

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/326691909>

Effects of human activities on Komodo dragons in Komodo National Park

Article in *Biodiversity and Conservation* · November 2018

DOI: 10.1007/s10531-018-1601-3

CITATIONS

11

READS

2,248

7 authors, including:



Ardiantiono Ardiantiono

University of Kent

20 PUBLICATIONS 37 CITATIONS

SEE PROFILE



Tim S. Jessop

NSW Department of Planning and Environment

132 PUBLICATIONS 3,380 CITATIONS

SEE PROFILE



Deni Purwandana

Komodo Survival Program

46 PUBLICATIONS 533 CITATIONS

SEE PROFILE



Claudio Ciofi

University of Florence

170 PUBLICATIONS 2,602 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Island-wide survey of Asian tapir populations in Sumatra, Indonesia [View project](#)



Protected Area Management Enhancement [View project](#)

Evaluasi komprehensif efek aktivitas manusia terhadap biawak komodo di Taman Nasional Komodo.

Ardiantiono^{1,5}, Tim S. Jessop², Deni Purwandana¹, Claudio Ciofi³, M. Jeri Imansyah¹, Maria Rosdalima Panggur⁴, Achmad Ariefiandy¹

¹Komodo Survival Program, Denpasar, Bali, 80223, Indonesia.

²Centre for Integrative Ecology, School of Life and Environmental Sciences, Deakin University, Victoria, 3220 Geelong, Australia

³Department of Biology, University of Florence, 50019 Sesto Fiorentino, Italy

⁴Komodo National Park, Labuan Bajo, Flores 86554, Indonesia

⁵Wildlife Conservation Society-Indonesia Program, Bogor 16151, Indonesia

Corresponding author:

Achmad Ariefiandy. Komodo Survival Program, Denpasar, Bali, 80223, Indonesia.

E-mail: *achmad_ariiefiandy@yahoo.com*

Abstrak

Memahami bagaimana satwa terancam bisa hidup berdampingan dengan manusia dalam jangka panjang menjadi perhatian utama dalam konservasi dan manajemen satwa liar. Taman Nasional Komodo di Indonesia timur adalah satu tempat yang aman bagi populasi terbesar satwa endemik biawak komodo (*Varanus komodoensis*). Sesuai dengan kecenderungan global, spesies ini akan semakin terpapar dengan aktivitas manusia terutama ekoturisme yang terus bertumbuh.

Dalam penelitian ini, kami secara komprehensif melakukan evaluasi bagaimana aktivitas manusia, khususnya ekoturisme memengaruhi ekologi biawak komodo. Kami membandingkan respon fenotipik (perilaku, ukuran tubuh, dan kondisi tubuh) dan demografik (struktur umur, kesintasan, dan kepadatan populasi) biawak komodo terhadap variasi aktivitas manusia di Taman Nasional Komodo.

Biawak komodo menunjukkan respon fenotipik dan demografik yang nyata di area dengan aktivitas manusia tinggi dan rendah dibandingkan dengan area tanpa aktivitas. Biawak komodo yang terpapar ekoturisme menjadi kurang waspada, memiliki massa tubuh yang lebih besar, kondisi tubuh yang lebih baik, dan kesintasan yang lebih tinggi dibandingkan area tanpa atau dengan aktivitas manusia rendah. Hasil tersebut dikarenakan area ekoturisme menyediakan biawak komodo subsidi nutrisi yang substansial dan berjangka panjang sebagai konsekuensi dari pemberian makan dan buangan sisa makanan manusia.

Namun kami juga mencatat potensi konsekuensi negatif dari perubahan perilaku dan struktur populasi yang didominasi jantan dewasa di area aktivitas tinggi yang dapat menurunkan kemampuan reproduksi (*reproductive fitness*) melalui kompetisi dalam mencari pasangan. Untuk mengatasi isu ini, kami merekomendasikan tiga strategi manajemen untuk

diimplementasikan ke depan meliputi: 1) penghentian aktivitas *feeding*, 2) evaluasi berbagai model ekoturisme, dan 3) regulasi yang ketat terhadap lokasi ekoturisme.

Dalam skala lebih besar, studi ini menggarisbawahi pengaruh aktivitas manusia, khususnya ekoturisme terhadap satwa liar dan populasinya. Kami menganjurkan pengembangan kerangka kerja untuk mencapai keberlanjutan dalam aspek sosial ekonomi yang dapat menguntungkan masyarakat dan konservasi satwa liar.

Kata kunci: demografi, ekoturisme, biawak komodo, Taman Nasional Komodo, manajemen, fenotipe.

DRAFT TERJEMAHAN

Pendahuluan

Manusia telah menyebabkan perubahan skala besar dalam dinamika ekologis dan evolusi alam (Vitousek *et al.* 1997). Proses antropogenik yang mempengaruhi biodiversitas dan ekosistem meliputi eksploitasi, degradasi, dan kehilangan sumber daya alam diakibatkan modifikasi habitat, perambahan, dan pemanenan liar (Vitousek *et al.* 1997; Butchart *et al.* 2010). Ekoturisme, yang telah bertumbuh pesat dalam beberapa dekade terakhir, juga meningkatkan kekhawatiran akan dampaknya terhadap satwa liar dan habitat (Krüger 2005). Studi efek turisme pada satwa liar menunjukkan bahwa terjadi perubahan perilaku, kesehatan, kesuksesan reproduksi, dan kesintasan satwa (Schoenecker & Krausman 2002; Ellenberg *et al.* 2006; Amo, López & Martí'n 2006). Lebih lanjut, mengakomodir turisme di alam seringkali mengakibatkan pembukaan atau modifikasi habitat yang dapat mempengaruhi ketersediaan sumber daya yang selanjutnya berdampak pada ekologi satwa (Knight & Cole 1991).

Efek ekoturisme pada satwa liar berhubungan dengan volume kunjungan manusia dan keberadaan infrastruktur (Papouchis, Singer & Sloan 2001). Di sini, satwa liar dapat terkena efek langsung dan tidak langsung dari ekoturisme. Banyak satwa melihat manusia sebagai predator potensial dan meningkatkan perilaku antipredator meliputi perilaku waspada dan melarikan diri. Perilaku tersebut dapat menghabiskan waktu, energi, dan kesempatan untuk melakukan kegiatan peningkatan daya tahan tubuh (Ellenberg *et al.* 2006; Gotanda, Turgeon & Kramer 2009). Dalam kasus lain, satwa dapat juga beradaptasi dengan kehadiran manusia dengan menghentikan reaksi mereka atau menjadi terhabituasi terhadap perjumpaan dengan manusia (Herrero *et al.* 2005; Rodriguez-Prieto *et al.* 2009).

Sebagai tambahan, pemberian makanan tambahan kepada satwa liar merupakan kegiatan yang umum dilakukan berkaitan dengan ekoturisme. Praktik ini dilakukan untuk mengumpulkan satwa di lokasi spesifik dan meningkatkan kesempatan turis untuk bertemu satwa liar (Walpole 2001; Orams 2002). Untuk satwa predator besar yang biasanya pemalu atau kriptik, pemberian makan sangat berperan dalam memfasilitasi interaksi antara turis dan satwa liar (Ryan 1998; Brunnschweiler & Baensch 2011). Namun, terdapat kekhawatiran bahwa kegiatan tersebut dapat memiliki efek perubahan yang kompleks terhadap satwa melalui perubahan asupan nutrisi (dalam hal kesempatan dan komposisi). Efek nutrisi tersebut berpotensi menyebabkan beragam konsekuensi perilaku dan fisiologis yang kompleks pada satwa liar (Orams 2002; Jessop et al. 2012; Smith & Iverson 2016).

Pada akhirnya, efek ekoturisme terhadap fenotipe satwa dapat berdampak pada perubahan daya tahan (contoh: kesintasan dan reproduksi) yang kemudian mempengaruhi dinamika populasi. Respon fisiologis terhadap gangguan manusia seperti peningkatan denyut jantung, tingkat hormon stres, dan pengeluaran energi dapat memiliki konsekuensi tingkat populasi seperti penurunan kesuksesan reproduksi dan kesintasan (Dyck & Baydack 2004; Ellenberg *et al.* 2006). Sebaliknya, subsidi makanan di area ekoturisme dapat meningkatkan kualitas fenotipik satwa dan memengaruhi parameter demografik seperti fekunditas, kesintasan, dan pertumbuhan populasi (Orams 2002; Jessop *et al.* 2012). Oleh karena itu, untuk memahami efek aktivitas manusia terhadap satwa liar, diperlukan evaluasi konsekuensi di tingkat individu dan populasi untuk menaksir secara keseluruhan implikasi dari manajemen konservasi.

Situs warisan dunia Taman Nasional Komodo (TNK) merupakan salah satu kawasan konservasi utama di Indonesia bagian timur dan terdiri dari ekosistem darat dan laut. Alasan utama dibentuknya taman nasional ini adalah untuk konservasi satwa endemik biawak komodo yang

ikonik (Ramono, Wawandono & Subijanto 2000). Biawak komodo adalah kadal predator besar (bobot mencapai 87 kg dan panjang 3 m) dan berumur panjang (hingga 60 tahun) (Auffenberg 1981; Jessop *et al.* 2006 and Laver *et al.* 2012). Kadal tersebut memiliki distribusi yang sangat terbatas dan populasi mereka saat ini hanya ditemukan di lima pulau, empat di antaranya di dalam kawasan Taman Nasional Komodo (Ciofi & de Boer 2004). Biawak komodo merupakan *flagship species* dan menjadi pusat atraksi turisme utama di TNK (Auffenberg 1981; Walpole 2001).

Walau terdapat beberapa studi yang melaporkan pengaruh lingkungan dan ekologis terhadap karakteristik fenotifik dan populasi biawak komodo, masih terdapat keterbatasan pemahaman tentang pengaruh aktivitas manusia terhadap ekologi komodo di TNK (Purwandana *et al.* 2014, 2015). Kajian terdahulu melaporkan bahwa pemberian makan pada tahun 1980-1990an untuk membantu turis bertemu dengan komodo telah mendorong peningkatan kepadatan biawak komodo hingga enam kali lipat di area pemberian makan dibandingkan dengan area lainnya (Walpole 2001). Namun studi tersebut tidak dapat menyimpulkan apakah efek pemberian makan terhadap kepadatan muncul karena makanan menarik individu atau karena peningkatan reproduksi dan kesintasan akibat input nutrisi. Meskipun demikian, studi tersebut menunjukkan bahwa aktivitas ekoturisme dapat merubah ekologi biawak komodo, suatu informasi yang perlu untuk diteliti lebih lanjut mengingat TNK saat ini dikunjungi lebih dari 50.000 orang setiap tahunnya (Balai Taman Nasional Komodo 2014). Selain pemberian makan, aktivitas yang terkait ekoturisme lainnya juga dapat memengaruhi biawak komodo, yang meliputi peningkatan pertemuan dengan manusia karena turis berjalan di habitat biawak komodo. hal lain yang terkait pembangunan infrastruktur yang digunakan oleh petugas taman nasional (kantor, pos polisi hutan, dan rumah tidur) dan turis (kafetaria), juga mengarah kepada perubahan

struktur habitat lokal dan berperan dalam menyediakan subsidi makanan melalui buangan sisa makanan.

Studi ini bertujuan untuk memahami sejauh mana dampak aktivitas manusia terhadap biawak komodo dengan mendokumentasikan respon perilaku (tipe reaksi awal dan jarak pendekatan), morfologi (ukuran dan kondisi tubuh), dan demografi (struktur umur, kesintasan, dan kepadatan populasi). Untuk melakukan pengukuran tersebut, kami membandingkan respon fenotipik dan demografik biawak komodo di tiga level aktivitas manusia: 1) aktivitas tinggi dari ekoturisme, 2) aktivitas rendah tapi rutin dari polisi hutan, dan 3) tanpa aktivitas manusia/ sangat terbatas. Di TNK, perbedaan intensitas aktivitas tersebut terbagi berdasarkan zonasi taman nasional.

Material dan Metode

Area Studi

Kami mempelajari populasi Biawak Komodo di Pulau Komodo (luas 393,4 km²) dan Pulau Rinca (luas 278,0 km²). Keduanya termasuk ke dalam wilayah Taman Nasional Komodo (TNK) (8°35'22"S, 119°36'52"E) di Indonesia bagian timur (Gambar 1). Kedua pulau tersebut memiliki iklim monsoon tropis, dengan curah hujan paling besar (rerata <500 mm) terjadi antara bulan Desember dan Februari (Monk, De Fretes & Reksodiharjo-Lilley 2013). Pulau tersebut memiliki topografi yang berbukit dengan ketinggian maksimum 735 mdpl (Pulau Komodo). Aktivitas wisata terfokus di dua lokasi di Pulau Komodo dan Rinca (~ 5% dari luas total pulau). Perburuan biawak komodo dan satwa liar dilarang di TNK, dan polisi hutan secara rutin berpatroli di pulau.

Kami melakukan kegiatan *capture-mark-recapture* jangka panjang di delapan lokasi studi yang tersebar di dua pulau selama musim kemarau (Maret-November) tahun 2002-2012. Empat lokasi terletak di Pulau Komodo: 1) Loh Liang (K1; 5,6 km²), 2) Loh Lawi (K2; 9,2 km²), 3) Loh Sebita (K3; 3,8 km²), dan 4) Loh Wau (K4; 1,6 km²). Empat lokasi lainnya berada di Pulau Rinca: 5) Loh Buaya (R1; 4,5 km²), 6) Loh Baru (R2; 3,4 km²), 7) Loh Tongker (R3; 3,1 km²), dan 8) Loh Dasami (R4; 2,3 km²). Lokasi tersebut juga merupakan lokasi pengambilan data respon perilaku biawak komodo selama periode Agustus-September 2013.

Delapan lokasi studi kemudian dibagi menjadi tiga kategori berdasarkan tingkat aktivitas manusianya:

1. Tinggi (lokasi K1, R1; Gambar 1): lokasi ini menampung tingkat tertinggi aktivitas manusia (~500/orang/hari/lokasi) sebagai konsekuensi dari kunjungan turis (rerata 30.757 dengan rentang 11.587-63.801 pengunjung per tahun antara 2002 dan 2013) dan kehadiran permanen dari petugas TNK (~10-15/orang/hari/lokasi). Lokasi memiliki bangunan permanen (luas ~600 m²) yang menyediakan akomodasi dan kantor bagi petugas taman nasional dan kafetaria bagi turis. Habitat sekitar bangunan (~1 ha) telah dimodifikasi untuk mengurangi tutupan pohon dan memperluas ruang terbuka.

Aktivitas manusia lainnya di lokasi ini meliputi pemberian makan dari pengumpanan menggunakan daging kambing untuk menarik biawak komodo di lokasi ekowisata dan buangan sisa makanan dari kafetaria dan pos petugas. Habitat di lokasi tersebut secara rutin terpapar oleh kunjungan manusia melalui patroli polhut (untuk monitoring satwa liar dan aktivitas ilegal) dan *trekking* oleh turis. Aktivitas tersebut banyak terkonsentrasi di sepanjang jalur *trekking* yang tersebar di lokasi studi.

2) Rendah (lokasi K3, K4, R2; Gambar 1): lokasi ini menampung aktivitas manusia dalam tingkat rendah (~3 orang/hari/lokasi). Setiap lokasi memiliki satu bangunan kecil (~144 m²) yang dihuni permanen oleh 2-3 polhut. Di sini, pemberian makan kepada biawak komodo terjadi secara terbatas akibat buangan sisa makanan petugas. Patroli rutin oleh polhut TN dilakukan setiap dua hari sekali dan kunjungan tidak rutin sesekali terjadi.

3) Tanpa aktivitas manusia/sangat terbatas (K2, R3, R4; Gambar 1): lokasi ini terdiri dari habitat taman nasional yang tidak atau terpapar sangat sedikit aktivitas manusia karena tidak adanya bangunan permanen, kunjungan turis, dan kehadiran manusia yang rutin.

Protokol Lapangan

Evaluasi Respon Perilaku Biawak Komodo terhadap Aktivitas Manusia

Kami mengoleksi data perilaku selama 2-3 hari pada setiap lokasi studi, dengan periode observasi antara pukul 0700-1600. Observasi dilakukan bersamaan dengan program monitoring tahunan pada tahun 2013, yang meliputi hampir seluruh wilayah lokasi studi. Respon perilaku dibagi menjadi tipe reaksi awal dan jarak pendekatan (*Approach Distance/AD*).

Setiap kali seekor biawak komodo dijumpai, pengamat (ARD/AA) mendekati komodo dengan berjalan lurus dan perlahan, dan mencatat AD ketika komodo menghentikan aktivitasnya dan melakukan kontak mata dengan pengamat. Setelah mengukur AD, pengamat berdiri dan menunggu hingga muncul reaksi dari komodo. Reaksi awal biawak komodo terhadap manusia, dalam hal ini pengamat, dibagi menjadi tiga tipe: atraksi (komodo mendekati pengamat), menghindar (komodo menjauhi pengamat), dan tidak ada reaksi (komodo tidak bereaksi terhadap pengamat dan melanjutkan aktivitas).

Evaluasi Respon Morfologik dan Demografik Biawak Komodo terhadap Aktivitas Manusia.

Protokol Penjebakan

Kami melakukan kegiatan tahunan penjebakan biawak komodo untuk mendapatkan data respon fenotipik dan demografik terhadap aktivitas manusia. Kami menggunakan perangkap aluminium (panjang 300 cm x tinggi 50 cm x lebar 50 cm), masing-masing dilengkapi dengan pintu depan yang terhubung kabel untuk menangkap biawak komodo. Sebanyak 175 lokasi perangkap dipasang di delapan lokasi studi dengan rincian di lokasi Pulau Komodo: K1, K2, K3, dan K4 terdiri dari 32, 32, 21, dan sembilan lokasi perangkap dan di Pulau Rinca: R1, R2, R3, dan R4 terdapat of 22, 22, 13 dan 24 lokasi. Lokasi perangkap lebih banyak berada di hutan monsoon yang dianggap sebagai habitat kualitas tinggi bagi komodo.

Perangkap diposisikan di area ternaung untuk mencegah panas berlebih pada individu tertangkap. Kami menggunakan daging kambing (~0,5 kg) sebagai umpan untuk menarik biawak komodo ke dalam perangkap. Sebagai tambahan, kantung berisi daging digantung setinggi 3-4 m di atas perangkap untuk jangkauan yang lebih luas. Perangkap dapat menangkap seluruh ukuran biawak komodo kecuali tetasan dan anakan (massa tubuh <1,5 kg) yang masih hidup arboreal.

Durasi penjebakan bervariasi antara 9-14 hari untuk menyisir seluruh lokasi perangkap di tiap lokasi studi. Kegiatan lapangan dilakukan pada musim kemarau (Maret-September) setiap tahunnya. Di dalam lokasi studi, perangkap dipasang selama tiga hari dan dilakukan pengecekan dua kali sehari antara pukul 0800-1100 dan 1400-1700 dengan rentang ~6 jam. Jika biawak komodo terdeteksi dalam radius 50 m dari perangkap, kami mencoba untuk menangkap langsung dengan tongkat laso untuk meningkatkan ukuran sampel di tiap lokasi perangkap.

Setelah tertangkap, biawak komodo diikat dengan tali dan mulut mereka diselotip. Kami mengukur panjang *snout to vent*/SVL sebanyak dua kali untuk setiap individu menggunakan pita meteran dari ujung moncong hingga kloaka. Panjang total tubuh komodo (TBL) diukur dari ujung moncong hingga ujung ekor. Massa tubuh didapatkan dengan timbangan digital. Setiap komodo diidentifikasi secara permanen dengan menggunakan transponder (Trovan ID100a, Microchips Australia Pty Ltd., Australia) yang diselipkan di antara dermis dan otot bagian atas dari kaki kanan bawah. Sebagai tambahan, kami menandai punggung komodo dengan kode menggunakan cat khusus (spidol non-toksin) untuk meningkatkan kemampuan kami mengenali individu komodo. Kami membatasi waktu proses di bawah 20 menit sebelum komodo dilepas di lokasi perangkap.

Ukuran dan Kondisi Tubuh

Massa tubuh individu biawak komodo dicatat sebagai ukuran tubuh. Kondisi tubuh dihitung menggunakan residual dari persamaan regresi log natural transformasi massa tubuh dengan panjang tubuh (TBL, log natural transformasi). Kami mentransformasi data untuk mengurangi efek perubahan tubuh ontogenik agar menghilangkan perbedaan alometrik pada kondisi tubuh.

Kesintasan Populasi

Kami menghimpun data individu tertangkap dan tertandai untuk membuat matriks tangkapan. Analisis kesintasan dilakukan menggunakan model Cormack–Jolly–Seber (CJS) di program MARK (White & Burnham 1999). Analisis tersebut mengestimasi kesintasan yang teramati, bukan kesintasan sejati karena kematian dan emigrasi tidak dapat dipisahkan dalam model CJS (Schaub *et al.* 2004). Kesintasan teramati merupakan estimasi rendah dari kesintasan sejati, tapi karena emigrasi jarang terjadi dalam sistem studi kami, perbedaan antara keduanya akan rendah.

Analisis dilakukan dengan satu set data dimana setiap lokasi dikode berdasarkan level aktivitas manusia (tinggi, rendah, tidak ada). Untuk mengestimasi kesintasan, kami membuat kumpulan model kandidat untuk analisis, mengevaluasi *goodness-of-fit*, dan mengestimasi parameter overdispersi (\hat{c}) dari set data. Kami menggunakan pendekatan informasi teoritik untuk memilih model terbaik melalui *AICc model selection criterion* (semakin rendah nilai AICc menunjukkan model semakin baik). Model kemudian diperingkat berdasarkan nilai *quasi-likelihood AICc value* (QAICc) untuk memperhitungkan overdispersi. Berat model (w) dihitung untuk mengevaluasi kekuatan yang mendukung model tersebut. Pada akhirnya, kami mengestimasi parameter dari model terbaik (berat model ≥ 0.9), atau jika tidak, kami menggunakan pendekatan pemerataan model (dilakukan di program MARK) yang menggabungkan seluruh model dengan dukungan tinggi ($\Delta AIC < 2$ dari model terbaik).

Kumpulan 16 model kandidat diuji untuk melihat estimasi kesintasan biawak komodo di tiap kelompok aktivitas. Model tersebut memperhitungkan variasi kombinasi parameter yang memengaruhi Φ dan p . Untuk memodelkan variasi kesintasan dalam kelompok, kami juga memperhitungkan model *null*, waktu penuh, dan bergantung-kelompok untuk memungkinkan pengujian model yang sesuai dengan spesifikasi kelompok. Di sini, parameter probabilitas kesintasan dan tangkapan disesuaikan dengan kombinasi waktu (t), kelompok aktivitas (g), atau konstanta.

Estimasi Kepadatan Populasi

Estimasi kepadatan didapatkan melalui formulasi POPAN dalam metode Jolly-Seber (JS) (Arnason & Schwarz 1995; Schwarz & Arnason 1996). Parameter yang dapat diestimasi dari model POPAN JS meliputi: Φ (kesintasan terlihat), p (probabilitas tangkapan kembali), PENT (probabilitas masuk ke dalam populasi pada setiap ulangan), dan N (ukuran populasi-super

misalnya total individu yang hadir di dalam populasi selama periode studi). Model JS ini diasumsikan terbuka dan mengizinkan tambahan (kelahiran dan imigrasi) dan kehilangan (kematian dan emigrasi) di antara periode sampling (Schwarz & Arnason 1996).

Kumpulan 32 kandidat model JS diuji dalam set data tangkapan biawak komodo dimana parameter kesintasan (Φ) dan tangkapan ulang (p) diestimasi dengan memperhitungkan seluruh kombinasi konstanta waktu (\cdot) atau variabel (t) waktu dan efek kelompok. Parameter PENT dimodelkan berdasarkan kombinasi variabel waktu atau kelompok per waktu. Parameter N dimodelkan sebagai fungsi dari kelompok (N_g). POPAN menghasilkan dua estimasi kelimpahan populasi: estimasi populasi-super (N) dan turunan parameter kelimpahan tahunan (N_g, t) untuk setiap tingkat aktivitas manusia (g) pada setiap periode sampling tahunan (t). Dalam studi ini kami merujuk pada yang kedua karena kami hanya ingin menghitung kelimpahan total di area aktivitas manusia. Kami menguji *goodness-of-fit* dari model global dan mengestimasi overdispersi menggunakan median \hat{c} di program MARK. Kelimpahan populasi biawak komodo kemudian diestimasi untuk setiap tingkat aktivitas manusia menggunakan data 2011/2012 (sampling terakhir) yang diturunkan dari estimasi kelimpahan populasi tahunan (dengan SEM; CI 95%).

Asumsi kunci dari model CJS adalah: 1) probabilitas tangkapan individu di dalam populasi adalah sama; 2) tangkapan tidak bersifat letal dan merupakan peristiwa yang singkat; dan 3) emigrasi bersifat permanen (Williams, Nichols & Conroy 2002). Kami tidak percaya bahwa asumsi tersebut dilanggar karena beberapa alasan. Biawak komodo memiliki aktivitas sepanjang tahun dan tidak terlalu sensitif terhadap variasi suhu musiman. Mereka juga tidak memiliki variasi perilaku respon spesifik-lokasi terhadap perangkap yang dapat memengaruhi probabilitas tangkapan yang penting untuk estimasi kesintasan biawak (Purwandana *et al.* 2014). Peristiwa

penangkapan biawak komodo berdurasi pendek (<3 jam) dan tidak ada kematian selama kegiatan. Terakhir, hanya sedikit kasus pergerakan biawak komodo antar lokasi (emigrasi) dalam studi kami.

Analisis Statistik

Efek aktivitas manusia terhadap data fenotipik dan demografik dianalisis menggunakan model *generalized linear mixed effect*. Karena beberapa tipe data (contoh perilaku dan kategori umur) didapatkan dari distribusi non-gaussian, maka model tersebut dimasukkan dalam distribusi yang sesuai (contohnya binomial dan multinomial) dan *canonical link* (contohnya identity and logit). Lokasi dan identitas individu (untuk data massa dan kondisi tubuh yang diukur berulang dari individu sama), dianggap sebagai efek acak dalam model. Seluruh model dijalankan dengan SPSS v.23 (IBM).

Hasil

Respon Fenotipik Biawak Komodo

Perilaku

Kami mencatat respon perilaku 54 biawak komodo yang diobservasi di lokasi studi: 1) aktivitas tinggi (n=29); 2) rendah (n=11); dan 3) tidak ada (n=14). Kami menemukan perbedaan signifikan dari tipe reaksi awal komodo di lokasi dengan tingkat aktivitas manusia yang berbeda (GLMM, $F_{2, 51} = 3.92$, $P = 0.026$; Fig. 2A). Biawak komodo di lokasi tinggi memiliki proporsi tidak bereaksi yang lebih besar sementara biawak komodo di lokasi tanpa aktivitas cenderung lari atau menjauh (menghindar) ketika ditemui. Analisis lebih lanjut menunjukkan jarak

pendekatan (AD) biawak komodo tidak berbeda dalam respon terhadap tingkat aktivitas manusia (GLMM, $F_{2,51}=0.86$, $P= 0.44$; Gambar 2B).

Massa Tubuh

Terdapat efek signifikan aktivitas manusia terhadap rerata massa tubuh Biawak Komodo antar lokasi studi (GLMM, $F_{2,1871} = 21.36$, $P < 0.001$). Rerata massa tubuh komodo yang tertangkap di lokasi aktivitas tinggi dan rendah signifikan lebih tinggi dibandingkan komodo di lokasi tanpa aktivitas manusia (Post-hoc tests, $P < 0.05$; Gambar 3A). Tidak terdapat perbedaan nyata massa tubuh komodo di lokasi tinggi dan rendah (Post-hoc tests; $P = 0.165$).

Kondisi tubuh

Perbedaan signifikan terukur pada kondisi tubuh (massa/TBL) biawak komodo di tiga tingkat aktivitas manusia (GLMM $_{2, 1871}$, $F = 3.94$, $P = 0.020$; Gambar 3B). Kondisi tubuh Biawak Komodo yang tertangkap di area pos polisi hutan menurun secara signifikan ($P < 0.05$) dibandingkan individu di lokasi tinggi ataupun tanpa aktivitas manusia.

Respon Demografik Biawak Komodo

Proporsi Kelas Umur

Komposisi kelas umur biawak komodo secara signifikan dipengaruhi oleh aktivitas manusia (GLMM $_{2,1871}$, $F = 9.28$, $P < 0.001$; Gambar 4A). Populasi pada lokasi aktivitas tinggi memiliki proporsi biawak komodo dewasa yang lebih besar dibandingkan lokasi tanpa aktivitas manusia.

Estimasi Kesintasan

Para tahun 2003-2012 terdapat 825 perjumpaan individu biawak komodo yang tertangkap dari 1.856 usaha *trapping*. Data tersebut dianalisis menggunakan set 16 kandidat model CJS yang

diperingkat menggunakan kriteria model terbaik untuk menghitung efek aktivitas manusia dan variasi tahunan terhadap estimasi kesintasan terlihat dan probabilitas tangkapan ulang (Tabel 1). Model terbaik [$\Phi(g) p(t)$] mendapatkan dukungan yang tinggi ($\omega = 0.92$) dan mengindikasikan kesintasan biawak komodo dipengaruhi kuat oleh aktivitas manusia. Kesintasan paling tinggi terdapat di populasi biawak komodo yang menghuni lokasi aktivitas tinggi disusul lokasi rendah dan lokasi tanpa aktivitas manusia (Gambar 4b).

Kepadatan Populasi

Estimasi kepadatan populasi didapatkan dari set 18 kandidat model populasi terbuka Jolly-Seber (POPAN) yang diperingkat berdasarkan kriteria model terbaik untuk mendapatkan turunan kelimpahan populasi biawak komodo yang menghuni habitat dengan tingkat aktivitas yang berbeda (Tabel 2). Model terbaik [$\Phi(g) p(.) pent(t) N(.)$] mengindikasikan bahwa parameter kelimpahan (N) paling baik diformulasikan dalam bentuk parameter konstanta. Lebih lanjut, kepadatan populasi biawak komodo tampak tidak berbeda nyata dalam respon terhadap aktivitas manusia yang berbeda (Gambar 4c).

Diskusi

Sejauh mana satwa terancam dapat hidup berdampingan dengan manusia dalam jangka panjang menjadi perhatian utama dalam ilmu dan kebijakan konservasi (Carter *et al.* 2012). Situs warisan dunia Taman Nasional Komodo (TNK), masih menjadi kawasan perlindungan terbesar biawak komodo di Indonesia bagian timur. Secara umum, biawak komodo tampak mampu koeksis dengan tingkat aktivitas manusia di TNK saat ini. Hal ini kontras dengan kasus kepunahan lokal yang terjadi pada populasi biawak komodo di lokasi lain (Flores) yang terpapar oleh aktivitas manusia seperti modifikasi habitat (Ariefiandy *et al.* 2015). Walaupun begitu,

pemaparan terhadap aktivitas manusia, khususnya ekoturisme, dapat memengaruhi ekologi biawak komodo pada aspek fenotipe dan demografi mereka.

Efek terhadap Atribut Fenotipik Biawak Komodo

Terdapat efek yang konsisten pada biawak komodo yang tinggal di lokasi aktivitas tinggi atau ekoturisme yang ditandai dengan adanya perbedaan perilaku dan morfologi. Di sini, biawak komodo menunjukkan perilaku yang mengindikasikan proses habituasi terhadap manusia dengan berkurangnya respon negatif (menghindari). Reaksi ini mungkin muncul akibat interaksi netral dengan manusia yang berulang hingga tahap manfaat tidak bereaksi terhadap manusia melebihi resiko yang dipersepsikan (Knight & Cole 1991; Rodriguez-Prieto *et al.* 2009). Dengan menghentikan reaksi, biawak komodo menghemat energi untuk melakukan perilaku antipredator yang memiliki dampak fisiologis (Romero & Wikelski 2002). Namun, penurunan kewaspadaan dan rasa takut terhadap manusia dapat memiliki konsekuensi yang tidak diinginkan. Biawak komodo yang terhabituasi sering ditemukan di dekat desa (misalnya Kampung Komodo dekat Loh Liang) dan menyebabkan konflik karena memangsa ternak (Ardiantiono 2014). Juga dalam beberapa tahun terakhir, terdapat beberapa serangan non-letal oleh komodo terhabituasi kepada petugas taman nasional dan yang terbaru (2017) terhadap turis di lokasi ekoturisme.

Bersamaan dengan perbedaan perilaku, peningkatan ukuran tubuh dan kualitas kondisi tubuh juga teramati pada populasi biawak komodo di lokasi ekoturisme dibandingkan lokasi lain di taman nasional. Perubahan fisik ini dikarenakan biawak komodo di lokasi ekoturisme menerima subsidi makanan sebagai konsekuensi langsung dari pemberian makan dan buangan sisa makanan dari pos petugas. Mengingat perubahan fenotipik tersebut berdasarkan pengukuran di tingkat lokasi studi (beberapa kilometer persegi habitat), hal ini menunjukkan bahwa subsidi

makanan memiliki efek skala besar terhadap biawak komodo yang membentang hingga ke luar dari area subsidi makan.

Sebagai hewan yang mengandalkan mekanisme pengaturan suhu secara ektoterm dan efisien dalam mengasimilasi makanan, agaknya akan cenderung sensitif terhadap asupan nutrisi buatan yang menghalangi kualitas dan jumlah nutrisi makro dan mikro yang dicerna (Jessop *et al.* 2012). Pentingnya efek tersebut sesuai dengan yang dilaporkan oleh Walpole (2001) yang mengindikasikan walaupun dilakukan secara oportunistik, pemberian makan yang berlanjut menyebabkan efek jangka panjang terhadap biawak komodo. Menariknya, di lokasi aktivitas rendah, biawak komodo memiliki kondisi tubuh yang lebih rendah walau massa tubuh mereka lebih berat dari komodo di lokasi tanpa aktivitas manusia. Hal ini dikarenakan kuantitas subsidi makanan yang kurang akibat tidak adanya pemberian makanan seperti di lokasi ekoturisme. Kemungkinan, biawak komodo yang berukuran besar datang ke pos petugas tetapi tidak mendapatkan subsidi energi yang cukup untuk menjaga kondisi tubuh mereka.

Efek terhadap Atribut Demografik Biawak Komodo

Efek fenotipik dari aktivitas manusia juga memiliki konsekuensi demografik bagi biawak komodo. Kami menemukan bukti bahwa biawak komodo yang tinggal di lokasi ekoturisme memiliki struktur seks jantan yang lebih banyak, kesintasan yang lebih tinggi, tapi yang menarik adalah kepadatan populasi mereka tidak berbeda dengan lokasi lainnya. Hasil demografik tersebut menunjukkan bahwa subsidi makanan menyediakan input nutrisi yang memiliki efek nyata bagi struktur populasi dan laju kesintasan biawak komodo (Oro *et al.* 2004; Dempster *et al.* 2011; Jessop *et al.* 2012).

Struktur kelas umur populasi di lokasi ekoturisme lebih bias ke individu dewasa, dan melihat peningkatan massa tubuh, kemungkinan rasio seks dewasa lebih condong ke individu jantan

dewasa. Oleh karena itu, efek fenotipik tidak hanya muncul akibat subsidi makanan, tapi mungkin juga dikarenakan rasio yang dominan jantan dewasa. Habitat yang disubsidi makanan cenderung menarik jantan yang lebih besar dan dapat memonopoli makanan dengan secara agresif mengusir individu yang lebih kecil. Bias kelas umur ini, bersama dengan manfaat langsung dari input nutrisi dapat menjelaskan peningkatan kesintasan yang teramati di lokasi ekoturisme; dimana jantan dewasa memiliki kesintasan paling tinggi di antara komodo lainnya (Laver *et al.* 2012). Kemungkinan lain adalah sumber makanan menarik individu besar dengan genotif *fitness* tinggi yang dapat berkompetisi di lokasi ekoturisme. Bersamaan dengan itu, lokasi ekoturisme dapat mendorong seleksi lokal untuk individu dengan daya tahan tinggi yang dapat berkontribusi terhadap peningkatan kesintasan yang kemudian mengubah dinamika populasi alami (Oro *et al.* 2004). Walaupun hasil serupa dapat muncul jika lokasi ekoturisme memiliki kepadatan satwa mangsa yang tinggi, hal ini tampaknya tidak sesuai karena hasil monitoring jangka panjang mangsa ungulata tidak mendukung hipotesis ini (Purwandana *et al.* 2015; Ariefiandy *et al.* 2016).

Akan tetapi dengan mengesampingkan manfaat potensial fenotipik dan demografik, struktur populasi yang bias jantan dewasa dapat memiliki konsekuensi negatif terhadap populasi lokal biawak komodo. Sebagai contoh, kepadatan populasi biawak komodo ternyata tidak lebih tinggi di lokasi ekoturisme. Hal ini mungkin menandai bahwa rasio dominan jantan menyebabkan peningkatan kompetisi dalam mencari pasangan yang berpotensi membatasi luaran reproduksi sehingga menghambat pertumbuhan populasi lokal dan membatasi kepadatan populasi (Kvarnemo & Ahnesjo 1996). Dalam hal ini, lokasi ekoturisme dapat menjadi perangkap ekologis karena mereka merupakan habitat kualitas rendah yang lebih dipilih oleh biawak komodo dibandingkan lokasi lain dimana keuntungan daya tahan lebih tinggi (Gilroy &

Sutherland 2007). Secara garis besar, perangkat ekologis adalah habitat yang menarik bagi satwa tapi secara demografis berfungsi sebagai populasi penerima (*sink population*) (Fletcher, Orrock & Robertson 2012). Perangkat ekologis dapat muncul ketika ada perbedaan antara preferensi habitat biawak komodo dengan konsekuensi daya tahan dari pilihan habitat mereka (Battin 2004). Oleh karena itu, hingga batas tertentu lokasi ekoturisme dapat berfungsi sebagai perangkat ekologis bagi biawak komodo jantan yang menganggap habitat tersebut berkualitas tinggi tetapi di sana pula *fitness* reproduksi mereka berkurang (Battin 2004; Letnic *et al.* 2015).

Implikasi bagi Manajemen Biawak Komodo

Studi kami menunjukkan bahwa aktivitas manusia, khususnya ekoturisme, memiliki efek penting terhadap ekologi biawak komodo. Efek tersebut muncul tidak hanya dari kunjungan turis, tapi juga dari subsidi makanan (pemberian makan dan buangan sisa makanan) di dalam habitat biawak komodo.

Ekoturisme memiliki potensi untuk menghasilkan manfaat jangka panjang jika mampu menyediakan sumber ekonomi tambahan kepada pengelola taman nasional atau kesempatan kerja bagi masyarakat lokal (Walpole, Goodwin & Ward 2001). Akan tetapi, ekspansi aktivitas ekoturisme harus dipertimbangkan dengan seksama untuk mengurangi dampak negatif terhadap populasi biawak komodo yang dapat menyebabkan konsekuensi tidak diinginkan terhadap manusia (pemangsaan ternak atau serangan terhadap manusia) (Schoenecker & Krausman 2002; Ellenberg *et al.* 2006; Amo, López & Martín 2006). Untuk menekan dampak yang ada dan akan datang, kami merekomendasikan tiga strategi manajemen untuk dipertimbangkan oleh TNK.

Pertama, manajemen penyediaan subsidi makanan, yang muncul sebagai konsekuensi untuk meningkatkan kepuasan turis di lokasi ekoturisme dan buangan sisa makanan dari kafetaria atau pos petugas harus diatur secara ketat. Idealnya, praktik pemberian makan harus dihentikan dan perlu disediakan sistem pengolahan limbah yang lebih baik (misalnya sampah dikeluarkan dari pulau dan dibuang di area urban di pulau Flores). Pengelolaan tersebut dapat mengurangi efek antropogenik terhadap parameter fenotipik dan demografik biawak komodo.

Kedua, perlu dilakukan diversifikasi model ekoturisme untuk memberikan pengalaman yang berbeda kepada turis sekaligus mengurangi pengaruh aktivitas manusia terhadap biawak komodo dan habitat. Hal ini dapat dilakukan dengan meningkatkan edukasi atau penyadartahuan tentang pentingnya menjaga habitat darat dan laut TNK lebih dari sekedar hanya melihat biawak komodo. Penyediaan media interpretasi (misalnya pusat pengunjung) atau aktivitas alternatif (trekking di luar habitat komodo) dapat lebih lanjut mengurangi interaksi langsung antara manusia dan biawak komodo.

Ketiga, seiring prediksi pertumbuhan ekoturisme yang semakin pesat, resiko juga akan meningkat dan berdampak kepada TNK. Patut disyukuri bahwa hampir seluruh infrastruktur turisme (bandara, resort, hotel, dan restoran) yang dibutuhkan untuk memfasilitasi ekoturisme di TNK terletak di pulau Flores. Namun, jika ke depan ada rencana pembangunan resort di dalam kawasan taman nasional, maka penting untuk memahami bahwa keberadaan infrastruktur dapat berdampak langsung maupun tidak langsung terhadap aset lingkungan TNK. Peningkatan kunjungan, perlu diatur secara seksama melalui pembatasan spasial lokasi-lokasi dimana turis dapat mengamati biawak komodo secara langsung. Hal ini bertujuan untuk menjamin bahwa interaksi manusia-biawak komodo dibatasi hanya pada area kecil di TNK. Dengan adanya peningkatan kunjungan turis dan bukti meningkatnya dampak terhadap biawak komodo dan

habitatnya maka kami mengadvokasi pendekatan wisata regional dimana aktivitas ekowisata baru dan infrastukturnya dikembangkan di lokasi lain (dengan membangun turisme di kawasan konservasi lain di dalam distribusi biawak komodo) dengan tujuan untuk mengurangi efek turisme di TNK.

Kesimpulan

Dalam skala besar, studi ini menekankan pentingnya menilai efek aktivitas manusia khususnya ekoturisme terhadap satwa liar di Indonesia. Saat ini, pemerintah Indonesia menargetkan 21,5 kunjungan turis (20 juta dan 1,5 juta pengunjung lokal dan internasional, berurutan) ke kawasan konservasi (taman nasional dan suaka margasatwa) selama periode 2015-2019 (Kehutanan 2015). Sebagai konsekuensi, tekanan dari ekoturisme terhadap satwa liar akan semakin meningkat seperti halnya yang terjadi di situs warisan dunia lainnya seperti Galapagos. Kami mengadvokasi pengembangan kerangka kerja yang dapat mencapai keberlanjutan dalam aspek sosial ekonomi yang dapat menguntungkan masyarakat dan konservasi satwa liar (Walsh and Mena, 2016).

Kontribusi Penulis

AR, TSJ, dan AA menyusun ide dan studi; DP, AA, MJI, TSJ, dan AR mengoleksi data; TSJ melakukan analisis data; AR dan TSJ memimpin penulisan manuskrip. Seluruh penulis berkontribusi pada manuskrip dan memberikan persetujuan final untuk publikasi.

Ucapan Terima Kasih

Kami berterima kasih kepada staf Taman Nasional Komodo, asisten lapangan, dan sukarelawan yang mendampingi kami selama kegiatan lapangan. Pendanaan utama dalam studi ini (2002-2006) diberikan kepada TSJ via *a Conservation Research Postdoctoral Fellowship* dari the Zoological Society of San Diego. Pendanaan lanjut (2007 seterusnya) disediakan oleh Komodo Species Survival Plan of the American Zoo and Aquarium Association. Studi ini dilakukan melalui Memorandum of Understanding (MOU) antara the Zoological Society of San Diego, dan Dirjen PHKA serta melalui Perjanjian Kerjasama antara Komodo Survival Program dan Taman Nasional Komodo.

Daftar Pustaka

- Amo, L., López, P. & Marti´n, J. (2006) Nature-based tourism as a form of predation risk affects body condition and health state of *Podarcis muralis* lizards. *Biological Conservation*, **131**, 402–409.
- Ardiantiono. (2014) *Analisis Spasial Konflik Manusia-Biawak Komodo Di Desa Komodo, Taman Nasional Komodo*. University of Indonesia.
- Ariefiandy, A., Forsyth, D.M., Purwandana, D., Imansyah, J., Ciofi, C., Rudiharto, H., Seno, A. & Jessop, T.S. (2016) Temporal and spatial dynamics of insular *Rusa* deer and wild pig populations in Komodo National Park. *Journal of Mammalogy*, gyw131.
- Ariefiandy, A., Purwandana, D., Natali, C., Imansyah, M.J., Surahman, M., Jessop, T.S. & Ciofi, C. (2015) Conservation of Komodo dragons *Varanus komodoensis* in the Wae Wuul nature reserve, Flores, Indonesia: A multidisciplinary approach. *International Zoo Yearbook*, **49**,

67–80.

Arnason, A.N. & Schwarz, C.J. (1995) POPAN-4: Enhancements to a system for the analysis of mark-recapture data from open populations. *Journal of Applied Statistics*, **22**, 785–800.

Auffenberg, W. (1981) *The Behavioral Ecology of Komodo Monitor*. University Presses of Florida, Gainesville.

Balai Taman Nasional Komodo. (2014) *Statistik Balai TN. Komodo Tahun 2013*. Balai Taman Nasional Komodo, Labuan Bajo.

Battin, J. (2004) Bad habitats: Animal ecological traps and the conservation of populations. *Society for Conservation Biology*, **18**, 1482–1491.

Brunnschweiler, J.M. & Baensch, H. (2011) Seasonal and long-term changes in relative abundance of bull sharks from a tourist shark feeding site in Fiji. *PLoS ONE*, **6**.

Butchart, S.H.M., Walpole, M., Collen, B., Strien, A. Van, Jörn, P.W., Almond, R.E.A., Baillie, J.E.M., Bomhard, B., Bruno, J., Carpenter, K.E., Carr, G.M., Chanson, J., Anna, M., Csirke, J., Davidson, N., Dentener, F., Foster, M., Galli, A., Galloway, J.N., Genovesi, P., Gregory, R.D., Hockings, M., Kapos, V. & Lamarque, J. (2010) Global Biodiversity : Indicators of Recent Declines. *Science*, **328**, 1164–1168.

Carter, N.H., Shrestha, B.K., Karki, J.B., Man, N., Pradhan, B. & Liu, J. (2012) Coexistence between wildlife and humans at fine spatial scales. *Proceeding of the Royal Society London Biological Sciences*, **109**, 15360–15365.

Ciofi, C. & de Boer, M.E. (2004) Distribution and conservation of the komodo monitor (*Varanus komodoensis*). *Herpetological Journal*, **14**, 99–107.

- Dempster, T., Sanchez-Jerez, P., Fernandez-Jover, D., Bayle-Sempere, J., Nilsen, R., Bjørn, P.-A. & Uglem, I. (2011) Proxy Measures of Fitness Suggest Coastal Fish Farms Can Act as Population Sources and Not Ecological Traps for Wild Gadoid Fish. *PLOS ONE*, **6**, 1–9.
- Dyck, M.G. & Baydack, R.K. (2004) Vigilance behaviour of polar bears (*Ursus maritimus*) in the context of wildlife-viewing activities at Churchill, Manitoba, Canada. *Biological Conservation*, **116**, 343–350.
- Ellenberg, U., Mattern, T., Seddon, P.J. & Jorquera, G.L. (2006) Physiological and reproductive consequences of human disturbance in Humboldt penguins: The need for species-specific visitor management. *Biological Conservation*, **133**, 95–106.
- Fletcher, R.J., Orrock, J.L. & Robertson, B.A. (2012) How the type of anthropogenic change alters the consequences of ecological traps. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, **279**, 2546–2552.
- Gilroy, J.J. & Sutherland, W.J. (2007) Beyond ecological traps: perceptual errors and undervalued resources. *Trends in Ecology & Evolution*, **22**, 351–356.
- Gotanda, K.M., Turgeon, K. & Kramer, D.L. (2009) Body size and reserve protection affect flight initiation distance in parrotfishes. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, **63**, 1563–1572.
- Herrero, S., Smith, T., DeBruyn, T.D., Gunther, K. & Matt, C.A. (2005) Brown bear habituation to people—safety, risks, and benefits. *Wildlife Society Bulletin*, **33**, 362–373.
- Imansyah, M.J., Jessop, T.S., Ciofi, C. & Akbar, Z. (2008) Ontogenetic differences in the spatial ecology of immature Komodo dragons. *Journal of Zoology*, **274**, 107–115.

Jessop, T.S., Madsen, T., Sumner, J., Rudiharto, H., Phillips, J.A. & Ciofi, C. (2006) Maximum body size among insular Komodo dragon populations covaries with large prey density.

Oikos, **112**, 422–429.

Jessop, T.S., Smissen, P., Scheelings, F. & Dempster, T. (2012) Demographic and phenotypic effects of human mediated trophic subsidy on a large Australian lizard (*varanus varius*):

Meal ticket or last supper? *PLoS ONE*, **7**.

Kehutanan, K.L.H. dan. (2015) *Rencana Strategis Direktorat Pemanfaatan Jasa Lingkungan Hutan Konservasi Tahun 2015-2019*. Bogor, Indonesia.

Knight, R.L. & Cole, D.N. (1991) Effects of recreational activity on wildlife in wildlands. *Trans.*

56th N.A. Wildl. & Nat. Res. Conf., 238–247.

Krüger, O. (2005) The role of ecotourism in conservation: Panacea or Pandora's box?

Biodiversity and Conservation, **14**, 579–600.

Kvarnemo, C. & Ahnesjö, I. (1996) The dynamics of operational sex ratios and competition for mates. *Trends in Ecology & Evolution*, **11**, 404–408.

Laver, R.J., Purwandana, D., Ariefiandy, A., Imansyah, J., Forsyth, D., Ciofi, C. & Jessop, T.S.

(2012) Life-History and Spatial Determinants of Somatic Growth Dynamics in Komodo Dragon Populations. *PLoS ONE*, **7**, 1–10.

Letnic, M., Webb, J.K., Jessop, T.S. & Dempster, T. (2015) Restricting access to invasion hubs enables sustained control of an invasive vertebrate. *Journal of Applied Ecology*, **52**, 341–

347.

Monk, K., De Fretes, Y. & Reksodiharjo-Lilley, G. (2013) *Ecology of Nusa Tenggara and*

Maluka. Tuttle Publishing.

Orams, M.B. (2002) Feeding wildlife as a tourism attraction: A review of issues and impacts.

Tourism Management, **23**, 281–293.

Oro, D., Cam, E., Pradel, R. & Martínez-Abraín, A. (2004) Influence of food availability on demography and local population dynamics in a long-lived seabird. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, **271**, 387 LP-396.

Papouchis, C.M., Singer, F.J. & Sloan, W.B. (2001) Responses of desert bighorn sheep to increased human recreation. *The Journal of Wildlife Management*, **65**, 573–582.

Purwandana, D., Ariefiandy, A., Imansyah, M.J., Ciofi, C., Forsyth, D.M., Gormley, A.M., Rudiharto, H., Seno, A., Fordham, D.A., Gillespie, G. & Jessop, T.S. (2015) Evaluating environmental, demographic and genetic effects on population-level survival in an island endemic. *Ecography*, **38**, 1060–1070.

Purwandana, D., Ariefiandy, A., Imansyah, M.J., Rudiharto, H., Seno, A., Ciofi, C., Fordham, D.A. & Jessop, T.S. (2014) Demographic status of Komodo dragons populations in Komodo National Park. *Biological Conservation*, **171**, 29–35.

Ramono, W.S., Wawandono, N.B. & Subijanto, J. (2000) *Rencana Pengelolaan 25 Tahun Taman Nasional Komodo Buku 1 Rencana Pengelolaan* (eds J.S. Pet & C. Yeager). Komodo National Park Authority, Labuan Bajo.

Rodriguez-Prieto, I., Fernández-Juricic, E., Martín, J. & Regis, Y. (2009) Antipredator behavior in blackbirds: Habituation complements risk allocation. *Behavioral Ecology*, **20**, 371–377.

Romero, L.M. & Wikelski, M. (2002) Exposure to tourism reduces stress-induced corticosterone

- levels in Gala' pagos marine iguanas. *Biological Conservation*, **108**, 371–374.
- Ryan, C. (1998) Saltwater Crocodiles as Tourist Attractions. *Journal of Sustainable Tourism*, **6**, 314–327.
- Schaub, M., Gimenez, O., Schmidt, B.R. & Pradel, R. (2004) Estimating Survival and Temporary Emigration in the Multistate Capture–Recapture Framework. *Ecology*, **85**, 2107–2113.
- Schoenecker, K.A. & Krausman, P.R. (2002) Human disturbance in bighorn sheep habitat, Pusch Ridge Wilderness, Arizona. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science*, **34**, 63–68.
- Schwarz, C.J. & Arnason, A.N. (1996) A General Methodology for the Analysis of Capture-Recapture Experiments in Open Populations. *Biometrics*, **52**, 860–873.
- Smith, G.R. & Iverson, J.B. (2016) Effects of tourism on body size, growth, condition, and demography in the Allen Cays Iguana, *Cyclura cyclura inornata*, on Leaf Cay, The Bahamas. *Herpetological Conservation and Biology*, **11**, 214–221.
- Vitousek, P.M., Mooney, H. a, Lubchenco, J. & Melillo, J.M. (1997) Human Domination of Earth' s Ecosystems. *Science*, **277**, 494–499.
- Walsh, S. J., & Mena, C. F. (2016). Interactions of social, terrestrial, and marine sub-systems in the Galapagos Islands, Ecuador. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 201604990.
- Walpole, M.J. (2001) Feeding dragons in Komodo National Park: a tourism tool with conservation implications. *Animal Conservation*, **4**, 67–73.

Walpole, M.J., Goodwin, H.J. & Ward, K.G.R. (2001) Pricing Policy for Tourism in Protected Areas : Lessons from Komodo National Park , Indonesia Pricing Lessons Policy for Tourism in Protected Park , Areas : from Komodo National Indonesia. *Conservation Biology*, **15**, 218–227.

White, G.C. & Burnham, K.P. (1999) Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study*, **46**, S120–S139.

Williams, B.K., Nichols, J.D. & Conroy, M.J. (2002) *Analysis and Management of Animal Populations: Modeling, Estimation and Decision Making*. Academic Press, San Diego, CA.

DRAFT TERJEMAHAN

Gambar dan Tabel.

Tabel 1. Analisis Cormack-Jolly-Seber pada data *capture-mark-recapture* untuk mengestimasi kesintasan populasi biawak komodo pada tiga tingkat aktivitas manusia di TNK antara tahun 2003-2012 ($n = 825$). Tertampil model-model yang diperingkat berdasarkan Quasi Akaike Information Criterion (QAIC_c) untuk ukuran sampel kecil (QAIC_c) dan overdispersi. Delta Quasi Akaike's information criteria (Δ QAIC_c) mengindikasikan perbedaan kesesuaian parameter antar model, the QAIC_c weight (ω_i), model likelihood (ML), jumlah parameter (K), dan deviasi dari tiap model. Simbol parameter dispesifikasi sebagai berikut: Φ = kesintasan, p = probabilitas penangkapan, t = waktu, (.)= tanpa variasi waktu, g = tingkat aktivitas manusia.

Model	QAIC _c	Δ QAIC _c	ω_i	ML	K	QDeviance
$\Phi(g) p(t)$	2246.48	0.00	0.92	1.00	9.00	2228.37
$\Phi(.) p(t)$	2251.69	5.22	0.07	0.07	7.00	2237.62
$\Phi(g^*t) p(t)$	2256.36	9.88	0.01	0.01	23.00	2209.67
$\Phi(t) p(t)$	2257.61	11.13	0.00	0.00	11.00	2235.44
Model	QAIC _c	Δ QAIC _c	ω_i	ML	K	QDeviance
$\Phi(g) p(g^*t)$	2258.77	12.29	0.00	0.00	21.00	2216.19
$\Phi(.) p(g^*t)$	2260.50	14.02	0.00	0.00	19.00	2222.02
$\Phi(g) p(.)$	2262.67	16.19	0.00	0.00	4.00	2254.64
$\Phi(g) p(g)$	2264.79	18.31	0.00	0.00	6.00	2252.74
$\Phi(t) p(g^*t)$	2266.38	19.90	0.00	0.00	23.00	2219.69
$\Phi(.) p(g)$	2267.32	20.85	0.00	0.00	4.00	2259.30
$\Phi(.) p(.)$	2268.09	21.62	0.00	0.00	2.00	2264.09
$\Phi(g^*t) p(g^*t)$	2270.16	23.68	0.00	0.00	33.00	2202.75
$\Phi(g^*t) p(.)$	2270.83	24.35	0.00	0.00	19.00	2232.35
$\Phi(t) p(g)$	2271.17	24.70	0.00	0.00	9.00	2253.06
$\Phi(t) p(.)$	2271.97	25.49	0.00	0.00	7.00	2257.90
$\Phi(g^*t) p(g)$	2273.08	26.60	0.00	0.00	21.00	2230.51

$\Phi(g) p(.) pent(t) N(.)$	2379.13	0.00	0.39	1.00	11	2356.9636
$\Phi(g) p(.) pent(t) N(g)$	2379.78	0.66	0.28	0.72	13	2353.5569
$\Phi(.) p(.) pent(t) N(.)$	2382.15	3.02	0.09	0.22	9	2364.0381
$\Phi(g) p(g) pent(t) N(g)$	2382.44	3.31	0.07	0.19	15	2352.1434
$\Phi(g) p(g) pent(t) N(.)$	2382.68	3.55	0.07	0.17	13	2356.4499
$\Phi(.) p(g) pent(t) N(.)$	2384.08	4.95	0.03	0.08	11	2361.9175
$\Phi(.) p(g) pent(t) N(g)$	2384.72	5.59	0.02	0.06	13	2358.491
$\Phi(.) p(.) pent(t) N(g)$	2384.94	5.82	0.02	0.05	11	2362.7805
$\Phi(t) p(.) pent(t) N(.)$	2386.14	7.01	0.01	0.03	14	2357.8763
$\Phi(g^*t) p(.) pent(t) N(.)$	2388.00	8.87	0.00	0.01	26	2335.1211
$\Phi(t) p(g) pent(t) N(.)$	2388.21	9.09	0.00	0.01	16	2355.8746
$\Phi(t) p(g) pent(t) N(g)$	2388.83	9.71	0.00	0.01	18	2352.407
$\Phi(t) p(.) pent(t) N(g)$	2388.95	9.82	0.00	0.01	16	2356.6076
$\Phi(g^*t) p(.) pent(t) N(g)$	2389.23	10.11	0.00	0.01	28	2332.2171
$\Phi(g^*t) p(g) pent(t) N(.)$	2389.78	10.65	0.00	0.00	27	2334.8346
$\Phi(g^*t) p(g) pent(t) N(g)$	2390.01	10.88	0.00	0.00	29	2330.918
$\Phi(t) p(g^*t) pent(t) N(.)$	2393.95	14.82	0.00	0.00	33	2326.5389
$\Phi(.) p(.) pent(t) N(g)$	2475.37	96.25	0.00	0.00	10	2455.2381

Tabel 2. Analisis POPA Jolly-Seber pada data *capture-mark-recapture* untuk mengestimasi kelimpahan populasi turunan biawak komodo di tiga tingkat aktivitas manusia di TNK antara tahun 2003-2011/12 ($n = 825$). Tertampil model-model yang diperingkat berdasarkan Quasi Akaike Information Criterion (QAIC_c) untuk ukuran sampel kecil (QAIC_c) dan overdispersi. Delta Quasi Akaike's information criteria (Δ QAIC_c) mengindikasikan perbedaan kesesuaian parameter antar model, the QAIC_c weight (ω_i), model likelihood (ML), jumlah parameter (K), dan deviasi dari tiap model. Simbol parameter dispesifikasi sebagai berikut: Φ = kesintasan, p = probabilitas penangkapan, $pent$ = probabilitas pemasukan, N = kelimpahan superpopulasi, t = waktu, $(.)$ = tanpa variasi waktu, g = tingkat aktivitas manusia.

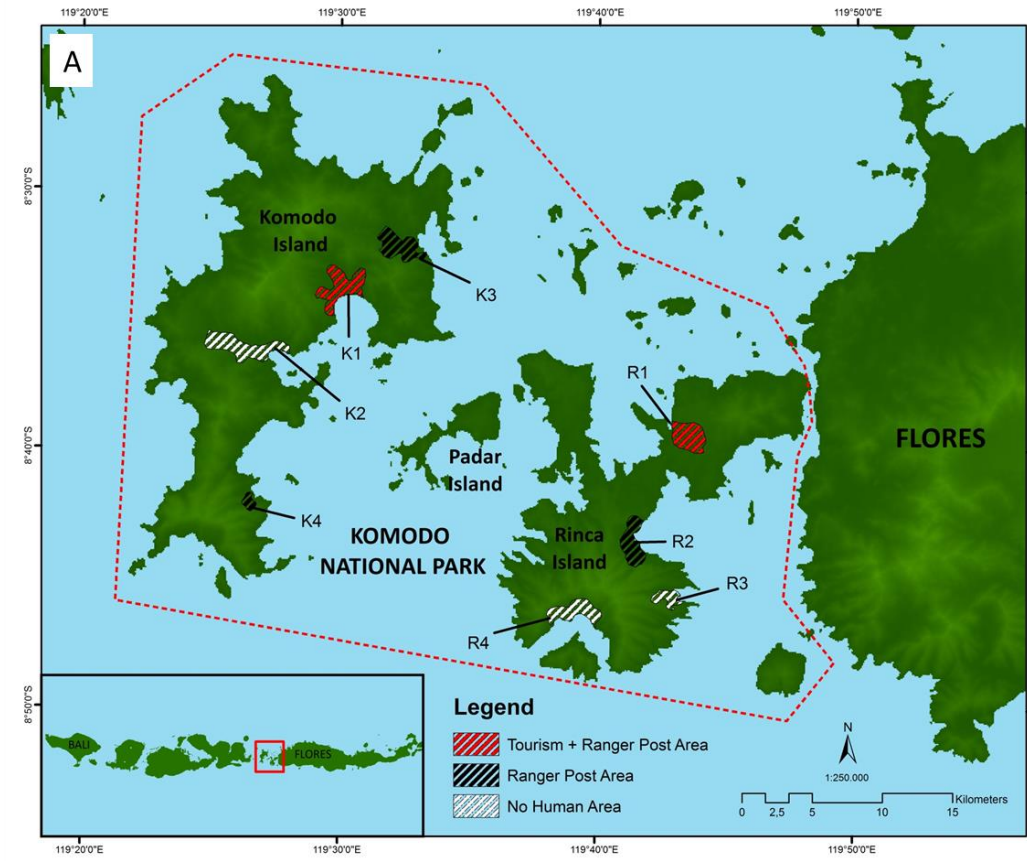
Keterangan gambar

Gambar 1. Lokasi studi di Taman Nasional Komodo dimana biawak komodo terpapar oleh tiga tingkat aktivitas manusia. (a) Lokasi studi di Taman Nasional Komodo. K1) Loh Liang, K2) Loh Lawi, K3) Loh Sebita, K4) Loh Wau, R1) Loh Buaya, R2) Loh Baru, R3) Loh Tongker, R4) Loh Dasami. (b) kunjungan turis di lokasi aktivitas tinggi (K1). (c) lokasi aktivitas rendah (pos petugas; R2). (d) lokasi tanpa aktivitas manusia (K2).

Gambar 2. Efek dari tiga tingkat aktivitas manusia terhadap respon perilaku biawak komodo meliputi: (a) tipe reaksi awal dan (b) rerata jarak pendekatan/AD (\pm SEM).

Gambar 3. Efek dari tiga tingkat aktivitas manusia terhadap biawak komodo: (a) massa tubuh dan (b) kondisi tubuh (residual log massa/log panjang tubuh (TBL)) (\pm SEM).

Gambar 4. Efek dari tiga tingkat aktivitas manusia terhadap biawak komodo: (a) struktur umur, (b) kesintasan, dan (c) estimasi kepadatan populasi (\pm 95% CI).



DRAFT

