

Sistem Deteksi Posisi Gajah Berbasis Frekuensi Radio

Agus Urip Ari Wibowo¹, Rizki Dian Rahayani², Arif Gunawan³, Wahyuni Khabzli⁴

Abstract— This paper is motivated by the human-elephant conflict that often occurs due to the narrowing of the elephant habitat caused by industrial and residential interests. In addition, the habitat breadth and the lack of elephant keepers also becomes a consideration. In this paper, we propose an elephant detector using radio frequency. The detector using KYL-200L as transmitter is mounted on the elephant necklace and the sensor nodes as transceivers are installed at some point in the outer boundaries of the elephant habitat. When an elephant is moving within the sensor node radius, the node will send information to the server to be displayed on surveillance computer, and an alert will be sent via SMS to the elephant keeper. The result shows that the maximum communication distance range obtained is 190 m, depending on the propagation and geographical location of the nodes. The average delay of SMS sending is 4.74 seconds depending on providers' traffic service. The differences on the elephant position detection caused by SMS delay are insignificant compared to the radius of the nodes and the elephant habitat.

Intisari— Penulisan makalah ini dilatarbelakangi oleh konflik gajah dan manusia yang sering terjadi seiring dengan menyempitnya habitat gajah karena kepentingan industri dan pemukiman. Selain itu luasnya habitat gajah dan kurangnya tenaga pengawas gajah juga menjadi pertimbangan. Pada makalah ini dibuat alat deteksi keberadaan gajah berbasis frekuensi radio. *Node* sensor menggunakan KYL-200L dipasang pada kalung gajah sebagai *transmitter*, dan *node* sensor sebagai *transceiver* dipasang pada beberapa titik di batas luar habitat gajah. Ketika gajah bergerak dalam radius *node* sensor, *node* sensor akan mengirimkan data pembacaan ke *server* untuk ditampilkan pada komputer pemantau maupun SMS ponsel pemantau. Dari pengukuran hasil implementasi sensor diperoleh jarak jangkauan maksimal komunikasi *transmitter* dan *transceiver* adalah 190 m, bergantung pada propagasi dan letak geografis. *Delay* rata-rata pengiriman SMS adalah sebesar 4,74 detik, bergantung pada trafik operator selular. Perbedaan deteksi posisi gajah karena *delay* SMS tidak signifikan dibandingkan radius *node* maupun luas habitat gajah.

Kata Kunci— frekuensi radio, KYL-200L, konflik gajah dengan manusia, SMS.

I. PENDAHULUAN

Jumlah populasi gajah terutama gajah Sumatera mengalami penurunan yang signifikan. Pada tahun 2015 populasi gajah Sumatera diperkirakan hanya 2.400 hingga 2.800 ekor. Sejak lima tahun terakhir, 13 dari 56 habitat gajah telah punah [1], [2].

Pengembangan industri, perumahan, perkebunan, dan perburuan gading adalah faktor penyebab kepunahan gajah [3], [4], [5], [6] dan hilangnya habitat gajah. Di Sumatera,

pengembangan perkebunan sawit telah mendorong terjadinya konflik manusia-satwa yang berdampak pada pembantaian dan penangkapan gajah secara besar-besaran, karena gajah dianggap sebagai hama pemakan pohon sawit dan perusak lahan sawit.

Perusakan tanaman yang diakibatkan oleh gajah hanya terjadi di sepanjang lintasan gajah saja. Gajah merupakan hewan berkelompok yang berjalan dalam lintasan yang tetap 16 jam per hari [7] dengan 80% per hari digunakan untuk makan [8].

Upaya pencegahan konflik gajah dengan manusia dilakukan dengan patroli keliling untuk mengarahkan gajah-gajah liar kembali ke hutan apabila gajah memasuki ladang maupun kebun milik masyarakat. Namun upaya ini dinilai kurang efisien mengingat terbatasnya sumber daya manusia dibanding luas habitat gajah.

Berdasarkan hal di atas, perlu adanya suatu sistem deteksi otomatis keberadaan gajah yang dapat menjangkau daerah yang luas. Sistem deteksi keberadaan gajah sudah pernah dikembangkan antara lain menggunakan GPS [9], sensor cahaya menggunakan laser yang terpasang di antara pohon [10], maupun deteksi dengan menggunakan sensor getaran yang dipasang di tanah [11], [12]. Sistem deteksi yang telah dibuat tersebut mempunyai kelemahan pada tingginya biaya pemasangan dan kurang efektif untuk populasi habitat yang besar [13].

Kelemahan sistem deteksi otomatis yang telah dibuat merupakan latar belakang penulisan makalah ini. Dalam penelitian ini dibuat suatu sistem deteksi otomatis keberadaan gajah yang berada pada suatu daerah tertentu menggunakan komunikasi frekuensi radio. Cara ini cukup efektif untuk diterapkan pada populasi gajah yang besar karena sensor berupa *transmitter* kalung dipasang pada ketua kelompok gajah yang terdiri atas 20 - 35 ekor. *Transceiver* berupa *node* sensor dipasang di batas terluar habitat gajah. Jika gajah keluar dari lintasan gajah dan mendekati batas terluar habitat, *transceiver* akan membaca keberadaan gajah.

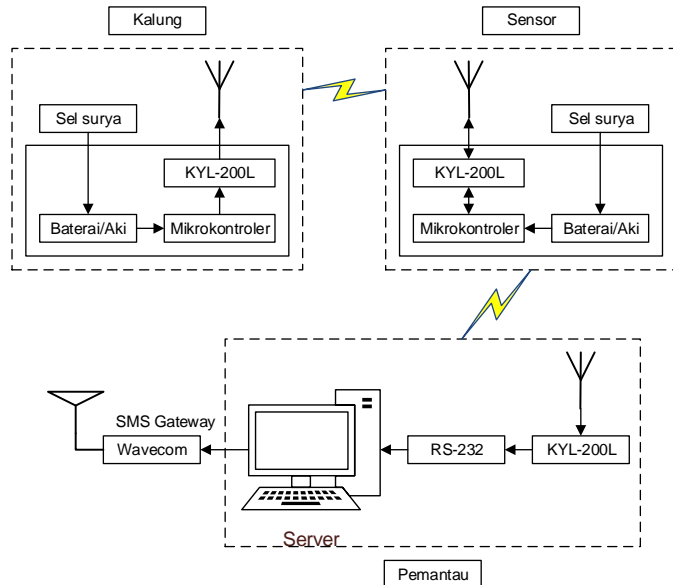
II. PERANCANGAN

Sistem deteksi yang diusulkan dalam makalah ini berbasis komunikasi radio antara sensor yang terpasang di kalung gajah sebagai *transmitter* dan empat buah *node* sensor sebagai *transceiver* yang diletakkan pada beberapa lokasi lintasan gajah di batas terluar habitat gajah. *Transmitter* akan terus mengirimkan data ke *node* sensor apabila *transmitter* berada dalam jangkauan frekuensi radio *transceiver*. Data yang dikirimkan inilah yang digunakan sebagai penanda bahwa gajah berada di sekitar *node* sensor tertentu. Data yang terima *node* sensor dikirimkan menggunakan topologi *mesh* ke *node* sensor berikutnya hingga ke komputer *server* yang berada di ruang pengawas habitat gajah. Data kemudian ditampilkan pada komputer pemantau dan dikirimkan kepada petugas

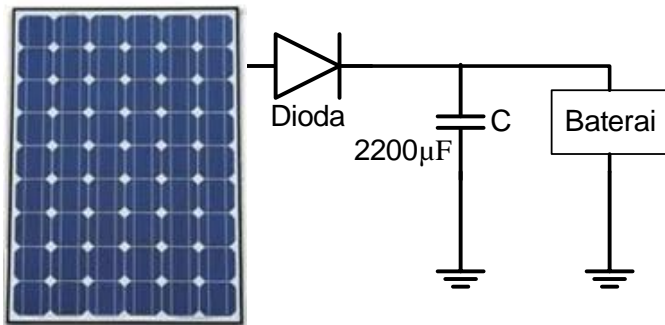
^{1, 2, 3, 4} Politeknik Caltex Riau, Jalan Umban Sari (Patin) No. 1, Rumbai, Pekanbaru, 28265 INDONESIA (telp. 0761-53939; fax: 0761-554224; e-mail: ¹agus@pcr.ac.id, ²uki@pcr.ac.id, ³agus@pcr.ac.id, ⁴ayu@pcr.ac.id)

pemantau di lapangan berupa SMS peringatan dini keberadaan gajah.

Arsitektur dasar sistem deteksi gajah ditunjukkan pada Gbr. 1. Pada Gbr. 1 terlihat bahwa pada kalung dan sensor terdapat energi mandiri menggunakan sel surya (*solar cell*). Rangkaian energi dapat dilihat pada Gbr. 2. Diagram blok kalung dan sensor dapat dilihat pada Gbr. 3, dan diagram blok pemantau dapat dilihat pada Gbr. 4.



Gbr. 1 Arsitektur dasar sistem deteksi keberadaan gajah.

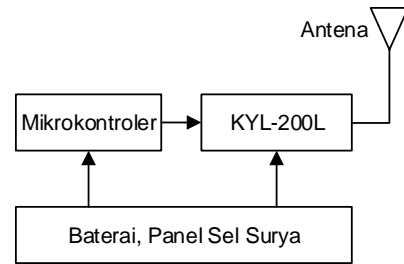


Gbr. 2 Rangkaian energi mandiri.

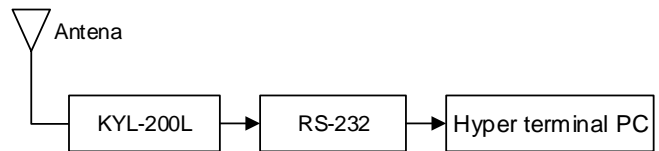
Rancangan kerja sistem deteksi keberadaan gajah adalah sebagai berikut:

- *Transmitter* dan *transceiver* yang digunakan adalah KYL-200L yang mempunyai frekuensi kerja 400 - 470 MHz dengan jangkauan maksimum 2 Km pada kondisi *line of sight* dan pesat data 9600 bps. Konsumsi daya KYL-200L tergolong rendah, sekitar 500 mW, sehingga diasumsikan dalam 24 jam daya maksimum yang dibutuhkan sekitar 12 Wh. [14]
- Energi mandiri sel surya digunakan sebagai catu daya alat karena diimplementasikan di dalam hutan. Terdapat dua jenis sel surya yang digunakan sebagai sumber energi mandiri, yaitu empat mini sel surya pada kalung gajah yang dapat menghasilkan daya 2 Wh dan dua sel surya pada *node* sensor yang menghasilkan daya

maksimum 80 Wh, seperti yang ditunjukkan pada Tabel I.



Gbr. 3 Diagram blok kalung dan sensor.



Gbr. 4 Diagram blok pemantau.

TABEL I
JANGKAUAN MAKSIMUM *NODE* SENSOR

Spesifikasi	Makro	Mini
Daya maksimum	40 W	0,5 W
Open circuit voltage (Voc)	22 V	7,2 V
Short circuit current (Isc)	2,75 A	0,095 A
Max. Power voltage (Vmp)	18 V	6 V
Max. Power current (Imp)	2,22 A	0,085 A



Gbr. 5 Implementasi *transmitter* KYL-200L sebagai sensor pada kalung gajah.



Gbr. 6 Implementasi KYL-200L pada *node transceiver* yang dipasang pada titik terluar habitat gajah.



Gbr. 7 Implementasi KYL-200L pada node receiver yang dipasang pada server.

Gbr. 5, Gbr. 6, dan Gbr. 7 menunjukkan implementasi transmitter dan transceiver KYL-200L.

III. PENGUJIAN DAN HASIL

Pengujian dilakukan di daerah dengan tingkat redaman yang lebih besar daripada hutan. Besar eksponen *path loss* untuk area dengan pepohonan yang besar rapat yang diasumsikan hutan sekitar 3,5250, sedangkan eksponen *path loss* untuk area dengan pepohonan yang berjarak renggang dan berumput tinggi mencapai 3,7596 [15]. Tujuan pemilihan lokasi ini adalah untuk melihat kehandalan sistem untuk kondisi lingkungan terburuk. Lokasi pengujian ditunjukkan pada Gbr. 8. Jarak antara node sensor adalah sebagai berikut.

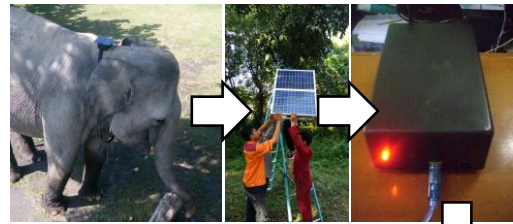
- Node sensor 1 dan 2: 176 meter
- Node sensor 1 dan 3: 205 meter
- Node sensor 1 dan 4: 133 meter
- Node sensor 2 dan 3: 140 meter
- Node sensor 2 dan 4: 215 meter
- Node sensor 3 dan 4: 312 meter



Gbr. 8 Lokasi pengujian dan pemasangan node sensor.

Cara kerja sistem deteksi keberadaan gajah seperti ditunjukkan pada Gbr. 9 adalah sebagai berikut.

- Gajah yang telah dipasangi sensor sebagai transmitter akan terus mengirimkan data melalui frekuensi radio.
- Node sensor sebagai transceiver dipasang di empat lokasi dengan ketinggian pemasangan rata-rata 180 cm.

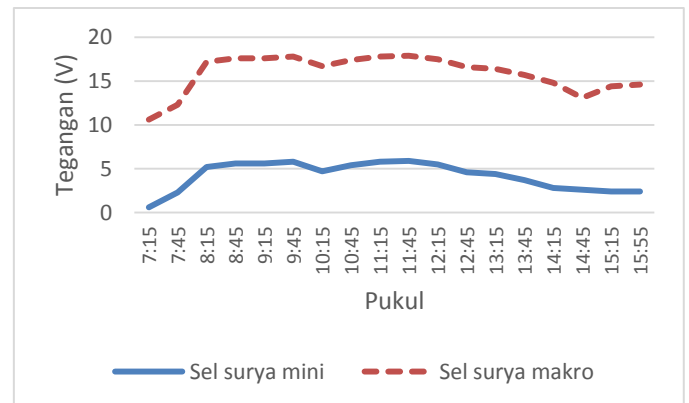


Gbr. 9 Sistem kerja sistem deteksi gajah.

- Ketika gajah memasuki coverage node sensor tertentu, data gajah yang diterima oleh node sensor tersebut kemudian diteruskan menuju server menggunakan topologi mesh.
- Data dari server kemudian ditampilkan pada komputer pemantau dan dikirimkan ke ponsel pengawas melalui SMS berupa informasi di lokasi node sensor mana gajah berada.

A. Daya yang Dihasilkan Sel Surya

Pada sistem deteksi ini, sel surya digunakan sebagai catu daya transmitter dan transceiver. Dua tipe sel surya yang digunakan sesuai dengan Tabel I. Adapun kinerja sel surya dalam menangkap tegangan per satuan waktu selama 8,5 jam ditunjukkan pada Gbr 10.



Gbr. 10 Tegangan sel surya per satuan waktu.

Berdasarkan Gbr. 10, dapat dihitung rata-rata tegangan yang diterima sel surya per jam yaitu 15,88 V untuk sel surya makro, dan 4,81 V untuk sel surya mikro. Daya yang dihasilkan untuk asumsi 8,5 jam pengisian adalah

- sel surya makro
 $15,88 V \times 2,75 A \times 8,5 jam = 349,36 Wh$
 $Daya dua sel surya makro = 698,72 Wh,$
- sel surya mikro
 $4,813 V \times 0,095 A \times 8,5 jam = 3,88 Wh$

Daya empat sel surya mikro = 15,54 Wh.

Daya yang dihasilkan sel surya dapat lebih besar karena Indonesia terletak di khatulistiwa dengan waktu penyinaran matahari rata-rata 10 – 12 jam per hari [16]. Berdasarkan perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa daya dari sel surya dapat mencukupi kebutuhan pemancaran KYL-200L selama 24 jam yaitu 12 Wh.

B. Jarak Maksimum Deteksi Masing Masing Node

Jarak maksimum masing-masing *node* sensor yang terpasang pada lokasi sesuai Gbr. 8 dapat dilihat pada Tabel II. Terjadi perbedaan jangkauan maksimum *node* sensor dalam menerima sinyal yang dikirimkan *transmitter* kalung gajah. Perbedaan tersebut terjadi karena propagasi gelombang radio pada masing-masing lokasi *node* berbeda tergantung kondisi lingkungan [15].

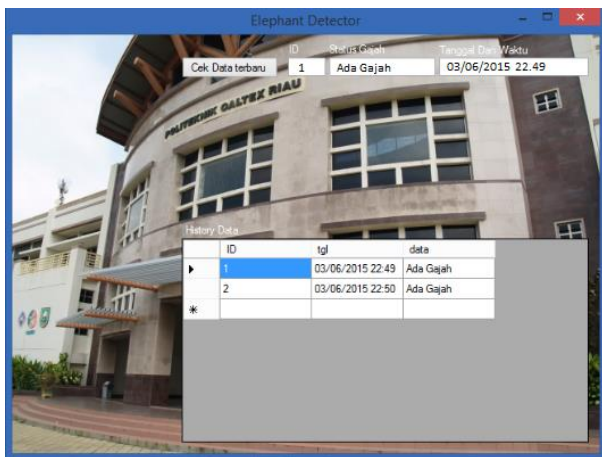
TABEL II
JANGKAUAN MAKSIMUM *NODE* SENSOR.

<i>Node</i>	Jarak Maksimum
1	190 meter
2	170 meter
3	170 meter
4	150 meter

Hasil pengukuran dapat menjadi acuan jarak pemasangan antar *node* sensor di hutan agar sistem deteksi dapat bekerja maksimal.

C. Sistem Informasi Keberadaan Gajah

Keberadaan gajah yang terdeteksi oleh *node* sensor akan dikirim ke *server* dan ditampilkan pada sistem informasi keberadaan gajah yang terdiri atas data ID *node* sensor, status gajah, tanggal, dan jam. Data tersebut kemudian disimpan dalam *database* sehingga informasi keberadaan gajah di waktu yang lampau dapat dilihat pada menu History Data. Tampilan sistem informasi ditunjukkan pada Gbr. 11.



Gbr. 11 Sistem informasi keberadaan gajah.

D. Pengiriman SMS Informasi

Pada sistem ini, informasi keberadaan gajah juga dikirimkan melalui SMS kepada petugas pemantau. Petugas dapat melakukan tindakan antisipasi apabila gajah mendekati

batas luar habitat. SMS deteksi keberadaan gajah akan diterima tiap kali gajah berada dalam jarak jangkauan masing-masing *node*. Tampilan SMS informasi keberadaan gajah ditunjukkan oleh Gbr. 12.

Dari hasil pengukuran lama waktu pengiriman SMS diperoleh hasil seperti pada Tabel III. Pada Tabel III terlihat bahwa *delay* rata-rata pengiriman SMS adalah 4,74 detik, dengan *delay* terbesar adalah 9,00 detik. *Delay* pengiriman SMS tidak dipengaruhi oleh jarak, hanya dipengaruhi oleh kepadatan trafik operator selular.



Gbr. 12 Tampilan SMS informasi.

TABEL III
DELAY PENGIRIMAN SMS.

<i>Node</i>	Delay (detik)		
	Minimum	Maksimum	Rata-rata
1	2,00	8,10	5,38
2	2,00	8,00	4,04
3	2,00	9,00	5,67
4	2,10	5,00	3,58
1 - 4	2,00	9,00	4,74

Bila dibandingkan dengan kecepatan gerak rata-rata gajah, *delay* pengiriman informasi SMS tidak terlalu berpengaruh. Sebagai perbandingan, data [7] menyatakan bahwa jarak maksimal gerak gajah dalam satu hari adalah 15 Km dengan waktu total gerak antara 16 - 18 jam. Dari data tersebut dapat dihitung kecepatan rata-rata gerak gajah, yaitu:

$$V_{gajah} = \frac{15}{16} = 0,9375 \frac{Km}{jam} = 0,26 \text{ m/detik}$$

Untuk *delay* terbesar pengiriman SMS 9,0 detik maka jarak perpindahan gajah mulai dari terdeteksi oleh *node* hingga SMS diterima oleh petugas pemantau adalah:

$$Jarak\ gerak\ gajah = 9,0 \times 0,26 = 2,34 \text{ m}$$

Nilai 2,34 m tersebut tidak terlalu signifikan jika dibandingkan dengan radius *node* karena SMS akan terkirim ke petugas ketika gajah memasuki jarak terluar dari jangkauan *node*.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

Sensor keberadaan gajah dapat bekerja dengan baik, dengan jarak jangkauan maksimal sensor *node* adalah 190 m untuk *node* tergantung letak geografis dan propagasi radio dari komunikasi *transmitter* dan *transceiver*. Sistem informasi deteksi dini keberadaan gajah sudah dapat memberikan informasi tanggal, jam, dan posisi keberadaan gajah.

SMS deteksi keberadaan gajah sudah dapat memberikan informasi posisi keberadaan gajah kepada petugas, dengan *delay* rata-rata pada pengiriman SMS adalah 4,74 detik. *Delay* pengiriman SMS tergantung pada kepadatan trafik operator seluler. Perkiraan perubahan posisi gajah karena *delay* pengiriman SMS ini tidak terlalu signifikan dibanding dengan jarak jangkauan *node* maupun luas habitat gajah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi yang telah mendanai penelitian ini. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Kalangan Akademi Politeknik Caltex Riau atas dukungannya kepada penulis, sehingga penelitian ini selesai dilaksanakan.

REFERENSI

- [1] Sains Kompas. (2014). *Gajah Sumatera Hampir Punah*. <http://sains.kompas.com/read/2014/04/14/2120386/>.
- [2] Okezone. (2015). *Gajah Sumatera di Aceh tersisa 530 ekor*. <http://news.okezone.com/read/2015/12/24/340/1273951/>.
- [3] Douglas-Hamilton I., *The current elephant poaching trend*. Pachyderm, 2008.
- [4] Lemieux AM, Clarke RV., *The international ban on ivory sales and its effects on elephant poaching in Africa*, Br J Criminol, 2009.
- [5] Hoare RE, Du Toit JD., *Coexistence between people and elephants in African Savannas*, Conserv Biol., 1999.
- [6] Pinter-Wolman N., *Human–elephant conflict in Africa: the legal and political viability of translocations, wildlife corridors, and transfrontier parks for large mammal conservation*, J Int Wildl Law Policy, 2012.
- [7] WWF-Indonesia. (2013). *Gajah Sumatera*. http://www.wwf.or.id/program/spesies/gajah_sumatera/.
- [8] Pekanbaru aji. (2015). *Populasi Kritis menjadi sangat kritis konflik gajah dan manusia bagian 1*. <http://pekanbaru.aji.or.id/>.
- [9] I. Douglas-Hamilton, T. Krink, and F. Vollrath, *Movements and corridors of African elephants in relation to protected areas*, Naturwissenschaften, 2005.
- [10] Renewable Energy Applications & Products. <http://www.reap-india.com/elephant-early-warning-system.html>.
- [11] Xiaolong Li and Qing-An Zeng, “Design and Implementation of a Wireless Security system using RF Technology”, *International Journal Of Computing Science*, Vol. 1, No. 1, January 2012, ISSN (Online): 2164-1374, ISSN (Print): 2164-1366, Published online January, 2012.
- [12] S. J. Sugumar and R. Jayaparvathy, *An early warning system for elephant intrusion along the forest border areas*, Curr Sci, 2013.
- [13] Matthias Zeppelzauer, Angela S. Stöger, and Christian Breiteneder, *Acoustic Detection of Elephant Presence in Noisy Environments*, MAED, 2013.
- [14] Data Sheet KYL-200L Low Power Wireless Transceiver Data Module, Shenzhen KYL Communication Equipment Co., Ltd.
- [15] Okkie Puspitorini, Nur Adi Siswandari, dan Arifin, “Klasifikasi Pathloss Exponent Pada Variasi Lingkungan Propagasi Nirkabel”, *Inovtek*, Volume 4, Nomor 1, April 2014.
- [16] Sudjito dan P. Raharja, “Prospek Aplikasi Teknologi Distilasi Air Laut Tenaga Matahari”, *Jurnal Ilmu-ilmu Teknik (Engineering)*, Universitas Brawijaya, Vol.13-No.2, 2001.