

**PEMANTAUAN MANGSA UNGULATA BIAWAK KOMODO
(*Varanus komodoensis*) DENGAN MENGGUNAKAN
METODE PENGHITUNGAN KOTORAN**



Tim S. Jessop, David M. Forsyth, Deni Purwandana, Jeri Imansyah,
Devi S. Opat dan Eve McDonald-Madden

**Taman Nasional Komodo
Zoological Society of San Diego
The Nature Conservancy
2005**



Pemantauan Mangsa Ungulata Biawak Komodo (*Varanus komodoensis*) Dengan Menggunakan Metode Penghitungan Kotoran

Tim S. Jessop^{A,B}, David M. Forsyth^{C,F}, Deni Purwandana^{A,E}, M. Jeri Imansyah^{A,E},
Devi S. Opat^D and Eve McDonald-Madden^C

^A Beckman Center for Conservation and Research of Endangered Species, Zoological Society of San Diego, 15600 San Pasqual Valley Road, Escondido, CA 92027, USA

^B School of Biological Sciences, University of Wollongong, Wollongong NSW 2522, Australia.

^C Arthur Rylah Institute for Environmental Research, 123 Brown Street, Heidelberg, Victoria 3084, Australia.

^D Balai Taman Nasional Komodo, Labuan Bajo, Flores, NTT, Indonesia.

^E The Nature Conservancy SEACMPA, Sanur, Denpasar, Bali, Indonesia.

^F Corresponding author. David M. ForsythE-mail: dave.forsyth@dse.vic.gov.au

Topik yang disarankan: Pemantauan ungulata di Taman Nasional Komodo

Diterjemahkan oleh
Deni Purawandana, M Jeri Imansyah, Achmad A. Husen

Ringkasan

Satwa terancam punah biawak Komodo (*Varanus komodoensis*) terdapat di lima pulau di Indonesia dan terdapat keprihatinan terhadap keberadaannya dalam jangka panjang di beberapa pulau. Ancaman yang mungkin terjadi adalah penurunan dari tiga mangsa spesies ungulata sebagai bagian terbesar makanan komodo dewasa: Rusa (*Cervus timorensis*), babi hutan (*Sus scrofa*) dan kerbau (*Bubalis bubalis*). Kami menguji manfaat dari penghitungan kotoran di sepanjang sejumlah 20-48 garis transek, untuk memantau kelimpahan tiga mangsa ungulata di 11 lokasi studi yang tersebar di lima buah pulau di Taman Nasional Komodo. Setiap transek terdiri dari 30 buah plot berukuran 3,14 cm² dengan interval jarak antar plot 5 meter. Kotoran rusa dapat ditemui di 11 lokasi studi, kotoran babi hutan dan kerbau secara berurutan terdapat di 8 dan 3 lokasi studi pada 2 pulau terbesar. Koefisien variasi kepadatan kotoran mencapai $\leq 16\%$ untuk kelompok kotoran rusa, $\geq 19\%$ untuk kotoran babi hutan dan $\geq 39\%$ untuk kotoran kerbau. Kami juga menguji metode cuplikan jarak untuk kotoran Babi dan Kerbau Air pada satu lokasi. Metode cuplikan jarak memakan waktu yang cukup lama, akan tetapi memberikan estimasi yang sama dengan ketelitian yang lebih baik. Kepadatan kotoran rusa, kerbau dan babi hutan bervariasi secara nyata diantara ke lima pulau. Implikasi dari hasil tersebut untuk manajemen dari satwa ungulata di Taman Nasional Komodo telah di bahas.

PENDAHULUAN

Biawak Komodo (*Varanus komodoensis*), adalah satwa terancam punah dan merupakan biawak terbesar yang masih hidup, pada saat ini penyebarannya terbatas (endemik) di lima pulau di wilayah Sunda Kecil, bagian timur Indonesia (Ciofi *et al.*, 2004). Empat di antara lima pulau tersebut berada dalam kawasan Taman Nasional Komodo (TNK) (Gambar 1). Hal utama yang dirasakan berpengaruh terhadap ancaman jangka panjang terhadap populasi komodo adalah ketersediaan mangsa ungulata besar. Ancaman dari manusia dan pengaruh alam, termasuk perburuan liar jenis mangsa besar, kebakaran yang disebabkan oleh manusia, penebangan hutan dan faktor lainnya dapat mempengaruhi kepadatan mangsa dan selanjutnya kelangsungan hidup populasi komodo.

Dahulu, mangsa komodo besar termasuk gajah kecil (Diamond 1987), akan tetapi saat ini makanan dari komodo dewasa hampir seluruhnya adalah Rusa (*Cervus timorensis*) (dapat ditemukan di lima pulau di TNK), Babi Hutan (*Sus scrofa*) dan di beberapa lembah terdapat kerbau (*Bubalis bubalis*) (Auffenberg 1981). Rusa umumnya diburu di dekat pulau Flores dan pada waktu lalu terdapat perburuan liar di semua pulau di TNK (H. Rudiharto, Taman Nasional Komodo, komunikasi pribadi). Komodo di Padar, pulau ketiga terbesar di TNK, menjadi punah secara lokal pada tahun 1980-an, kemungkinan disebabkan oleh berkurangnya kepadatan rusa karena perburuan liar (Sastrawan dan Ciofi 2002). Meskipun patroli oleh jagawana TNK yang saat ini dapat mengurangi perburuan liar dalam jumlah besar, tetapi masih ada potensi terjadinya perburuan liar rusa, babi hutan dan kerbau. Satwa-satwa ungulata tersebut juga

mengalami penurunan yang disebabkan oleh faktor lainnya (penyakit, kekeringan, kebakaran).

Di empat pulau di mana terdapat populasi komodo, berbeda dalam luas areanya ($10 \text{ km}^2 - 343 \text{ km}^2$), kedekatan hubungan timbak balik, biogeografi (Monk *et al.*, 1997), dan diversitas habitat. Faktor-faktor tersebut juga dapat mempengaruhi distribusi dan kelimpahan ungulata. Mengukur perbedaan kemelimpahan ungulata antar pulau dan dinamika temporeranya, sangatlah penting untuk memahami interaksi ekologis antara komodo dengan mangsanya.

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengembangkan metode untuk mengukur perubahan kelimpahan rusa, babi hutan, dan kerbau pada tempat dan waktu yang berbeda di Taman Nasional Komodo. Metode yang dipergunakan harus dapat diimplikasikan dengan sumber daya di TNK yang terdapat secara terbatas, serta memiliki akurasi dan presisi yang beralasan (Thompson *et al.*, 1998).

METODE

Studi area

Kerja lapangan telah dilakukan di 11 lokasi, tersebar di lima pulau dalam kawasan TNK (Gambar 1): Komodo (330 km²; empat lokasi), Rinca (232km²; empat lokasi), Padar (20,4km²), Gili Motang (13,4 km²; satu lokasi), Gili Dasami (11,0km²; satu lokasi) terletak di tenggara Indonesia (8°39'20"S ; 119°42'57"E). Lokasi-lokasi studi tidak dipilih secara acak, akan tetapi dipusatkan di lembah-lembah tempat dilakukannya penangkapan tahunan untuk *mark-recapture* komodo, yang telah dilakukan sejak tahun 2002 (T. Jessop *et al.*, Data tidak dipublikasi). Luas lembah-lembah tersebut bervariasi dari 8,99 hingga 1,83 km² (nilai tengah \pm SEM: 4.06 \pm 0,87 km²).

Auffenberg (1981) mendeskripsikan ada tiga jenis habitat di lokasi studi dilakukan: 1) Hutan gugur musiman, dibatasi dasar lembah pesisir yang secara nyata berbatasan langsung dengan bukit yang menerima presipitasi sehingga lembah tersebut mendapatkan suplai air yang cukup memadai. 2) Hutan musim, terdiri dari pohon-pohon gugur yang tahan terhadap kebakaran, mempunyai ciri pohon umum seperti : *Tamarindus indica*, *Sterculia foetida*, *Jathropa curcas*, dan *Cladogynos orientalis*. Sebagian tutupan (kanopi) dari hutan musim adalah tertutup dan pada lantai hutannya juga terbuka atau didominasi oleh semak yang selalu ada sepanjang tahun. Hutan musim secara tiba-tiba langsung berbatasan dengan savana/savana hutan, di area yang sangat sedikit mendapatkan suplai air atau hujan. Kanopi savana hutan sangat kecil dan sangat terbuka, di dominasi oleh *Borassus flabellifer*, *Zizyphus jujube*, dan *T. Indicus*. 3) Savana dan lantai savannah woodland terdiri dari rumput sedang dan tinggi.

Metodologi survey

Penghitungan langsung (Mayle *et al.*, 1999) terhadap rusa, babi hutan dan kerbau dari titik yang menguntungkan tidak mungkin untuk dilakukan di hampir semua lokasi studi, disebabkan habitatnya berupa hutan dan savana hutan (lihat diatas). Metode survey lainnya (contoh, metode jarak) juga tidak sesuai, karena ketiga spesies tersebut cenderung menghindari manusia, dan hal tersebut akan menimbulkan bias negatif dari estimasi kelimpahannya. Oleh karena itu kami menggunakan metode penghitungan tidak langsung (diambil dari Thompson *et al.*, 1998) berdasarkan penghitungan kotoran: estimasi menggunakan teknik ini lebih sedikit terpengaruh oleh tendensi rusa, babi hutan dan kerbau, untuk menghindari manusia.

Penghitungan kotoran ataupun kelompok kotoran telah dipergunakan secara luas untuk memperkirakan kelimpahan relatif maupun absolut dari berbagai macam jenis rusa (contohnya, Marques *et al.*, 2001). Hone (2002) menggunakan penghitungan kotoran babi dalam plot di Taman Nasional Namadgi (Australia bagian Tenggara) sebagai indeks dari kelimpahan relatif. Sepengetahuan kami penghitungan kotoran kerbau belum pernah digunakan sebagai indeks kelimpahan dari kerbau air.

Kotoran dapat dihitung di kuadrat plot atau area yang telah ditentukan dan diasumsikan semua kotoran telah dihitung, selanjutnya dikonversi menjadi kepadatan kotoran per unit area. Metode jarak telah digunakan untuk memperkirakan kepadatan kotoran rusa sika (*Cervus nippon*) di Skotlandia (Marques *et al.*, 2001), dan memiliki keunggulan bahwa hanya kelompok kotoran yang jatuh di dalam garis transek yang dihtung. Observasi awal menunjukkan bahwa serasah yang tebal di habitat hutan dan rumput yang tinggi di beberapa area savana menutupi kotoran rusa. Oleh karena kotoran

dalam proporsi besar tidak dapat diamati, maka estimasi kotoran rusa akan menimbulkan banyak bias negatif (lihat Buckland *et al.*, 2001). Oleh karena itu, kami memutuskan untuk menggunakan seluruh penghitungan kotoran didalam plot, yang berukuran cukup kecil (3,14 m²) sehingga seluruh plot dapat di amati pada semua habitat.

Kami menggunakan tabel acak untuk menentukan titik lokasi awal secara acak di sepanjang garis referensi peta digital untuk 20 hingga 48 transek di 11 lokasi studi. Pada setiap transek juga ditetapkan arah kompas secara acak. Pada transek sepanjang 150 m terdapat 30 buah plot lingkaran dengan luas 3,14 m² (jari-jari 1m) dengan interval 5 meter antar plot. Kotoran diamati pada setiap plot dengan, dan jumlah kotoran rusa dan jumlah kelompok kotoran dihitung untuk setiap plot. Kami hanya menghitung kotoran yang utuh (Fraser 1998), dan kelompok kotoran yang $\geq 50\%$ nya terdapat di dalam plot. Penelitian sebelumnya di New Zealand dan Australia yang menggunakan metode ini memberikan estimasi kelimpahan kotoran rusa dengan koefisien variasi (CV) sebesar 20% (Forsyth *et al.*, 2003: D.M. Forsyth *et al.*, Data tidak dipublikasi). Kami juga menghitung kotoran babi hutan dan kerbau liar yang utuh pada setiap plot.

Seluruh kegiatan penelitian dilakukan pada September dan Oktober (akhir musim kemarau) tahun 2004. Kami menentukan letak titik awal pada setiap transek menggunakan *Global Positioning System* (GPS; Garmin Etrex, USA). Tali nilon sepanjang 150 meter dengan pita penanda setiap 5 meter menandakan plot pada setiap garis transeknya. Pasak dari plastik di gunakan untuk menekan pusat plot, senar 1 meter digunakan untuk menggambarkan ukuran plot. Serasah daun dan rumput disingkirkan dipilah satu persatu untuk memastikan seluruh kotoran dihitung. Untuk setiap transek kami juga mencatat tipe habitat dominan dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan penghitungan.

Kotoran yang lebih besar (babi hutan dan kerbau) akan lebih mudah diamati daripada kotoran rusa. Oleh karena itu kami melakukan kajian percontohan metode jarak untuk kerbau di satu lokasi (Loh Buaya, pulau Rinca) dan babi hutan satu lokasi (Loh Liang, pulau Komodo). Kami memilih sub-set transek untuk keduanya (14 untuk Loh Buaya dan 10 untuk Loh Liang) dan setelah menyelesaikan penghitungan plot, kami berjalan kembali sepanjang 150 meter dengan kecepatan 1 km/jam sambil melihat ke kiri dan kanan untuk mencari kotoran kerbau atau babi hutan. Kemudian jarak tegak lurus dari transek menuju pusat setiap kotoran diukur dalam rentang ± 5 cm. Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan setiap transek dicatat.

Analisis statistik

Kami menggunakan *bootstrapping* (Manly 1997) untuk menghitung nilai tengah, 95% *confidence interval* ('CI') dan CVs untuk estimasi kelimpahan kotoran berdasarkan plot (per hektar) untuk setiap spesies di lokasi studi. Estimasi *bootstrap* berdasarkan 10000 sampel. Persamaan CV nya adalah:

$$CV = \frac{\hat{\sigma}}{\hat{x}} \times 100\% .$$

Kami juga menggunakan metode jarak konvensional untuk memperkirakan kepadatan kotoran gundukan kerbau dan babi hutan di Loh Buaya dan Loh Liang, secara berurutan. Dalam metode, ini jumlah grup kotoran di dalam area survey dijadikan model sebagai fungsi jarak tegak lurus dari grup kotoran yang terdeteksi dari garis (Buckland et al., 2001). Data kemudian di analisis menggunakan program DISTANCE 4.2 edisi 1 (Buckland et al., 2001). DISTANCE adalah software gratis yang dapat diperoleh di

<http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/>, dan telah digunakan secara luas untuk menganalisis data transek garis. Mula-mula, data histogram di uji untuk bukti dari penumpukan data (contoh, pengelompokan data pada jarak tertentu), garis batas terluar dan pengukuran error. Lima model dipertimbangkan digunakan dalam analisis, dimana masing-masing model terdiri dari fungsi kunci yang dapat disesuaikan dengan satu rangkaian tambahan, yang terdiri dari lima parameter (yang mana akibat kesalahan telah ditambahkan secara berurutan). Model yang digunakan adalah seragam atau tingkat resiko fungsi kunci dengan kedua-dua kosinus atau sebuah urutan polynomial tambahan, dan setengah dari fungsi kunci normal dengan sebuah *polynomial hermite*. Mengikuti anjuran dari Buckland *et al.*, (2001) dan Marques *et al.*, (2001), pemilihan model akhir berdasarkan *Akaike's Information Criterion* (AIC_c) yang telah diperbaiki, rendahnya CV, dan kriteria bentuk. Data dianalisis secara terpisah dan pengelompokan data DISTANCE's yang salah telah digunakan untuk menguji *goodness of fit* dari model dengan data mentah.

Density (\hat{D}) dihitung menggunakan DISTANCE sebagai berikut :

$$\hat{D} = \frac{nf(0)}{2L} ,$$

Dimana, n adalah jumlah kotoran yang teramati, $f(0)$ adalah fungsi probabilitas kepadatan data kepadatan tegak lurus pada jarak nol dari garis transek, dan L adalah jumlah total dari transek yang disurvei (Buckland *et al.*, 2001). Variansi (var) dari \hat{D} di hitung sebagai berikut:

$$\text{var}(\hat{D}) = \hat{D}^2 \{ (CV(n))^2 + (CV(f(0)))^2 \} ,$$

dimana, $CV(n)$ adalah koefisien variasi dari jumlah kotoran yang teramati di sepanjang garis transek dan $CV(f(0))$ adalah koefisien variasi dari fungsi probabilitas kepadatan dari data kepadatan tegak lurus pada jarak (Buckland *et al.*, 2001). Kami menggunakan uji-T berpasangan untuk menentukan apakah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan metode penghitungan dengan plot dan metode penghitungan jarak berbeda nyata untuk beberapa transek ($P < 0.05$).

Untuk menentukan perbedaan kotoran ungulata pada kelima pulau kami menggunakan estimasi dengan metode plot. Empat lokasi studi di pulau Komodo dan pulau Rinca digabungkan untuk mendapatkan sample seluruh pulau. Perbandingan nilai tengah pada satu pulau untuk ketiga spesies dianalisis secara parametrik dan non parametrik dari varians, tergantung data yang memenuhi asumsi normalitas dan homogenitas dari varians sampel. Untuk memilah perbedaan nyata antara pulau, digunakan metode *post-hoc* (*Tukey's test and Dunn's method*) yang layak untuk mengidentifikasi sub grup.

HASIL

Rusa

Kelompok kotoran rusa tercatat pada semua lokasi studi di lima pulau. Kepadatannya berkisar antara $323,07 \pm 50,35$ (SEM) kelompok kotoran per hektar di Gili Motang, hingga $4376,71 \pm 243,42$ kelompok kotoran per hektar di Loh Liang, pulau Komodo (Tabel 1). CV berkisar antara 5,6% (Loh Liang) hingga 15,6% (Gili Motang). Nilai tengah waktu untuk menyelesaikan satu transek adalah $11,28 \pm 0,63$ menit ($n=347$).

Babi hutan

Kotoran babi ditemukan di delapan lokasi studi pada dua pulau besar (Komodo dan Rinca), tetapi tidak ditemukan di pulau lainnya. Kepadatan kotoran babi hutan berkisar antara $5,52 \pm 2,30$ kelompok kotoran per hektar di Loh Tongker (pulau Rinca) hingga $134,83 \pm 33,52$ di Loh Liang (pulau Komodo; Tabel 2). CV untuk delapan lokasi studi tempat kotoran babi hutan diamati berkisar antara 19,2% di Loh Wau (pulau Komodo) hingga 64,7% di Loh Tongker (pulau Rinca).

Metode jarak telah dilakukan pada 10 transek di Loh Liang. Transek-transek tersebut menghabiskan waktu dengan nilai tengah selama $6,60 \pm 0,87$ menit, membutuhkan 66,00 menit untuk mencatat 118 kotoran yang terlihat. Pengujian data jarak tegak lurus tidak memunculkan masalah apapun atau simpangan keluar (Gambar. 2a). Model akhir yang dipilih adalah setengah normal dengan 2 tingkat kosinus yang disesuaikan, dimana $f(0)$ (\pm SE) diperkirakan sebesar 1.05 ± 0.10 (Gambar. 2a). Kepadatan kotoran babi telah dihitung sebesar 41.35 ha^{-1} (95% CI: 18.30, 93.45; CV, 38.0%).

Kerbau air

Kotoran kerbau hanya teramati dua lokasi studi di pulau Komodo dan di pulau Rinca (Tabel 3). Kepadatan tertinggi kotoran kerbau terdapat di Loh Buaya (pulau Rinca); $98,48 \pm 37,20$ kelompok kotoran per hektar dan yang terendah terdapat di Loh Sebita (pulau Komodo); $11,45 \pm 6,22$ kelompok kotoran per hektar. CV untuk estimasi tersebut berkisar antara 38,84 - 49,23 %.

Metode jarak dilakukan pada 16 transek di Loh Buaya. Untuk menyelesaikan transek-transek tersebut menghabiskan waktu total selama 186 menit (nilai tengah nya 12,40 menit; SE, 2,2 menit) terdapat 446 kotoran kerbau yang teramati. Pengujian data jarak tegak lurus tidak menampakan permasalahan apapun atau simpangan keluar (Gambar 2b). Seperti pada kotoran babi hutan di Loh Liang, model akhir yang dipilih merupakan setengah normal dengan 2 tingkat kosinus yang disesuaikan (Gambar 2b). $f(0) (\pm SE)$ diperkirakan 0.1273 ± 0.10066 . Kepadatan kotoran diperkirakan mencapai 11.83 ha^{-1} (95% CI, 56.22 to 24.88; CV, 36.2%).

Metode plot dan metode jarak untuk kerbau dan babi hutan

Kepadatan kotoran kerbau di Loh Buaya (pulau Rinca) yang diestimasi dengan menggunakan metode plot dan metode jarak menunjukkan hasil yang relatif sama (Tabel 4). Bagaimanapun juga, CV untuk estimasi plot yang di-*bootstrape* menunjukkan nilai lima kali lebih besar daripada menggunakan metode jarak. Meskipun waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan ke dua metode tidak berbeda nyata. (Uji-T berpasangan; $t_{1,14} = 0,107$, $P = 0,9$), metode jarak menghabiskan waktu 24 menit (13%) lebih lama

dibandingkan dengan metode plot, dan kami mencatat bahwa kelompok kotoran rusa juga dihitung bersamaan di dalam plot (lihat metode).

Kepadatan kotoran babi hutan di Loh Liang (pulau Komodo) diestimasi dengan menggunakan metode plot dan metode jarak menunjukkan hasil yang relatif sama (Tabel 4). Bagaimanapun juga, CV untuk estimasi plot yang di-*bootstrape* menunjukkan nilai lima kali lebih besar daripada menggunakan metode jarak. Meskipun waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan ke dua metode tidak berbeda nyata. (Uji-T berpasangan; $t_{1,9} = 1,07$, $P = 0,3$), metode plot menghabiskan waktu 13 menit (20%) lebih lama dibandingkan dengan metode jarak di Loh Liang, dan juga kami mencatat bahwa kelompok kotoran rusa juga dihitung bersamaan di dalam plot.

Perbedaan kepadatan kotoran antar pulau

Kelompok kotoran rusa memiliki perbedaan kepadatan yang nyata antar pulau (ANOVA: $F_{4,331} = 50,52$, $P < 0.001$). Analisis *Post-hoc* (metode *Tukey*) menunjukkan bahwa pulau-pulau dapat dibedakan menjadi tiga kelompok, dengan estimasi kepadatan kelompok kotoran di pulau Komodo lebih tinggi daripada pulau Rinca dan Padar, yang mana juga lebih tinggi daripada Nusa Kode dan Gili Motang (Gambar 3a).

Kelompok kotoran babi hutan memiliki perbedaan kepadatan yang nyata antar pulau (ANOVA: $H_{4,331} = 21,82$, $P < 0.001$). Analisis *Post-hoc* (metode *Dunn*) menunjukkan estimasi kepadatan kelompok kotoran babi hutan lebih tinggi di Komodo dan Rinca, dan kotoran tersebut tidak ditemukan di Padar, Nusa Kode dan Gili Motang (Gambar 3b).

Kelompok kotoran kerbau memiliki perbedaan kepadatan yang nyata antar pulau (Kruskal-Wallis ANOVA: $H_{4,331} = 17,29$, $P < 0.001$). Analisis *Post-hoc* (metode *Dunn*) menunjukkan estimasi kepadatan kelompok kotoran kerbau di Rinca lebih tinggi daripada di Komodo, kotoran kerbau tidak ditemukan di Padar, Nusa Kode dan Gili Motang (Gambar 3c).

DISKUSI

Kepadatan kelompok kotoran rusa

Estimasi kepadatan kelompok kotoran rusa pada 11 lokasi studi memiliki nilai CV $\leq 16\%$. Meskipun hubungan antara kelimpahan yang sesungguhnya dari rusa dan indeks kelimpahan kotoran rusa yang digunakan disini belum diselidiki, hubungan antara indeks dan kepadatan yang diketahui, telah dipelajari di dua puluh lokasi studi di Selandia Baru oleh D.M. Forsyth *et al.*, (naskah yang belum dipublikasi). Diketahui kepadatan kotoran rusa berkorelasi positif dengan kepadatan rusa, akan tetapi korelasi tersebut tidak linear (cekung-menurun; D.M. Forsyth *et al.*, Naskah yang belum dipublikasi). Oleh sebab itu, meskipun indeks tidak langsung berhubungan dengan kepadatan rusa dalam 1:1 linear, akan tetapi dapat dipergunakan untuk mendeteksi perubahan yang besar dalam kelimpahan rusa.

Marques *et al.*, (2001) menggunakan metode jarak untuk menduga *standing crop* rusa Sika di Skotlandia Selatan. Kami tidak menggunakan metode jarak untuk menduga kepadatan kelompok kotoran rusa, karena savana yang tinggi dan serasah dedaunan akan dapat mengakibatkan kelompok kotoran di dalam transek tidak terhitung, sehingga tidak memenuhi asumsi utama dalam metode jarak (Buckland *et al.*, 2001). Marques *et al.*, (2001) mencatat bahwa metode terbaik untuk menduga kelimpahan rusa tergantung kepada pertanyaan yang akan dijawab dan kondisinya. Meskipun metode kami diasumsikan untuk menjadi indeks relatif kelimpahan rusa, kami mencatat bahwa jumlah rusa yang hadir dapat diperkirakan apabila tingkat deposisi dan proses penguraian kelompok kotoran diduga. Marques *et al.*, (2001) menguraikan metode untuk menduga tingkat penguraian kotoran dari kelompok kotoran rusa.

Kepadatan kotoran kerbau air dan babi hutan

Mengingat kotoran kelompok rusa terdapat di ke-11 lokasi studi, kotoran babi hutan hanya terdapat di pulau Komodo dan Rinca, sedangkan kotoran kerbau hanya terdapat di satu lokasi studi di pulau Komodo dan dua lokasi studi di pulau Rinca. Kami tidak menemukan kerbau dan babi hutan pada ketiga pulau yang lebih kecil (Padar, Gili Motang dan Nusa Kode), dan kerbau – atau tanda-tanda kehadirannya – tidak teramati di lokasi-lokasi di pulau yang lebih besar, dimana mereka tidak di temukan dalam studi ini (T.S. Jessop, pengamatan pribadi).

Hasil penelitian kami, walaupun hanya berdasarkan transek dalam jumlah yang sedikit, menyarankan metode jarak lebih baik untuk menduga kepadatan kotoran kerbau dan babi hutan daripada metode plot. Untuk transek yang sama, metode jarak memberikan estimasi dengan nilai CV yang lebih kecil daripada metode plot dengan menghabiskan waktu yang sama (Tabel 4). Kotoran kerbau dan babi hutan lebih besar daripada kotoran rusa, dan sepertinya kotoran kerbau dan babi hutan tidak akan terlewatkan sepanjang transek (lain halnya dengan rusa). Kami juga mencatat bahwa dari ketiga tempat dimana kerbau ditemukan, areal savananya memiliki rumput lebih pendek daripada lokasi di mana tidak ditemukan adanya kerbau, sepertinya hal tersebut disebabkan karena aktivitas merumput: hal ini juga mengurangi kemungkinan kotoran kerbau pada transek terlewati. Distribusi kotoran kerbau dan babi hutan yang teramati (Gambar 2) menunjukkan (walaupun belum pasti) bahwa hanya sedikit (jika ada) kelompok kotoran yang terlewati. Hal ini meyakinkan bahwa kedua metode plot dan metode cuplikan jarak sepanjang transek yang sama menghasilkan nilai estimasi yang

sama dari kotoran kerbau di Loh Buaya. Bagaimanapun juga, satu keuntungan menggunakan metode plot, yaitu kelompok kotoran rusa, kerbau dan babi hutan dapat dihitung pada saat yang sama.

Kerbau air dan babi hutan umum dijumpai di beberapa tempat di Australia (Choquenot 1996; Corbet 1995). Hone (2002) telah menggunakan penghitungan kotoran pada plot permanen sebagai indeks dari kelimpahan babi di Taman Nasional Namadgi (Australia Tenggara), akan tetapi sepengetahuan kami penghitungan kotoran belum pernah dilakukan untuk kerbau. Hasil penelitian kami menunjukkan bahwa metode plot maupun metode jarak merupakan metode yang sangat berguna untuk pemantauan spesies tersebut untuk beberapa kondisi di Australia maupun di tempat yang lainnya.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilakukan berulang kali, sehingga perubahan kemelimpahan relatif dari ketiga spesies ungulata secara temporal dapat diestimasi. Jagawana TNK melanjutkan pengamatan dengan metode plot pada beberapa lokasi studi setelah satu hari mendapatkan pengarahan, di bawah pengawasan dari salah satu atau lebih penulis. Kami optimis bahwa staf dari TNK dapat melakukan pemantauan pada masa yang akan datang menggunakan metode plot yang sama dengan penelitian ini. Bagaimanapun juga metode metode cuplikan jarak merupakan metode yang lebih sulit untuk diterapkan dan kurang cocok untuk digunakan dalam skala luas di lapangan. Metode penghitungan plot memberikan lebih banyak keuntungan karena sangat cocok bagi dana dan sumber daya teknis yang terdapat di Taman Nasional Komodo, dan dengan demikian kami harap metode ini dapat diterapkan untuk program pemantauan jangka panjang. Melanjutkan pemantauan seperti ini akan menghasilkan data

yang sangat berharga untuk manajemen perencanaan jangka panjang populasi komodo baik di dalam maupun di luar Taman Nasional Komodo.

Kami mengamati adanya perbedaan nyata kepadatan kotoran ungulata pada ke- lima pulau utama di TNK, dapatkah perbedaan-perbedaan yang ada menjadi dasar interaksi ekologis antara ungulata dan populasi Biawak Komodo? Ungulata, terutama rusa merupakan mangsa utama Komodo besar (Auffenberg 1981). Kami tidak mengetahui bagaimana perbedaan yang besar dalam kelimpahan rusa ini kiranya mempengaruhi ekologi dan dinamika populasi biawak Komodo. Kepadatan hewan ungulata telah dibuktikan mempengaruhi populasi dinamik dari predator puncak lainnya (contohnya, serigala (*Canis lupus*) and *Cervus* spp. da Polandia; Jedrzejewski *et al.*, 2002). Sebaliknya, efek *top down* dari predasi pada ungulata nampaknya lebih bervariasi (Mduma *et al.*, 1999; Jedrzejewski *et al.*, 2002). Bagaimanapun juga dinamika hubungan antara predator dan mangsa ungulata seringkali bersifat sangat kompleks dan faktor lainnya seperti kualitas dan kuantitas berburu nampak menjadi faktor penting yang mengendalikan dinamika populasi ungulata (Peterson 1999). Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami interaksi ekologi antara Komodo dengan mangsa ungulata.

KESIMPULAN

Kami mempelajari penggunaan metode penghitungan kotoran di dalam plot untuk menduga kelimpahan relatif dari hewan ungulata besar yang merupakan mangsa biawak Komodo. Metode plot pada transek yang diletakkan secara acak menghasilkan estimasi kepadatan kelompok kotoran rusa dengan presisi baik (CVs <16%), akan tetapi tidak begitu baik untuk menduga kotoran babi hutan (CVs>19%) dan kotoran kerbau air (CVs>38%). Studi percontohan menyarankan bahwa metode cuplikan jarak menghasilkan estimasi dengan presisi yang lebih baik untuk kotoran babi hutan dan kerbau air. Terdapat perbedaan kepadatan kotoran ungulata yang besar di lima pulau, dan perbedaan tersebut sepertinya berpengaruh terhadap ekologi dari biawak Komodo.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada seluruh Jagawana dan staf Teknisi TNK yang telah membantu kami dalam melaksanakan penelitian ini. Penelitian ini merupakan program kerja sama dengan Balai Taman Nasional Komodo. Perijinan untuk penelitian diperoleh melalui program kerja sama antara Zoological Society of San Diego, The Nature Coservancy (Indonesia Program) dan Direktorat Jenderal Perlindungan Hutan dan Konservasi Alam (PHKA). Dukungan keuangan disediakan oleh Millenium post-doctoral fellowship dari Zoological Society of San Diego (untuk T. S. Jessop), dan dari Offield Family Fondation.

DAFTAR PUSTAKA

- Auffenberg, W. (1981). *The Behavioral Ecology of the Komodo Monitor*. (University of Florida Press: Gainesville.).
- Buckland, S. T., Anderson, D. R., Burnham, K. P., Laake, J. L., Borchers, D. L., and Thomas, L. (2001.). *Introduction to Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations*. (Oxford University Press: Oxford.)
- Fraser, K. W. (1998). *Assessment of Wild Mammal Populations*. Landcare Research Contract Report LC9798/79 (unpublished). 102 p.
- Choquenot, D., McIlroy, J., Korn, T. (1996). *Managing Vertebrate Pests: Feral Pigs*. (Australian Government Publishing Service: Canberra.).
- Ciofi, C. (1999). The Komodo dragon. *Scientific American* **280**, 92–99.
- Ciofi, C., Beaumont, M. A., Swingland, I. R., and Bruford, M. W. (1999). Genetic divergence and units for conservation in the Komodo dragon *Varanus komodoensis*. *Proceedings of the Royal Society of London B* **266**, 2269–2274.
- Ciofi, C., and de Boer, M. E. (2004) Distribution and conservation of the Komodo monitor (*Varanus komodoensis*). *Herpetological Journal* **14**, 99–107.
- Corbett, L. K. (1995). Swamp buffalo. In ‘The Mammals of Australia’. (Ed. R. Strachan.) pp. 713–725. (Reed New Holland: Sydney.).
- Daimond, J. M. (1987). Did Komodo dragons evolve to eat pygmy elephants? *Nature* **326**, 832.
- Forsyth, D. M., Scroggie, M. P., and Reddiex, B. (2003). A review of methods to estimate the density of deer. Landcare Research Contract Report: LC0304/015 (unpublished). 55 pp.
- Forsyth, D. M., Link, W. A., Webster, R., Nugent, G., and Warburton, B. In Press. Nonlinearity and seasonal bias in an index of brushtail possum abundance. *Journal of Wildlife Management*
- Hone, J. (2002). Feral pigs in Namadgi National Park, Australia: dynamics, impacts and management. *Biological Conservation* **105**, 231–242
- Jedrzejewski, W., Schmidt, K., Theuerkauf, J., Jedrzejewska, B., Selva N., Zub, K., and Szymura, L. (2002) Kill rates and predation by wolves on ungulate populations in ialowieza primeval forest (Poland). *Ecology* **83**, 1341–1356.
- Manly, B. F. J. (1997). *Randomization, Bootstrap and Monte Carlo Methods in Biology*. (Chapman & Hall: London.).
- Marques, F. F. C., Buckland, S. T., Goffin, D., Dixon, C. E., Borchers, D. L., Mayle, B. A., and Peace, A. J. (2001). Estimating deer abundance from line transect surveys of dung: sika deer in southern Scotland. *Journal of Applied Ecology* **38**, 349–363.
- Mayle, B. A., Peace, A. J., Gill, R. M. A. (1999). *How Many Deer? A field Guide to Estimating Deer Population Size*. (Forestry Commission: Edinburgh.).
- Mduma, S. A. R., Sinclair, A. R. E., and Hilborn, R. (1999). Food Regulates the Serengeti wildebeest: a 40-year record. *Journal of Animal Ecology* **68**, 1101–1122.

- Monk, K. A., Y. de Fretes, and G. Reksodiharjo-Lilley (1997). The Ecology of Nusa Tenggara and Maluku. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Peterson, R. O. (1999). Wolf-moose interaction on Isle Royale: The end of natural regulation? *Ecological Applications* **9**, 10–16.
- Thompson, W. L., White, G. C., and Gowan, G. V. (1998). Pemantauan Vertebrate Populations. (Academic Press: San Diego.).

Table 1. Estimasi kepadatan kelompok kotoran rusa (per hektar) pada 11 lokasi studi di Taman Nasional Komodo

N adalah jumlah transek

Lokasi	<i>N</i>	Nilai tengah \pm SD	95% CI	CV%
Pulau Komodo				
Liang	41	4375.61 \pm 243.42	3871.33, 4859.24	5.56
Sebita	48	3265.21 \pm 211.72	3726.01, 2872.61	6.48
Lawi	33	2954.14 \pm 358.31	2286.62, 3805.73	12.13
Wau	30	4019.09 \pm 305.06	3391.72, 4627.39	7.59
Pulau Rinca				
Buaya	31	1698.06 \pm 133.67	1432.06, 1986.20	7.87
Baru	28	2346.54 \pm 227.17	1908.92, 2875.48	9.68
Tongkir	20	2751.26 \pm 362.25	2020.28, 3592.78	13.17
Dasami	30	2486.12 \pm 208.37	2080.89, 2965.92	8.38
Pulau Padar	30	1736.75 \pm 213.43	1400.21, 2356.05	12.29
Pulau Gili Motang	28	323.07 \pm 50.35	229.83, 441.16	15.59
Pulau Nusa Kode	20	751.37 \pm 99.91	549.15, 976.43	13.30

Table 2. Estimasi kepadatan kelompok kotoran babi hutan (per hektar) pada 11 lokasi studi di Taman Nasional Komodo

N adalah jumlah transek

Lokasi	<i>N</i>	Nilai tengah \pm SD	95% CI	CV%
Pulau Komodo				
Liang	41	134.83 \pm 33.52	72.18, 217.62	24.86
Sebita	48	88.11 \pm 23.34	33.12, 159.23	36.34
Lawi	33	86.52 \pm 22.18	32.17, 147.56	36.54
Wau	30	113.2 \pm 21.71	70.80, 166.66	19.18
Pulau Rinca				
Buaya	31	15.39 \pm 5.34	0.00, 32.90	51.45
Baru	28	31.55 \pm 9.03	11.35, 56.89	34.99
Tongkir	20	5.52 \pm 2.30	0.00, 26.52	64.72
Dasami	30	14.65 \pm 5.12	0.00, 45.99	62.34
Pulau Padar	30	0	0	0
Pulau Gili Motang	28	0	0	0
Pulau Nusa Kode	20	0	0	0

Table 3. Estimasi kepadatan kelompok kotoran kerbau (per hektar) pada 11 lokasi studi di Taman Nasional Komodo

N adalah jumlah transek

Lokasi	<i>N</i>	Nilai tengah ± SD	95% CI	CV%
Pulau Komodo				
Liang	41	0	0	0
Sebita	48	11.45 ± 6.22	0.00, 33.22	49.23
Lawi	33	0	0	0
Wau	30	0	0	0
Pulau Rinca				
Buaya	31	98.48 ± 37.20	32.91, 185.77	38.84
Baru	28	15.81 ± 7.13	0, 34.11	47.23
Tongkir	20	0	0	0
Dasami	30	0	0	0
Pulau Padar	30	0	0	0
Pulau Gili Motang	28	0	0	0
Pulau Nusa Kode	20	0	0	0

Table 4. Perbandingan kepadatan kotoran (\hat{D}) dari metode plot dan metode jarak pada dua lokasi studi di Taman Nasional Komodo

Terdapat 16 transek dengan panjang 150 meter untuk kerbau di Loh Buaya dan 10 transek dengan panjang 150 meter untuk babi hutan di Loh Liang (lihat Metode)

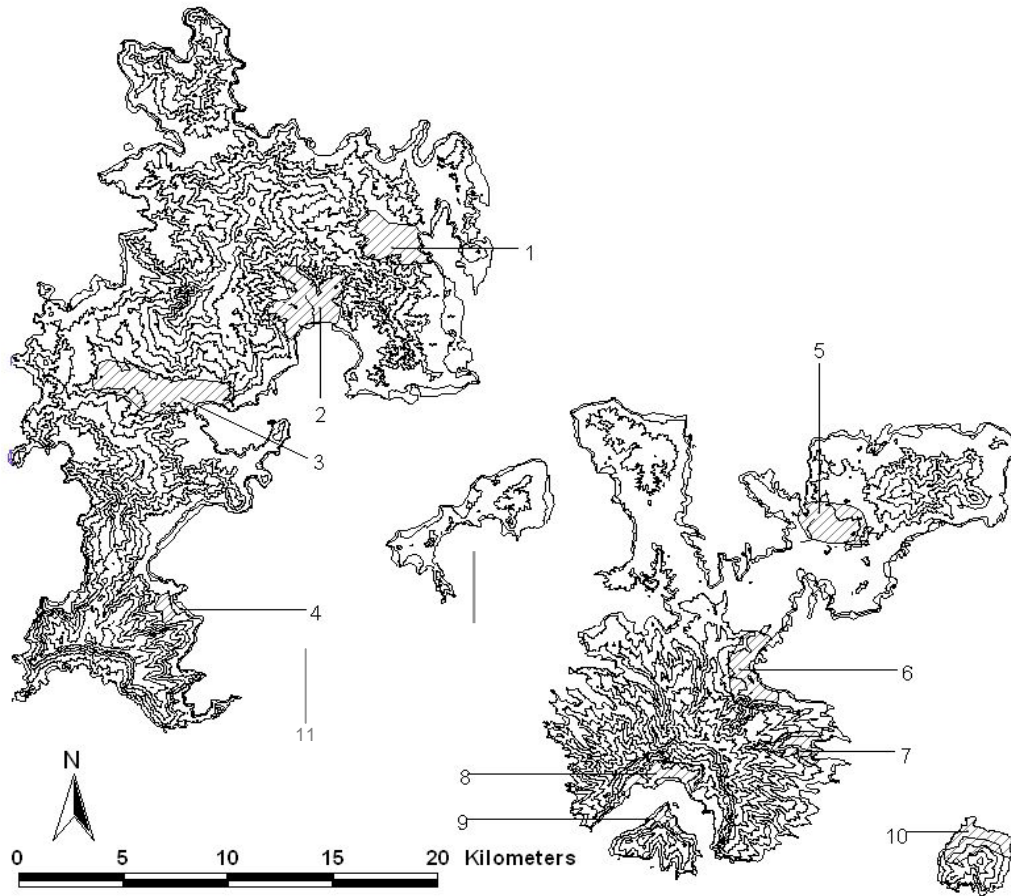
Hewan, lokasi	Metode plot				Metode jarak			
	\hat{D}	95% CI	CV (%)	Waktu (menit)	\hat{D}	95% CI	CV (%)	Waktu (menit)
Kerbau air, Loh Buaya	106.16	87.22, 122.03	236.64	162.00	118.28	56.22, 248.81	36.18	186.00
Babi hutan, Loh Liang	31.84	0, 64.75	316.00	79.00	38.44	0, 72.23	37.99	66.00

Keterangan Gambar

Gambar 1. Lokasi studi dalam Taman Nasional Komodo di Indonesia Tenggara. Lokasi cuplikan ditandai dengan nomer dan berlokasi di lima pulau yaitu, di Pulau Komodo: 1) Loh Sebita, 2) Loh Liang, 3) Loh Lawi, 4) Loh Wau; di Pulau Rinca: 5) Loh Buaya, 6) Loh Baru, 7) Loh Tongker, 8) Loh Dasami, dan di tiga pulau kecil: 9) Nusa Kode, 10) Gili Motang dan 11) Padar. Area yang bertitik-titik merupakan tempat meletakkan transek pada setiap lokasi kajian.

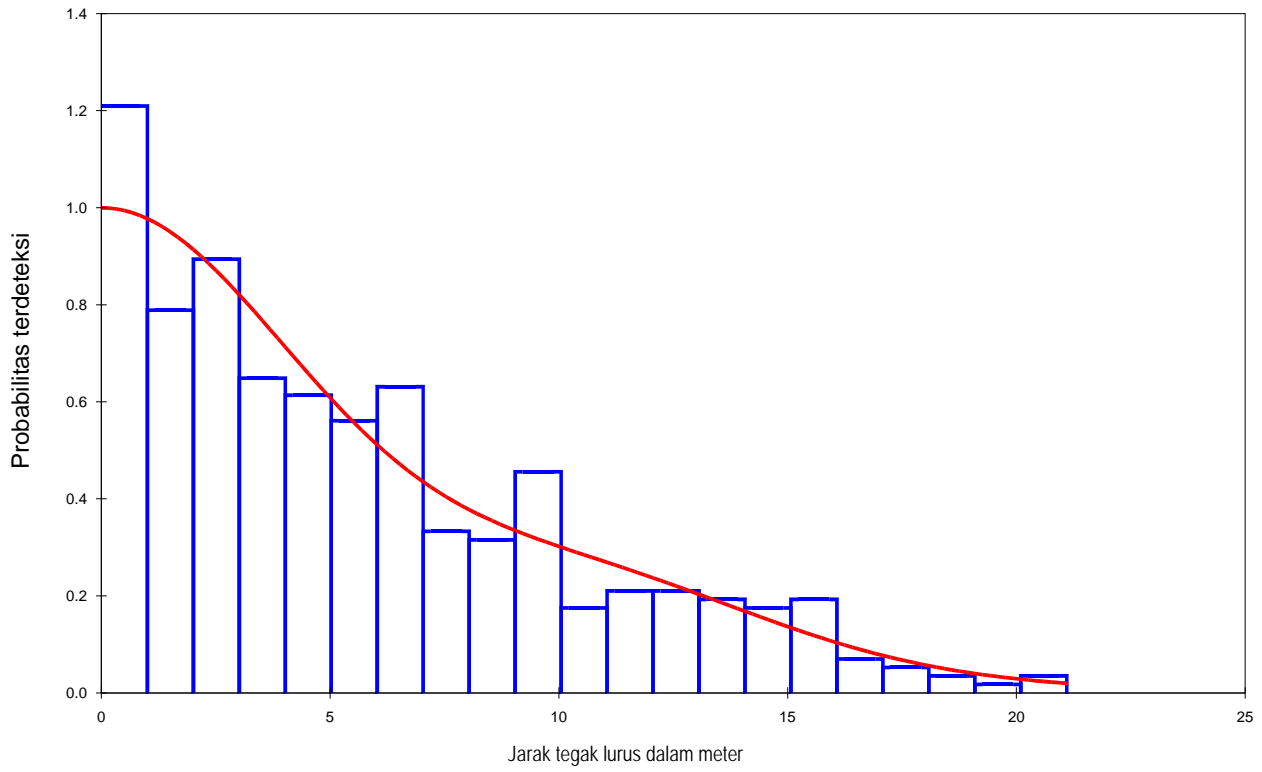
Gambar 2. Diagram histogram dari jarak tegak lurus dengan probabilitas terdeteksi untuk (a) kotoran kerbau di Loh Buaya (Pulau Rinca) dan (b) babi hutan di Loh Liang (Pulau Komodo). Gambar-gambar tersebut merupakan hasil pengolahan data dengan menggunakan program DISTANCE.

Gambar 3. Kepadatan kotoran dari tiga spesies ungulata yang menjadi mangsa Komodo di lima pulau dalam Taman Nasional Komodo, Indonesia. (a) Rusa; (b) babi hutan; (c) kerbau air. Perbedaan *Post-hoc* diantara pulau ditunjukkan oleh garis horishontal yang menandai subset homegenus yang menunjukkan perbedaan kepadatan kototan secara nyata. Angka di dalam diagram batang menunjukkan jumlah transek pada setiap pulau.

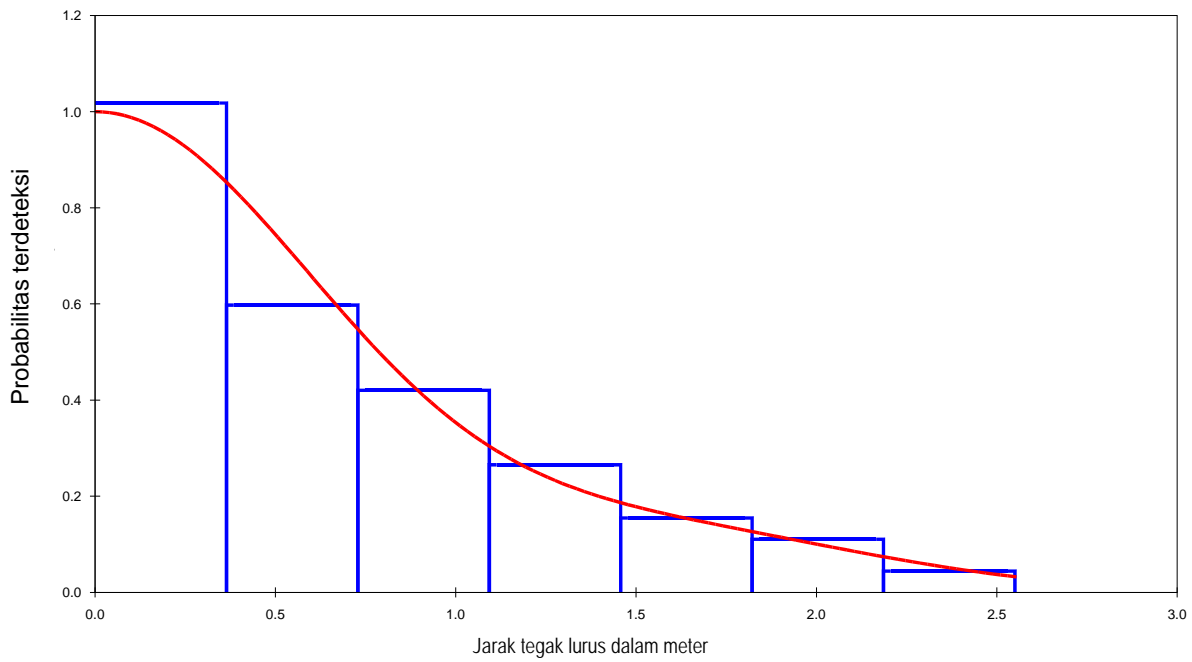


Gambar. 1.

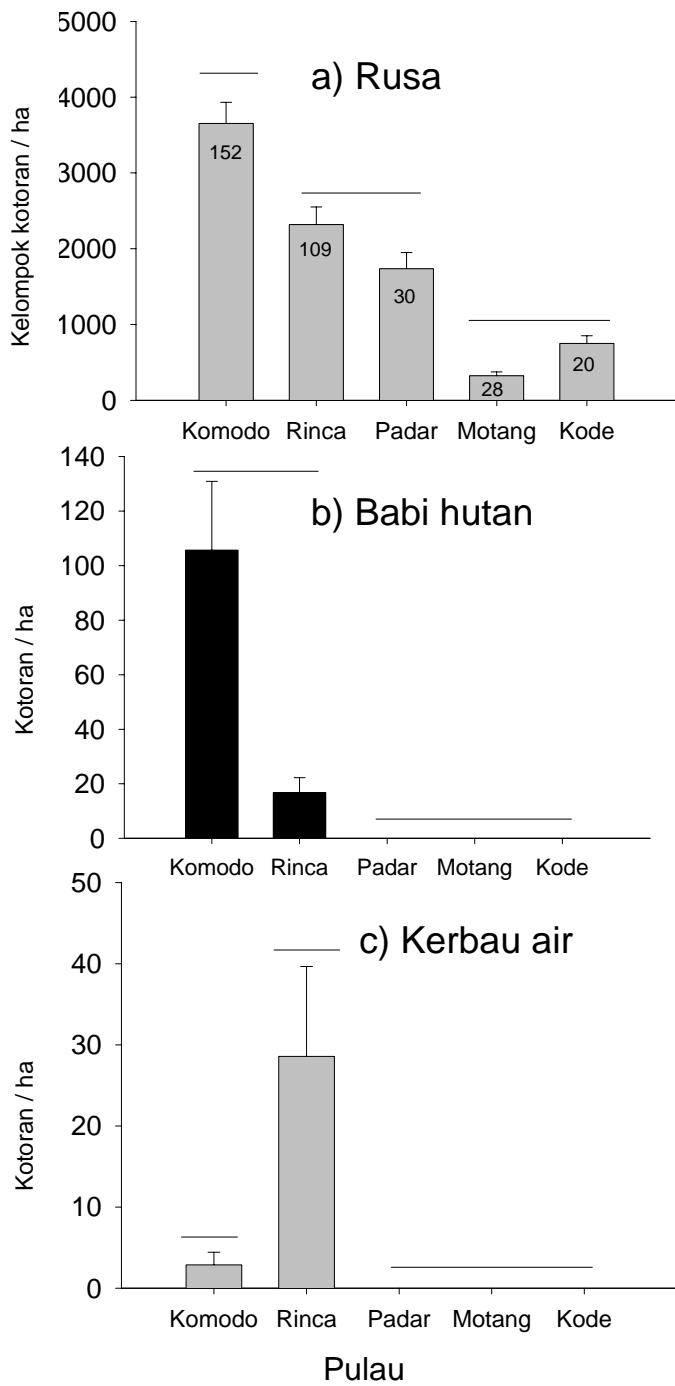
a)



b)



Gambar. 2



Gambar. 3