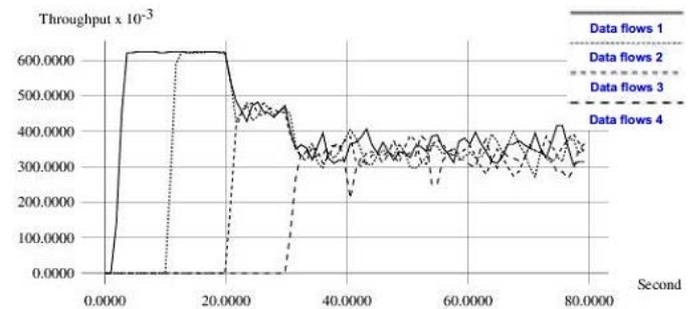
Kedua, empat trafik data dengan ukuran paket 512 byte dikirimkan melalui WMSN dengan kecepatan 600 kbps menggunakan metode *cross-layer design*. Trafik data pertama, kedua, ketiga, dan keempat dibangkitkan secara berturut-turut pada waktu 1,4 s, 10 s, 20 s, dan 30 s dan simulasi berakhir pada waktu 80 s. Selama simulasi berlangsung dilakukan pengukuran *throughput*, *packet end to end delay* dan *packet drop rate*.

Ketiga, satu video H.264/SVC berjudul Foreman dari *node* sensor 1 ke *node* sensor 2, dan tiga trafik data dari *node* sensor lainnya dikirimkan melalui WMSN tanpa menggunakan metode *cross-layer design*. Selama simulasi berlangsung

dilakukan pengukuran *throughput*, *packet end-to-end delay* dan *packet drop rate*.

Keempat, satu aliran video H.264/SVC “Foreman” dari *node* sensor 1 ke *node* sensor 2, dan tiga trafik data dari *node* sensor lainnya dikirimkan melalui WMSN menggunakan metode *cross-layer design*. Selama simulasi berlangsung dilakukan pengukuran *throughput*, *packet end-to-end delay* dan *packet drop rate*.

Gbr. 5 menunjukkan nilai *throughput* empat trafik data dengan ukuran paket 512 byte ketika melalui WMSN dengan metode EDCA dinonaktifkan.

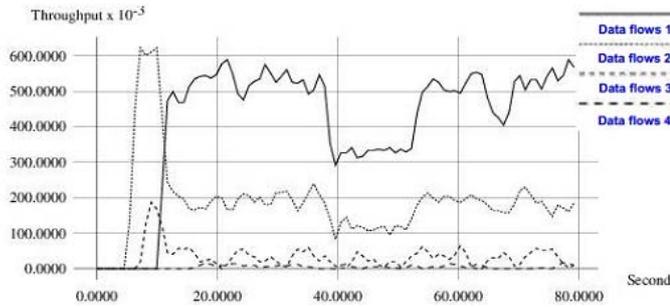


Gbr. 5 Nilai *throughput* empat trafik data tanpa EDCA melalui WMSN

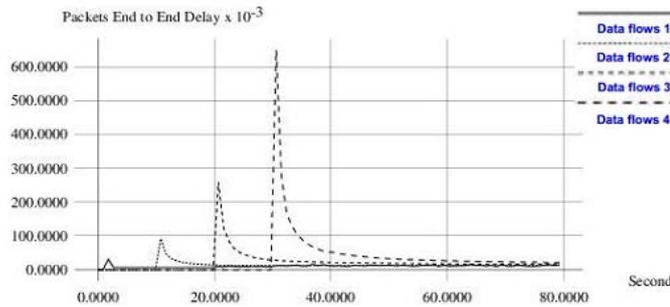
Node sensor 1 mulai mentransmisikan paket data pada saat $T = 1,4$ s, dan *node* sensor 2 mentransmisikan paket data pada $T = 10$ s. Selama periode waktu 1,4 s sampai 10 s, hanya *node* sensor 1 yang mentransmisikan paket data dan menggunakan seluruh *bandwidth* yang tersedia. Pada waktu $T = 10$ s, *node* sensor 2 mulai mentransmisikan paket data dan menyebabkan terjadinya berbagi saluran dengan *node* sensor 1. Pada waktu $T = 20$ s, *node* sensor 3 mulai mentransmisikan paket data dan menyebabkan terjadinya berbagi saluran dengan *node* sensor 1 dan 2. Pada saat ini mulai terjadi pengurangan nilai *throughput* menjadi di bawah 500 kbps. Pada waktu $T = 30$ s, *node* sensor 4 mulai mentransmisikan paket data dan menyebabkan adanya berbagi saluran *bandwidth* dengan *node* sensor lainnya. Pada saat ini nilai *throughput* mulai tidak stabil dan berisilasi, serta sempat menyentuh nilai 200 kbps. Hal ini berarti jumlah *node* sensor yang meningkat akan menyebabkan penurunan nilai *throughput* dan juga menyebabkan osilasi pada keluaran *throughput*.

Gbr. 6 menunjukkan nilai *throughput* empat trafik data dengan ukuran paket 512 byte ketika melalui WMSN dengan metode EDCA diaktifkan. Pada simulasi ini, *node* sensor 1 diberi prioritas pertama untuk mentransmisikan paket data, *node* sensor 2 diberi prioritas kedua, *node* sensor 3 diberi prioritas ketiga, dan *node* sensor 4 diberi prioritas keempat. Meskipun *node* sensor 1 mulai mentransmisikan paket data pada $T = 10$ s, tetapi langsung mendapat prioritas pertama untuk mendapatkan saluran *bandwidth*, dan *throughput* cenderung stabil dibandingkan trafik data lainnya sampai selesai simulasi.

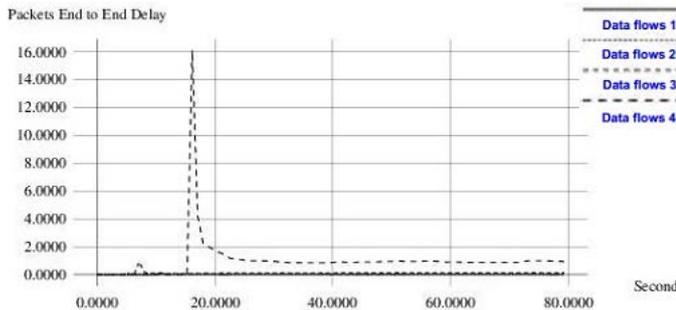
Gbr. 7 menunjukkan nilai *packets end-to-end delay* empat trafik data dengan ukuran paket 512 byte ketika melalui WMSN dengan metode EDCA dinonaktifkan. Ketika jumlah *node* sensor meningkat untuk berbagi menggunakan *bandwidth*, *delay* juga meningkat secara signifikan.



Gbr. 6 Nilai throughput empat trafik data dengan EDCA melalui WMSN



Gbr. 7 Nilai packets end-to-end delay empat trafik data tanpa EDCA melalui WMSN



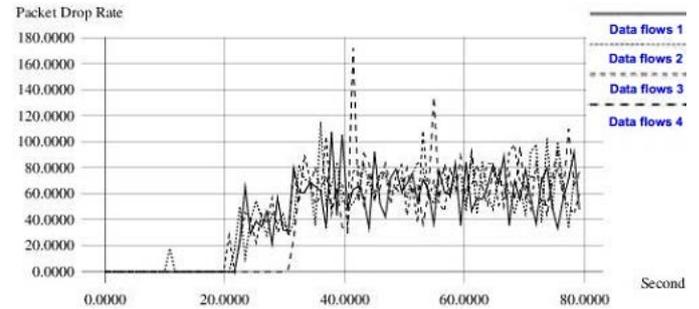
Gbr. 8 Nilai packets end-to-end delay empat trafik data dengan EDCA melalui WMSN

Gbr. 8 menunjukkan nilai *packets end-to-end delay* empat trafik data dengan ukuran paket 512 byte ketika melalui WMSN dengan metode EDCA diaktifkan. Ketika jumlah *node sensor* meningkat untuk berbagi menggunakan *bandwidth*, nilai *delay node* sensor 1 tetap rendah karena mendapatkan prioritas pertama dari metode EDCA.

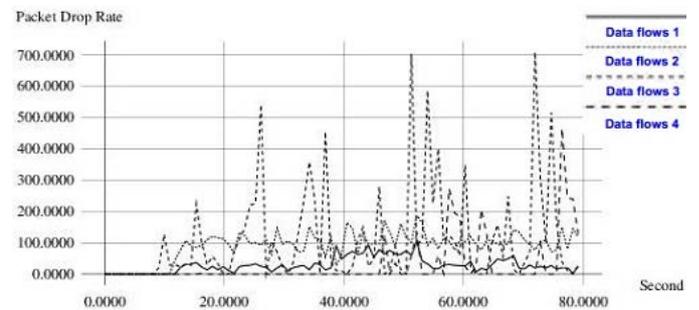
Gbr. 9 menunjukkan nilai *packets drop rate* empat trafik data dengan ukuran paket 512 byte ketika melalui WMSN dengan metode EDCA dinonaktifkan. Selama periode $T = 1,4s$ hingga $T = 10 s$, nilai *packets drop rate* adalah 0 karena hanya *node sensor* 1 yang mentransmisikan paket data dan menggunakan seluruh *bandwidth* yang tersedia. Pada $T = 20 s$, nilai *packets drop rate* semakin meningkat karena jumlah *node sensor* yang mentransmisikan paket data bertambah dan menyebabkan berbagi saluran *bandwidth*.

Gbr. 10 menunjukkan nilai *packets drop rate* empat trafik data dengan ukuran paket 512 byte ketika melalui WMSN

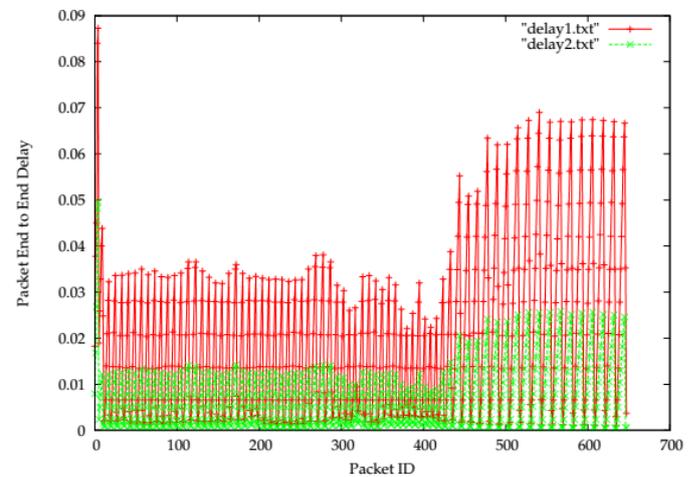
dengan metode EDCA diaktifkan. Pada waktu $T = 10 s$, nilai *packets drop rate* meningkat karena jumlah *node sensor* yang mentransmisikan paket data bertambah dan menyebabkan persaingan untuk berbagi saluran *bandwidth*. Nilai *packets drop rate* untuk *node sensor* 1 cenderung stabil yaitu dibawah 100 dibandingkan dengan nilai *packets drop rate node sensor* lainnya.



Gbr 9 Nilai packet drop rate empat trafik data tanpa EDCA melalui WMSN



Gbr. 10 Nilai packet drop rate empat trafik data dengan EDCA melalui WMSN



Gbr. 11 Nilai packets end-to-end delay transmisi video H.264/SVC melalui WMSN

Gbr. 11 menunjukkan nilai *packets end-to-end delay* satu aliran video H.264/SVC “Foreman” dari *node sensor* 1 ke *node sensor* 2 ketika metode EDCA tidak aktif dan aktif. Ketika metode EDCA aktif, aliran video H.264/SVC “Foreman” yang memiliki prioritas tinggi tampak memiliki nilai *packets end-to-end delay* yang lebih rendah, yaitu sekitar 0,02 s (ditunjukkan dengan grafik berwarna hijau) selama

transmisinya melalui WMSN. Hal ini dikarenakan skema EDCA menghubungkan paket-paket video dengan kategori akses 1 (AC1), yang memberikan kesempatan akses saluran *bandwidth* yang lebih besar. Pada skema EDCA, AC1 memiliki prioritas lebih tinggi, dan AC1 ditetapkan dengan nilai CWmin, CWmax, dan AIFS yang lebih kecil, serta nilai TXOP yang lebih besar untuk mempengaruhi kesempatan transmisi yang berhasil.

V. KESIMPULAN

Suatu konsep *cross-layer design* pada WMSN telah digunakan untuk mengirimkan empat aliran trafik dengan prioritas berbeda, dan transmisi video dengan jaminan QoS. Konsep ini telah disimulasikan dalam lingkungan *software* simulasi NS2. Hasil simulasi menunjukkan bahwa konsep *cross-layer design* dapat mencapai kinerja lebih baik dalam hal *throughput*, *packets end-to-end delay*, dan *packet drop rate* dibandingkan dengan WSN standar. Terlihat juga bahwa aliran video H.264/SVC "Foreman" memiliki nilai *packets end-to-end delay* yang lebih rendah, yaitu sekitar 0,02 s selama transmisinya melalui WMSN. Jadi konsep *cross-layer design* telah berhasil mengoptimalkan transmisi video H.264/SVC melalui WMSN.

REFERENSI

- [1] I.F. Akyildiz et al., A survey on wireless multimedia sensor networks, *Comput. Netw.* (2006), doi:10.1016/j.comnet.2006.10.002.
- [2] S. Misra, M. Reisslein, G. Xue, A survey of multimedia streaming in wireless sensor networks, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, Vol. 10, No. 4, 2008.
- [3] J. Campbell, P.B. Gibbons, S. Nath, P. Pillai, S. Seshan, R. Sukthankar, IrisNet: an Internet-scale architecture for multimedia sensors, in: *Proc. of the ACM Multimedia Conference*, 2005.
- [4] F. Hu, S. Kumar, Multimedia query with QoS considerations for wireless sensor networks in telemedicine, in: *Proc. of Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers –Intl. Conf. on Internet Multimedia Management Systems*, Orlando, FL, September 2003.
- [5] S. Ehsan, and B. Hamdaoui, A Survey on Energi-Efficient Routing Techniques with QoS Assurances for Wireless Multimedia Sensor Networks, *IEEE Communications Survey and Tutorial*, Vol.14, No.2, 2012.
- [6] Joni, Koko, Risanuri Hidayat, and Sujoko Sumaryono. "Pengujian Jarak dan Waktu Gabung Protokol IEEE 802.15. 4/ZigBee di Lingkungan Indoor." *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (JNTETI)* 1.2 (2012).
- [7] Firman, Beny. "Implementasi Komunikasi Data Berbasis ZigBee pada SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) PLTMh." *Jurnal Teknologi* 5.2 (2012).
- [8] A. Seema and M. Reisslein, Towards Efficient Wireless Video Sensor Networks: A Survey of Existing Node Architectures and Proposal for A Flexi-WVSNP Design, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, Vol. 13, No. 3, 2011.
- [9] H. Schwarz, D. Marpe, and T. Wiegand, "Overview of Scalable Video Coding Extension of The H.264/AVC Standard", *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol 17 No 9, September, 2007.
- [10] Q. Ni, T. Turletti, "QoS Support for IEEE 802.11 Wireless LAN". http://www-sop.inria.fr/planete/qni/802.11_QoS_qni.pdf.
- [11] H. Kim, J. C.Hou, C. Hu, and Y. Ge, "QoS Provisionings in IEEE 802.11-complaint Networks", Elsevier, 2006.
- [12] Y. Chen, J. Feng, K. T. Lo, X. Zhang, "Wireless Multimedia Systems: Cross Layer Considerations", Taylor & Francis Group, LLC, 2008.
- [13] H. Labiod, H. Afifi, and C. Santis, "Wi-Fi Bluetooth Zigbee WiMAX", Springer, 2007.
- [14] C. H. Ke, (2014), "How to do H.264 SVC transmission simulations?", [Online], <http://csie.nqu.edu.tw/smallko/ns2/svc.htm>