

ANALISIS POPULASI HARIMAU SUMATERA DI TAMAN NASIONAL BUKIT BARISAN SELATAN BAGIAN UTARA

Disusun oleh :

**Rikha Aryanie Surya (BBTNBBS)
Marsya Christyanti Sibarani (WCS)**





Ringkasan

Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS) merupakan salah satu kawasan prioritas konservasi harimau sumatera *Panthera tigris sumatrae*. Survei untuk mengestimasi dan kepadatan populasi harimau sumatera di TNBBS bagian utara telah dilaksanakan dari tanggal 11 April hingga 5 Oktober 2018. Metode yang digunakan adalah *Spatially Explicit Capture Recapture* (SECR) dengan menggunakan kamera penjebak (*camera trap*) sebagai detektor. Kamera dipasang di 61 grid berukuran $3 \times 3 \text{ km}^2$. Hasil analisis berdasarkan skema *single session* menghasilkan **estimasi ukuran populasi sebanyak 16 individu** harimau dewasa **dengan interval kepercayaan 95% 8–31 individu**. **Estimasi kepadatan harimau di TNBBS utara adalah 1,1 (0,6–2,2) individu/ km^2** . Estimasi rasio jantan:betina adalah 3:7. Proporsi individu harimau betina yang lebih tinggi menunjukkan populasi yang baik.

Satwa mangsa potensial yang terekam oleh kamera penjebak adalah kijang *Muntiacus muntjak*, rusa sambar *Rusa unicolor*, babi hutan *Sus scrofa*, dan pelanduk *Tragulus spp.* Dari keempat spesies tersebut, kijang merupakan satwa mangsa dengan persebaran tertinggi di area survei (rerata $\psi = 0,72$; SD = 0,15), diikuti oleh babi hutan *Sus scrofa* (rerata $\psi = 0,60$; SD = 0,21), rusa sambar *Rusa unicolor* (rerata $\psi = 0,46$; SD = 0,18), dan pelanduk *Tragulus spp.* (rerata $\psi = 0,05$; SD = 0,22). Tumpang-tindih temporal yang tertinggi antara satwa mangsa dengan harimau adalah kijang ($\Delta = 0,76$; 95% CI = 0,64–0,86). Ketiga satwa mangsa lain juga memiliki tumpang-tindih waktu aktivitas yang tinggi dengan harimau (Δ rusa = 0,74; Δ babi hutan = 0,73; Δ kancil = 0,64).

Aktivitas ilegal di area survei masih ditemukan dan hal ini diperkirakan dapat mengganggu kelestarian harimau, baik secara langsung, seperti perburuan harimau, maupun tidak langsung, seperti perburuan satwa mangsa dan konversi hutan menjadi kebun. Oleh karena itu, diperlukan peningkatan pengamanan kawasan untuk mengurangi aktivitas ilegal yang dapat mengganggu keseimbangan ekosistem dan kesintasan populasi harimau sumatera di TNBBS.

A. Pendahuluan

Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS) merupakan salah satu *Tiger Conservation Landscape* (TCL), suatu bentang alam untuk kelestarian harimau, di Sumatera (Dinerstein et al. 2006), dan telah diidentifikasi sebagai satu dari enam TCL prioritas di Sumatera yang berpotensi untuk pemulihan populasi harimau (Initiative 2012). Saat ini, populasi utama harimau ada di bagian selatan dan tengah dari kawasan. Populasi di bagian selatan berada di bawah manajemen *Tambling Wildlife Nature Conservation Area* (TWNC), yang telah diakui merupakan area dengan kepadatan harimau tertinggi di Sumatera (~6 harimau/100km²). Populasi harimau di bagian tengah TNBBS, yang juga merupakan *Intensive Protection Zone* (IPZ) telah disurvei oleh WCS dan TNBBS pada tahun 2015. Dari hasil survei ini, diketahui bahwa kepadatan harimau di area tersebut adalah 2,8 individu/km² (interval kepercayaan 95% = 1,7–4,4 individu/km²) dan estimasi ukuran populasi adalah 28 individu dewasa (interval kepercayaan 95% = 22–38 individu) (Pusparini et al. 2018).

Estimasi populasi harimau dengan menggunakan pendekatan *capture-mark-recapture* (CMR) digunakan pada tahun 2002 untuk populasi harimau di TNBBS (O'Brien et al. 2003). Pada saat itu, perangkat lunak yang digunakan untuk menganalisis data CMR adalah CAPTURE (Otis et al. 1978) dengan pendekatan nonspasial. Penggunaan kamera penjebak (*camera trap*) dengan pendekatan CMR untuk harimau diinisiasi pertama kali di Taman Nasional Nagarhole di India oleh Ullas Karanth pada tahun 1991–1992 (Karanth 1995), dan sejak saat itu metode ini menjadi metode standar untuk memperkirakan jumlah individu harimau. Namun, karena metode ini tidak mempertimbangkan aspek spasial, sulit untuk mengestimasi luas area yang disampling secara efektif dan memperkirakan kepadatan satwa.

Spatially Explicit Capture Recapture (SECR) adalah pengembangan terbaru dari metode CMR dengan mempertimbangkan informasi spasial dari lokasi rekaman satwa (Efford et al. 2004). Metode yang dikembangkan di tahun 2004 ini menjawab kelemahan utama dalam menaksir kepadatan populasi, yaitu bagaimana menentukan kepadatan dari area sampling yang efektif. Selain itu, SECR memberikan banyak keleluasaan untuk melakukan pemodelan populasi, di antaranya dengan kemampuan memodelkan faktor penentu (*covariates/predictors*) yang mungkin mempengaruhi probabilitas deteksi, jarak terjauh pergerakan satwa, atau kepadatan.

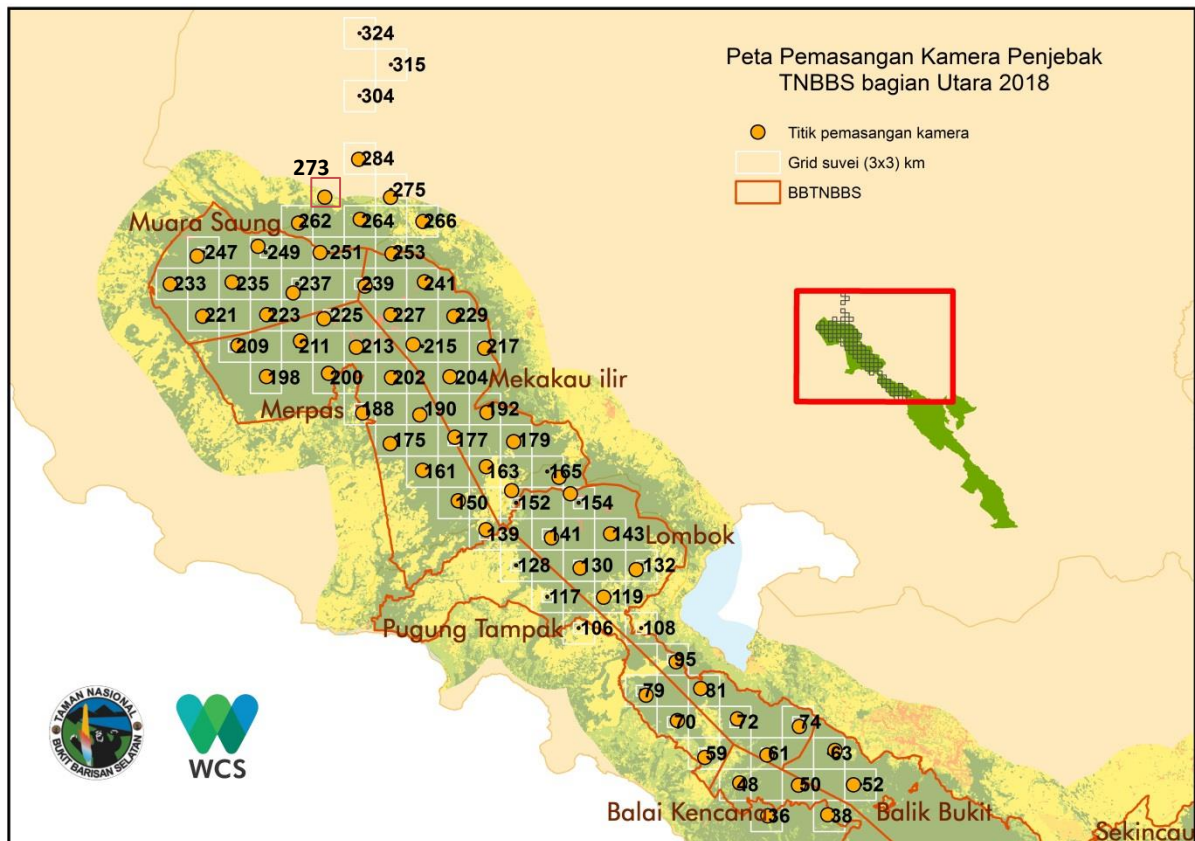
Pendekatan SECR merupakan metode yang sejauh ini paling akurat untuk mengestimasi jumlah individu dan kepadatan satwa. Metode ini telah diterapkan untuk survei populasi harimau di IPZ TNBBS tahun 2015 dan juga digunakan untuk menganalisis data survei di TNBBS bagian utara tahun 2018. Secara spesifik, pertanyaan penelitian utama yang dijawab melalui studi ini adalah “Berapa estimasi kelimpahan individu dan kepadatan harimau di TNBBS bagian utara?” Selain itu, beberapa pertanyaan penelitian lain yang dapat dijawab menggunakan data dari survei ini adalah:

1. Bagaimana persebaran satwa mangsa harimau di TNBBS utara?
2. Bagaimana tumpang-tindih pola aktivitas antara harimau dan satwa mangsa di dalam kawasan TNBBS?
3. Bagaimana tingkat aktivitas ilegal di kawasan TNBBS bagian utara?

B. Metode

1. Lokasi survei

Survei dilakukan di kawasan TNBBS bagian utara yang mencakup 7 resor, yaitu Muara Saung, Merpas, Mekakau Ilir, Lombok, Pugung Tampak, Balai Kencana, dan Balik Bukit (Gambar 1). Kamera penjebak dipasang di 61 grid (Gambar 1) yang masing-masing berukuran 3 x 3 km², dan terdapat delapan grid yang berada di luar batas kawasan TNBBS.



Gambar 1. Peta pemasangan kamera penjebak di TNBBS bagian utara.

2. Rangkaian kegiatan survei lapangan

Survei populasi harimau sumatera dilakukan dalam dua tahap:

a. Survei *reconnaissance* (pendahuluan)

Survei pendahuluan dilakukan untuk menentukan lokasi pemasangan kamera penjebak yang paling optimal untuk mendeteksi keberadaan harimau. Survei pendahuluan dilakukan di 67 grid berukuran 3 x 3 km² oleh tiga tim pada tanggal 21–28 Januari 2018, 19 Februari–1 Maret 2018, dan 8–15 Maret 2018. Setiap tim bertugas untuk melakukan pengecekan grid-grid pemasangan kamera penjebak dan mencari titik pemasangan yang ideal. Penentuan titik pemasangan kamera penjebak didasarkan pada tanda-tanda keberadaan harimau sumatera dan satwa mangsanya. Dari 67 grid yang disurvei, ditentukan 61 grid yang akan dipasang kamera penjebak

karena beberapa lokasi sudah berubah menjadi kebun dan tidak memungkinkan untuk dilakukan pemasangan kamera penjemput dari segi teknis (tidak terdapat pohon untuk memasang kamera penjemput) dan keamanan.

b. Survei kamera penjemput

Kegiatan pemasangan dimulai dari resor yang berada di bagian paling utara TNBBS, yaitu Muara Saung, Merpas, dan Mekakau Ilir pada tanggal 11–22 April 2018, kemudian dilanjutkan ke wilayah resor lain yang berada di selatan lokasi pemasangan periode pertama pada tanggal 4–13 Mei 2018 dan 30 Juni–11 Juli 2018. Penentuan lokasi kamera ditentukan dengan sistem grid dengan pola berseling (*checkerboard pattern*). Khusus untuk pemasangan di kawasan lindung yang terletak di sebelah utara resor Mekakau Ilir, pemasangan kamera penjemput dilakukan pada tanggal 21–31 Mei 2018. Selain melakukan kegiatan pemasangan kamera penjemput, setiap tim juga mengambil data persentase tutupan tajuk dan tutupan tumbuhan bawah di sekitar titik pemasangan.

Kamera penjemput aktif di lokasi selama kurang lebih 90 hari. Hal ini dilakukan untuk memenuhi asumsi populasi tertutup dalam kegiatan survei populasi harimau. Pemasangan kamera penjemput dilakukan di 61 grid dengan total kamera yang digunakan sebanyak 122 (satu pasang kamera di setiap grid). Pengambilan kamera penjemput dilakukan dalam tiga tahap, yaitu (1) tanggal 25 Juli–3 Agustus 2018 di Muara Saung, Merpas, dan Makakau Ilir; (2) tanggal 28 Agustus–6 September 2018 di Makakau Ilir, Merpas, dan Lombok; dan (3) tanggal 25 September–5 Oktober 2018 di Balik bukit dan Balai Kencana. Pengambilan kamera penjemput yang dipasang di kawasan lindung dilakukan lebih awal, yaitu pada tanggal 20–29 September 2018.

Kamera penjemput dipasang pada ketinggian ± 45 cm dari tanah. Jarak antara pasangan kamera adalah sekitar 4–5 m dari jalur satwa aktif. Kamera dipasang dengan posisi tegak lurus dari jalur satwa agar didapatkan foto bagian samping tubuh harimau. Kamera dipasang tanpa umpan, tetapi diletakkan di jalur satwa di mana ditemukan tanda keberadaan harimau untuk mengoptimalkan peluang harimau terdeteksi kamera.

3. Metode analisis data

Identifikasi foto

Setiap foto yang dihasilkan kamera penjemput diidentifikasi dan dikategorikan sebagai: (1) satwa, (2) tim survei, (3) aktivitas ilegal, dan (4) kosong. Foto-foto yang telah diidentifikasi dicek kembali (validasi) oleh observer yang berbeda. Foto satwa diidentifikasi hingga tingkat spesies, tetapi khusus harimau sumatera diidentifikasi hingga tingkat individu. Individu harimau diidentifikasi berdasarkan pola loreng pada bagian tubuh sisi kiri atau kanan. Jika foto sisi tubuh tidak terlalu jelas, pola loreng pada bagian tubuh lain juga dapat digunakan, seperti kaki, wajah, dan ekor. Foto harimau yang buram tidak diikutsertakan dalam analisis.

Estimasi ukuran dan kepadatan populasi harimau

Estimasi populasi dilakukan dengan metode *Spatially Explicit Capture Recapture* (Efford et al. 2009) dengan menggunakan bahasa pemrograman R dan *package* 'secr'. Data input yang digunakan adalah rekaman foto individu harimau sumatera (*capture history*), lokasi pemasangan kamera penjebak, dan *habitat mask*. Identitas individu harimau yang digunakan adalah salah satu dari sisi tubuh harimau yang memiliki jumlah individu terbanyak dan jumlah tangkapan kembali (*recapture*) terbanyak. Hanya individu dewasa yang diikutsertakan dalam analisis. *Habitat mask* merupakan data yang digunakan sebagai komponen spasial analisis SECR. Untuk harimau, *habitat mask* yang disarankan adalah area pemasangan kamera penjebak dan daerah penyangga sejauh 15 km dari titik terluar kamera penjebak dan jarak antartitik 600 m (Pickles et al. 2014). Analisis dilakukan dalam skema *single session* dan *multi-session*. Kovariat yang diikutsertakan dalam model adalah komposisi jenis kelamin, perubahan perilaku, dan (pada skema *multi-session*) periode sesi.

C. Hasil Survei

Statistik deskriptif hasil survei kamera penjebak

Survei kamera penjebak di TNBBS utara telah berlangsung dari tanggal 11 April hingga 5 Oktober 2018 dengan total 178 *sampling occasions* (1 *sampling occasion* = 24 jam). Tidak terdapat kamera yang hilang ataupun rusak pada survei ini. Dari total 6.826 hari rekam (rerata per grid = 112 hari rekam, N = 61 grid), telah diperoleh 119.685 foto yang mencakup 4.101 foto independen (foto dianggap independen jika waktu rekam dengan foto sebelumnya berjarak > 30 menit). Kami telah mengidentifikasi 40 spesies yang terekam kamera penjebak, yang terdiri atas 10 spesies burung dan 30 jenis mamalia. *Tragulus kanchil* dan *Tragulus* napu sulit dibedakan dari foto sehingga pada daftar ini dan analisis selanjutnya dianggap sebagai satu takson *Tragulus* spp.

Tabel 1. Daftar jenis satwa yang terekam survei kamera penjebak di TNBBS bagian utara tahun 2018.

Famili	Spesies	Status IUCN	Jumlah foto independen
Kelas Aves			
Accipitriformes	<i>Spilornis cheela</i>	LC	1
Columbiformes	<i>Chalcophaps indica</i>	LC	5
Coraciiformes	<i>Actenoides concretus</i>	NT	1
Eupetidae	<i>Eupetes macrocerus</i>	NT	3
Galliformes	<i>Argusianus argus</i>	NT	69
Galliformes	<i>Lophura inornata</i>	NT	60
Galliformes	<i>Polyplectron chalcurem</i>	LC	11
Galliformes	<i>Rollulus rouloul</i>	NT	3
Passeriformes	<i>Pitta schneideri</i>	VU	2
Passeriformes	<i>Zoothera dauma</i>	LC	2
Kelas Mammalia			
Carnivora	<i>Arctictis binturong</i>	VU	9
Carnivora	<i>Canis familiaris</i>	NE	12

Famili	Spesies	Status IUCN	Jumlah foto independen
Carnivora	<i>Catopuma temminckii</i>	NT	35
Carnivora	<i>Cuon alpinus</i>	EN	1
Carnivora	<i>Helarctos malayanus</i>	VU	65
Carnivora	<i>Hemigalus derbyanus</i>	VU	38
Carnivora	<i>Martes flavigula</i>	LC	35
Carnivora	<i>Neofelis diardi</i>	VU	33
Carnivora	<i>Paguma larvata</i>	LC	74
Carnivora	<i>Panthera tigris</i>	EN	52
Carnivora	<i>Pardofelis marmorata</i>	VU	19
Carnivora	<i>Prionailurus bengalensis</i>	LC	1
Carnivora	<i>Prionodon linsang</i>	LC	24
Cetartiodactyla	<i>Capricornis sumatraensis</i>	VU	7
Cetartiodactyla	<i>Muntiacus muntjak</i> *	LC	280
Cetartiodactyla	<i>Rusa unicolor</i> *	VU	54
Cetartiodactyla	<i>Sus scrofa</i> *	LC	88
Cetartiodactyla	<i>Tragulus</i> spp. (<i>T. kanchil</i> atau <i>T. napu</i>) *	LC	17
Lagomorpha	<i>Nesolagus netscheri</i>	VU	12
Mustelidae	<i>Arctonyx hoevenii</i>	LC	7
Perissodactyla	<i>Tapirus indicus</i>	EN	87
Pholidota	<i>Manis javanica</i>	CR	8
Primates	<i>Homo sapiens</i>	NE	156
Primates	<i>Macaca nemestrina</i>	VU	196
Primates	<i>Presbytis melalophos</i>	EN	2
Proboscidea	<i>Elephas maximus</i>	EN	3
Rodentia	<i>Hystrix brachyuran</i>	LC	103
Scandentia	<i>Tupaia tana</i>	LC	8
Sciuridae	<i>Callosciurus notatus</i>	LC	1
Sciuridae	<i>Lariscus insignis</i>	LC	7
Tidak teridentifikasi			365

Keterangan:

Status IUCN: *Data Deficient* (DD) = informasi kurang, *Least Concern* (LC) = risiko rendah, *Near Threatened* (NT) = hampir terancam, *Vulnerable* (VU) = rentan, *Endangered* (EN) = terancam, dan *Critically Endangered* (CR) = kritis.

* = satwa mangsa potensial harimau sumatera

Rekaman keberadaan harimau

Kami telah mengidentifikasi 567 foto harimau yang terdiri dari 52 foto independen. Dari rekaman keberadaan harimau tersebut, telah diidentifikasi:

- 11 individu harimau berdasarkan sisi kanan tubuh:
 - Kelas usia dewasa: 3 jantan, 8 betina
- 12 individu berdasarkan sisi kiri tubuh:
 - Kelas usia dewasa: 3 jantan, 7 betina
 - Kelas usia remaja: 2 individu, tidak diketahui jenis kelaminnya

Delapan individu dapat diidentifikasi berdasarkan kedua sisi tubuh (Lampiran 1). Untuk analisis SECR, kami menggunakan rekaman individu berdasarkan sisi kanan karena memiliki jumlah individu dewasa terbanyak.

Seleksi model populasi dalam pemodelan SECR

Pemodelan populasi satwa menggunakan metode SECR memiliki dua komponen dasar, yaitu parameter proses deteksi dan parameter populasi. Parameter proses deteksi terdiri dari fungsi yang mendeskripsikan probabilitas satwa terdeteksi kamera (g_0) dan fungsi yang mendeskripsikan parameter pergerakan satwa pada ruang spasial (σ). Parameter populasi pada SECR adalah kepadatan satwa (D)—berbeda dengan metode CMR konvensional di mana jumlah individu satwa (N) merupakan parameter populasi dasar. Pada SECR, jumlah individu (N) merupakan parameter turunan (*derived parameter*). Selain itu, kami juga menggunakan pendekatan *hybrid mixture model* untuk mengestimasi rasio jenis kelamin ($pmix$) dalam populasi.

Kami memodelkan hubungan antara tiga kovariat dengan parameter pergerakan satwa g_0 dan σ . Kovariat yang digunakan adalah jenis kelamin (h_2), perilaku (b), dan periode sesi (Session) (khusus untuk skema *multi-session*). Pemodelan skema *single session* dan *multi-session* dilakukan secara terpisah dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3. Pada skema *single session*, kami menggunakan *sampling occasion* ke-45 hingga ke-134 (jumlah 90 *occasions*) dari total 178 *occasions* untuk memenuhi asumsi populasi tertutup. Hal ini dilakukan agar hari aktif kamera pada setiap kamera lebih merata. Pada skema *multi-session*, 178 *sampling occasion* dibagi menjadi dua sesi dengan jumlah *occasion* yang sama, yaitu 89 *occasion*. Kekurangan dari skema *multi-session* adalah pada setiap periode, terdapat banyak kamera yang tidak aktif pada lebih dari setengah periode sesi (Lampiran 2). Sekitar sepertiga kamera memiliki selisih waktu pemasangan dan pengambilan sekitar 30 hingga 60 hari.

Model terbaik merupakan model dengan nilai AICc terendah pada setiap skema. Berdasarkan Tabel 2, model terbaik untuk *single session* adalah model dengan kovariat jenis kelamin untuk parameter $pmix$. Sedangkan model terbaik dalam skema *multi-session* adalah model dengan kovariat jenis kelamin untuk parameter $pmix$ dan σ . Dari kedua model terbaik ini, nilai estimasi untuk setiap parameter kemudian diekstrak.

Tabel 2. Seleksi model dalam skema *singlesession* SECR. Parameter yang dimodelkan sebagai fungsi dari kovariat adalah g_0 dan σ . Kovariat yang digunakan adalah jenis kelamin ' h_2 ' dan perilaku ' b '. Semua model menggunakan fungsi deteksi *halfnormal*.

Model	Npar	logLik	AIC	AICc	dAICc	AICcwt
$D \sim 1 \ g_0 \sim 1 \ \sigma \sim 1 \ pmix \sim h_2$	4	-175.598	359.196	367.196	0	0.9295
$D \sim 1 \ g_0 \sim h_2 \ \sigma \sim 1 \ pmix \sim h_2$	5	-174.299	358.597	373.597	6.401	0.0379
$D \sim 1 \ g_0 \sim 1 \ \sigma \sim h_2 \ pmix \sim h_2$	5	-175.504	361.009	376.009	8.813	0.0113
$D \sim 1 \ g_0 \sim 1 \ \sigma \sim b \ pmix \sim h_2$	5	-175.562	361.123	376.123	8.927	0.0107
$D \sim 1 \ g_0 \sim b \ \sigma \sim 1 \ pmix \sim h_2$	5	-175.575	361.149	376.149	8.953	0.0106
$D \sim 1 \ g_0 \sim h_2 \ \sigma \sim h_2 \ pmix \sim h_2$	6	-173.791	359.582	387.582	20.386	0
$D \sim 1 \ g_0 \sim h_2 + b \ \sigma \sim 1 \ pmix \sim h_2$	6	-174.286	360.571	388.571	21.375	0
$D \sim 1 \ g_0 \sim 1 \ \sigma \sim h_2 + b \ pmix \sim h_2$	6	-175.464	362.927	390.927	23.731	0

$D \sim 1 \quad g0 \sim b \quad \sigma \sim b \quad pmix \sim h2$	6	-175.561	363.122	391.122	23.926	0
$D \sim 1 \quad g0 \sim h2 + b \quad \sigma \sim h2 + b \quad pmix \sim h2$	8	-173.779	363.559	507.559	140.363	0

Tabel 3. Seleksi model dalam skema *multi-session* SECR. Parameter yang dimodelkan sebagai fungsi dari kovariat adalah D, g0, dan σ . Kovariat yang digunakan adalah jenis kelamin 'h2', perilaku 'b', dan periode sesi 'Session' (sesi 1 dan sesi 2, masing-masing terdiri dari 89 *sampling occasion*). Semua model menggunakan fungsi deteksi *halfnormal*.

Model	Npar	logLik	AIC	AICc	dAICc	AICcwt
$D \sim 1 \quad g0 \sim 1 \quad \sigma \sim h2 \quad pmix \sim h2$	5	-282.444	574.888	580.343	0	0.4492
$D \sim 1 \quad g0 \sim 1 \quad \sigma \sim h2 + \text{Session} \quad pmix \sim h2$	6	-280.112	572.224	580.624	0.281	0.3904
$D \sim 1 \quad g0 \sim 1 \quad \sigma \sim h2 + b \quad pmix \sim h2$	6	-282.102	576.203	584.603	4.26	0.0534
$D \sim 1 \quad g0 \sim h2 \quad \sigma \sim h2 \quad pmix \sim h2$	6	-282.347	576.694	585.094	4.751	0.0418
$D \sim \text{Session} \quad g0 \sim 1 \quad \sigma \sim h2 \quad pmix \sim h2$	6	-282.385	576.771	585.171	4.828	0.0402
$D \sim 1 \quad g0 \sim 1 \quad \sigma \sim h2 + b + \text{Session} \quad pmix \sim h2$	7	-279.835	573.67	586.115	5.772	0.0251
$D \sim \text{Session} \quad g0 \sim h2 \quad \sigma \sim h2 \quad pmix \sim h2$	7	-282.291	578.582	591.026	10.683	0
$D \sim 1 \quad g0 \sim h2 \quad \sigma \sim 1 \quad pmix \sim h2$	5	-288.705	587.411	592.865	12.522	0
$D \sim 1 \quad g0 \sim 1 \quad \sigma \sim \text{Session} \quad pmix \sim h2$	5	-289.025	588.049	593.504	13.161	0
$D \sim 1 \quad g0 \sim 1 \quad \sigma \sim b + \text{Session} \quad pmix \sim h2$	6	-287.308	586.617	595.017	14.674	0
$D \sim 1 \quad g0 \sim h2 + b \quad \sigma \sim 1 \quad pmix \sim h2$	6	-288.564	589.128	597.528	17.185	0
$D \sim \text{Session} \quad g0 \sim h2 \quad \sigma \sim 1 \quad pmix \sim h2$	6	-288.634	589.268	597.668	17.325	0
$D \sim 1 \quad g0 \sim h2 + \text{Session} \quad \sigma \sim 1 \quad pmix \sim h2$	6	-288.655	589.31	597.71	17.367	0
$D \sim 1 \quad g0 \sim h2 + b \quad \sigma \sim h2 + b \quad pmix \sim h2$	8	-281.916	579.831	597.831	17.488	0
$D \sim 1 \quad g0 \sim h2 + b + \text{Session} \quad \sigma \sim 1 \quad pmix \sim h2$	7	-288.534	591.068	603.512	23.169	0
$D \sim 1 \quad g0 \sim \text{Session} \quad \sigma \sim 1 \quad pmix \sim h2$	5	-295.988	601.975	607.43	27.087	0
$D \sim 1 \quad g0 \sim 1 \quad \sigma \sim b \quad pmix \sim h2$	5	-296.154	602.307	607.762	27.419	0
$D \sim 1 \quad g0 \sim 1 \quad \sigma \sim 1 \quad pmix \sim h2$	4	-298.366	604.732	608.065	27.722	0
$D \sim 1 \quad g0 \sim b \quad \sigma \sim 1 \quad pmix \sim h2$	5	-297.41	604.82	610.275	29.932	0
$D \sim 1 \quad g0 \sim b + \text{Session} \quad \sigma \sim 1 \quad pmix \sim h2$	6	-295.189	602.378	610.778	30.435	0
$D \sim \text{Session} \quad g0 \sim 1 \quad \sigma \sim 1 \quad pmix \sim h2$	5	-298.258	606.516	611.971	31.628	0
$D \sim 1 \quad g0 \sim b \quad \sigma \sim b \quad pmix \sim h2$	6	-296.131	604.263	612.663	32.32	0
$D \sim \text{Session} \quad g0 \sim 1 \quad \sigma \sim b \quad pmix \sim h2$	6	-296.133	604.267	612.667	32.324	0
$D \sim \text{Session} \quad g0 \sim b \quad \sigma \sim 1 \quad pmix \sim h2$	6	-297.37	606.739	615.139	34.796	0
$D \sim \text{Session} \quad g0 \sim b \quad \sigma \sim b \quad pmix \sim h2$	7	-296.115	606.23	618.675	38.332	0

Estimasi populasi harimau sumatera

Pemodelan dengan dua skema SECR yang berbeda menghasilkan estimasi kepadatan yang tidak jauh berbeda, yaitu 1,1 individu /km² untuk *single session* dan 1,3 individu/km² untuk *multi-session* (Tabel 4). Estimasi jumlah individu pada skema *single session*, yaitu 16 (interval kepercayaan 95% = 8–31) individu, lebih rendah daripada estimasi berdasarkan skema *multi-session*, yaitu 18 (interval kepercayaan 95% = 11–33) individu, tetapi perbedaan ini tidak besar dan interval kepercayaannya bertumpang-tindih. Untuk estimasi yang digunakan sebagai angka acuan populasi harimau sumatera di TNBBS bagian utara, kami menyarankan menggunakan nilai estimasi berdasarkan skema *single session* karena jumlah *sampling occasion* pada setiap grid lebih merata (lihat bagian **Seleksi model populasi dalam pemodelan SECR**).

Berdasarkan model terbaik, estimasi rasio jantan:betina juga dapat ditentukan. Berdasarkan skema *single session*, rasio jenis kelamin harimau adalah 3:7 dan berdasarkan skema *multi-session*, rasionya adalah 1:7. Hal ini menandakan bahwa populasi harimau di TNBBS bagian utara baik karena proporsi harimau betina lebih tinggi daripada harimau jantan.

Hasil estimasi kepadatan harimau di TNBBS bagian utara lebih rendah daripada estimasi di IPZ, yaitu 2,8 individu/km² (Pusparini et al. 2018). Hal ini tidak mengindikasikan penurunan populasi karena area yang disurvei berbeda. Untuk memperoleh estimasi harimau di seluruh kawasan TNBBS pun tidak dapat dilakukan dengan menjumlahkan nilai estimasi individu di bagian kawasan yang berbeda karena terdapat kemungkinan beberapa individu harimau dari 16 harimau di bagian utara TNBBS merupakan satwa yang juga terdeteksi pada survei tahun 2015 di IPZ.

Tabel 4. Estimasi parameter populasi berdasarkan model terbaik dalam skema *single session* dan *multi-session*.

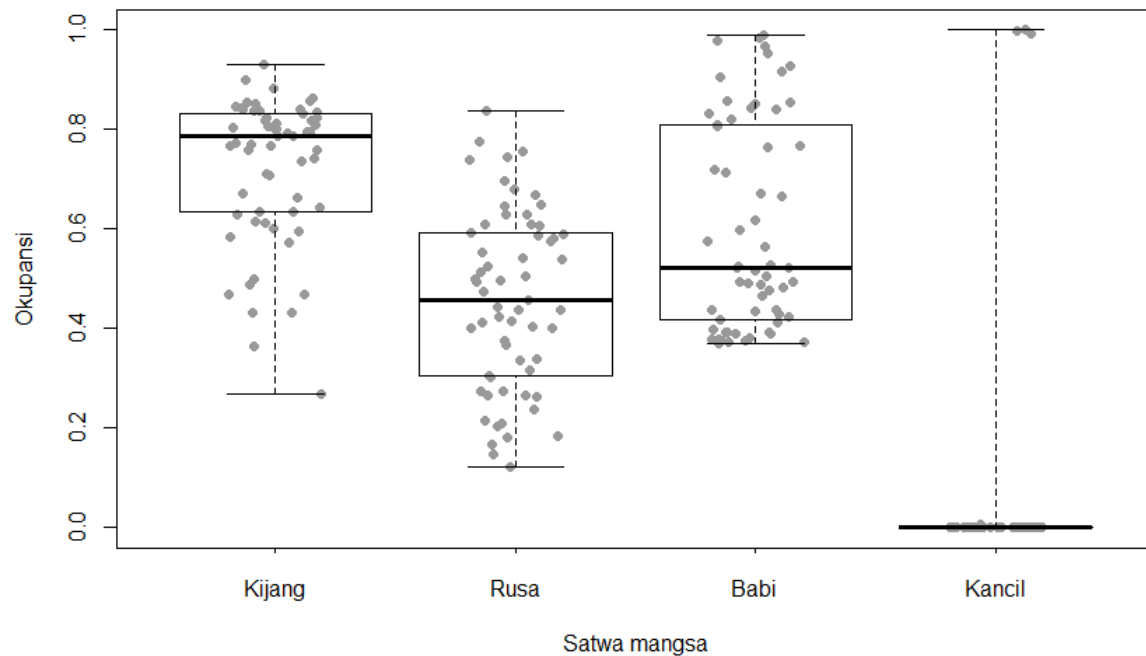
Model terbaik	D (ind./km ²)	N (individu)	Estimasi pmix	Rasio jantan:betina	Effective sampling area (ha)
<i>Single session</i>					
D~1, g0~1, σ~1, pmix~h2	1,1 (0,6–2,2)	16 (8–31)	Jantan = 0,30 Betina = 0,70	3 : 7	87.472
<i>Multi-session</i>					
D~1, g0~1, σ~h2, pmix~h2	1,3 (0,7–2,3)	18 (11–33)	Jantan = 0,12 Betina = 0,88	1 : 7	Sesi 1 = 69.159 Sesi 2 = 58.680

Okupansi satwa mangsa

Data kamera penjemput yang diperoleh dari survei ini tidak memungkinkan untuk melakukan pendugaan kelimpahan satwa mangsa harimau karena satwa mangsa tidak dapat diidentifikasi hingga tingkat individu melalui foto dari kamera penjemput. Hal yang dapat dilakukan adalah memperkirakan distribusi satwa mangsa di area survei. Kami memodelkan okupansi satwa mangsa menggunakan analisis *single season occupancy modelling*. Keluaran dari analisis ini adalah estimasi okupansi satwa, yaitu proporsi habitat yang dihuni oleh satwa. Satwa mangsa harimau yang dianalisis adalah kijang *Muntiacus muntjak*, rusa sambar *Rusa unicolor*, babi hutan *Sus scrofa*, dan pelanduk *Tragulus spp.* Terdapat dua spesies pelanduk di Sumatera, yaitu *T. kanchil* dan *T. napu*, dan keduanya sulit dibedakan satu sama lain. Karena mereka memiliki relung ekologis yang serupa, kami menganggap kedua spesies tersebut satu takson (*Tragulus spp.*) menganalisisnya dalam satu model. Untuk pemodelan okupansi, kami menggunakan empat kovariat, yaitu elevasi, kelerengan, tutupan kanopi, dan tutupan tumbuhan bawah. Elevasi dan kelerengan diproses dari data spasial *digital elevation model* SRTM 90m, sedangkan tutupan kanopi dan tutupan tumbuhan bawah diperoleh dari data yang diambil di setiap lokasi kamera.

Hasil analisis okupansi menunjukkan bahwa mangsa harimau dengan estimasi okupansi (ψ , psi) tertinggi adalah kijang (rerata ψ = 0,72; SD = 0,15), diikuti oleh babi hutan (rerata ψ = 0,60; SD = 0,21), rusa sambar (rerata ψ = 0,46; SD = 0,18), dan pelanduk (rerata ψ = 0,05; SD = 0,22). (Seleksi model, termasuk nilai AIC setiap model, dapat dilihat di Lampiran 3). Analisis okupansi tidak bisa digunakan untuk mengetahui preferensi satwa mangsa harimau, tetapi paling tidak dapat memberikan gambaran ketersediaan pakan di area studi. Berdasarkan hasil analisis, kijang merupakan satwa mangsa yang paling tersebar luas di TNBBS bagian utara. Dari 61 grid, hanya 1 yang memiliki nilai okupansi rendah.

Selain kijang, babi hutan dan rusa sambar memiliki nilai okupansi yang cukup tinggi di area studi. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa TNBBS bagian utara merupakan habitat yang sesuai bagi harimau sumatera karena memiliki sumber daya satwa mangsa yang mencukupi.

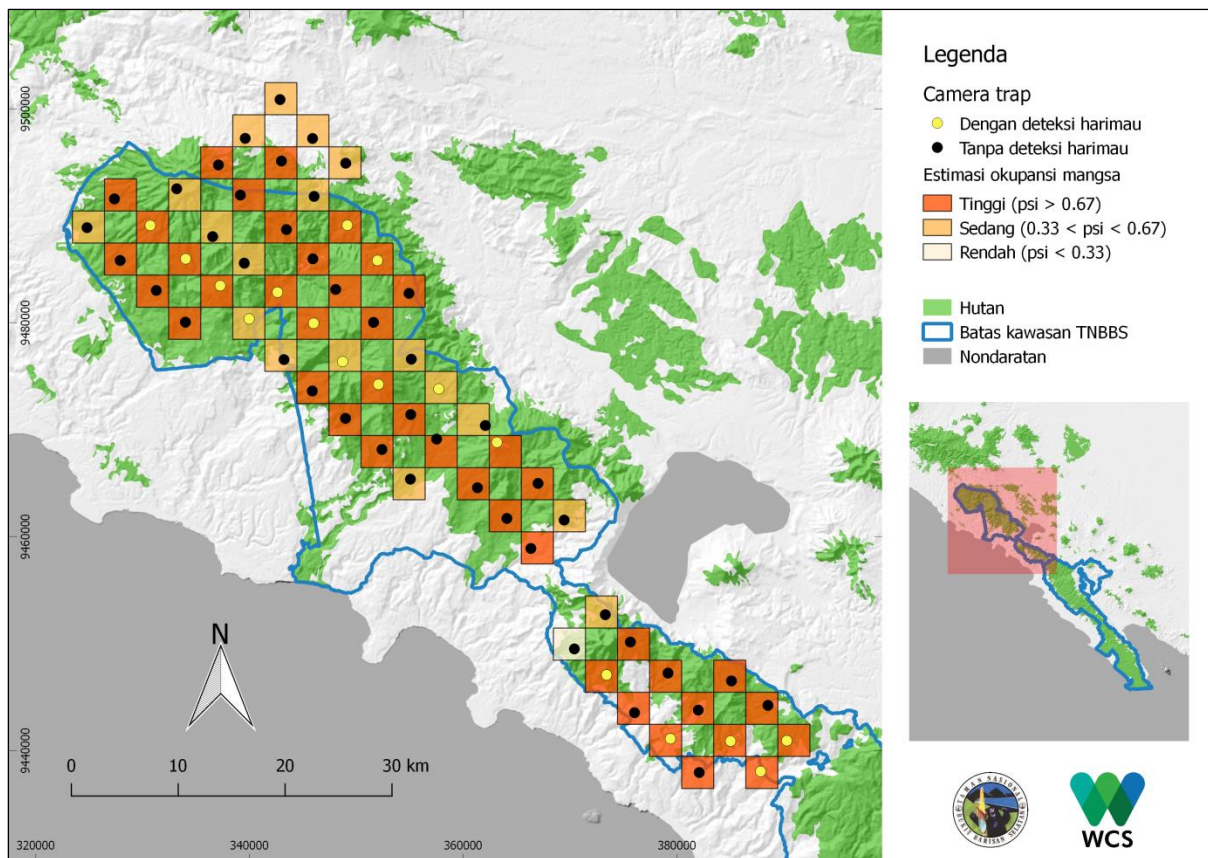


Gambar 2. Estimasi okupansi empat satwa mangsa potensial. Titik abu-abu mewakili nilai okupansi satwa pada setiap grid (N = 61); garis hitam di tengah kotak = median; sisi atas dan bawah kotak = kuartil atas dan kuartil bawah; *whiskers* = nilai minimal dan maksimal.

Kijang

Muntiacus muntjak

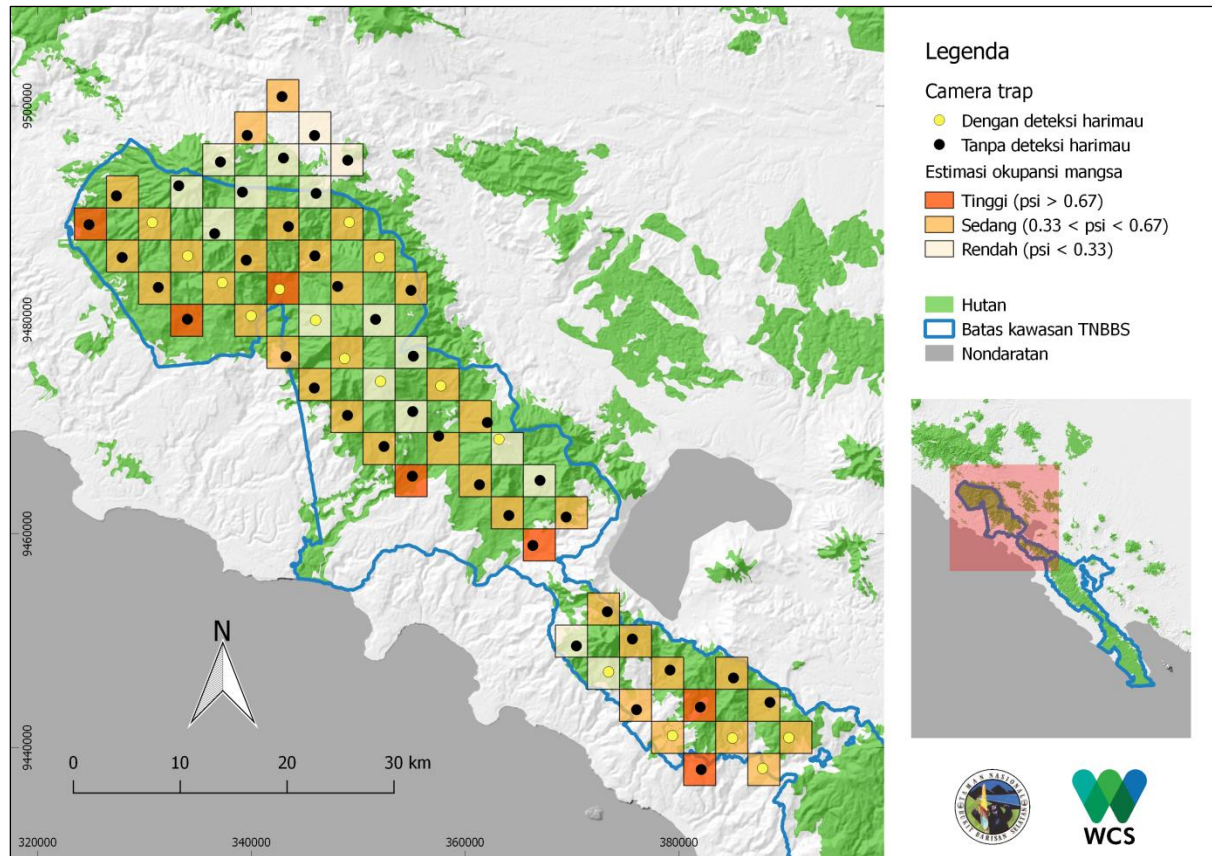
Model terbaik: $p \sim$ tumbuhan bawah, $\psi \sim$ tumbuhan bawah + kelereng



Rusa sambar

Rusa unicolor

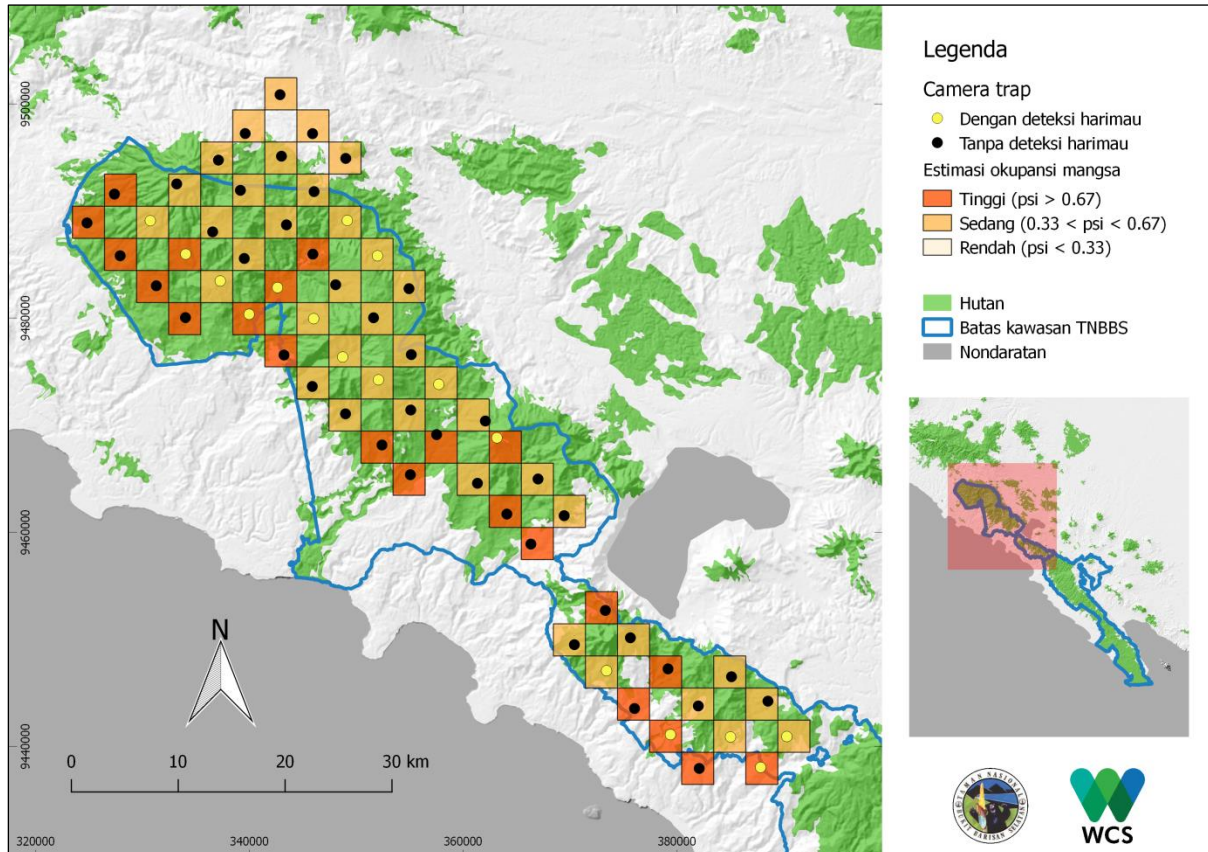
Model terbaik: $p \sim 1$, $\psi \sim$ tumbuhan bawah + elevasi



Babi hutan

Sus scrofa

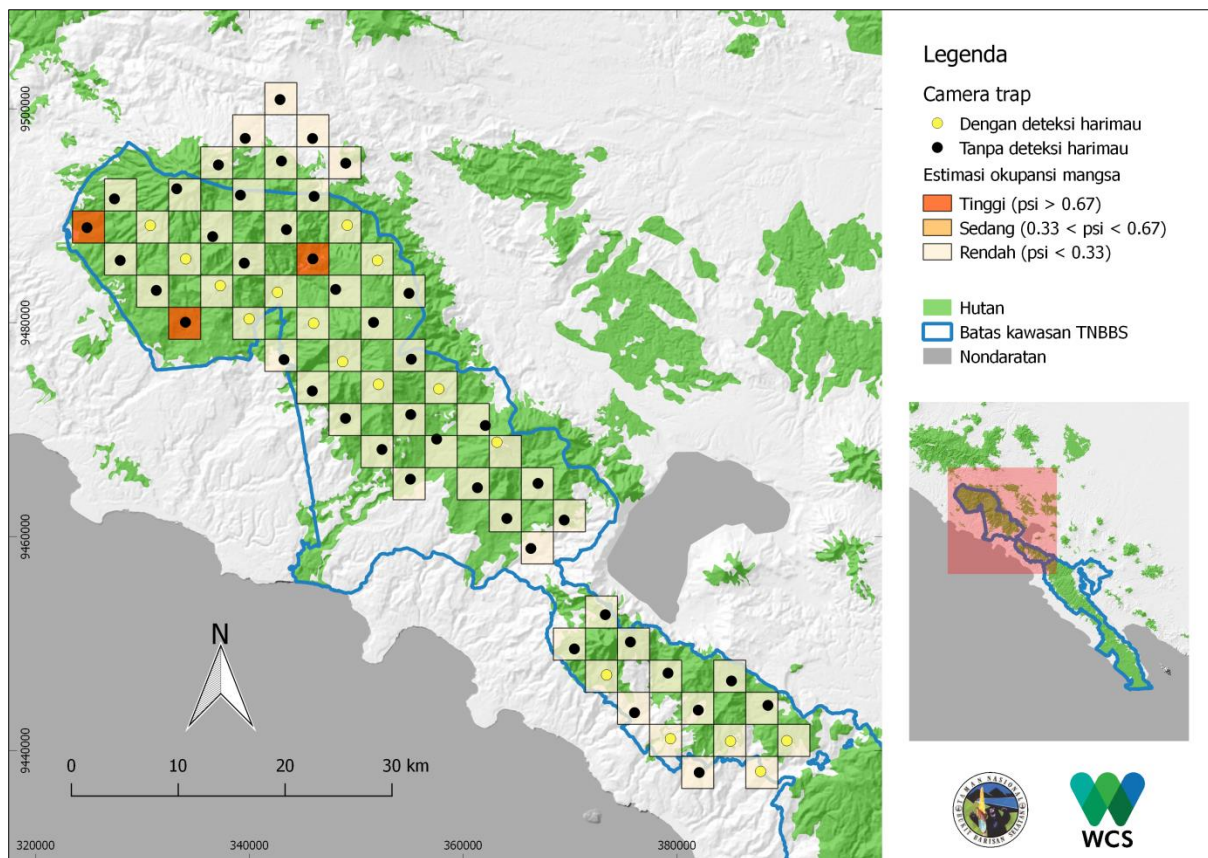
Model terbaik: $p \sim 1$, $\psi \sim \text{elevasi} + \text{elevasi}^2$



Pelanduk kancil dan pelanduk napu

Tragulus kanchil dan *Tragulus napu*

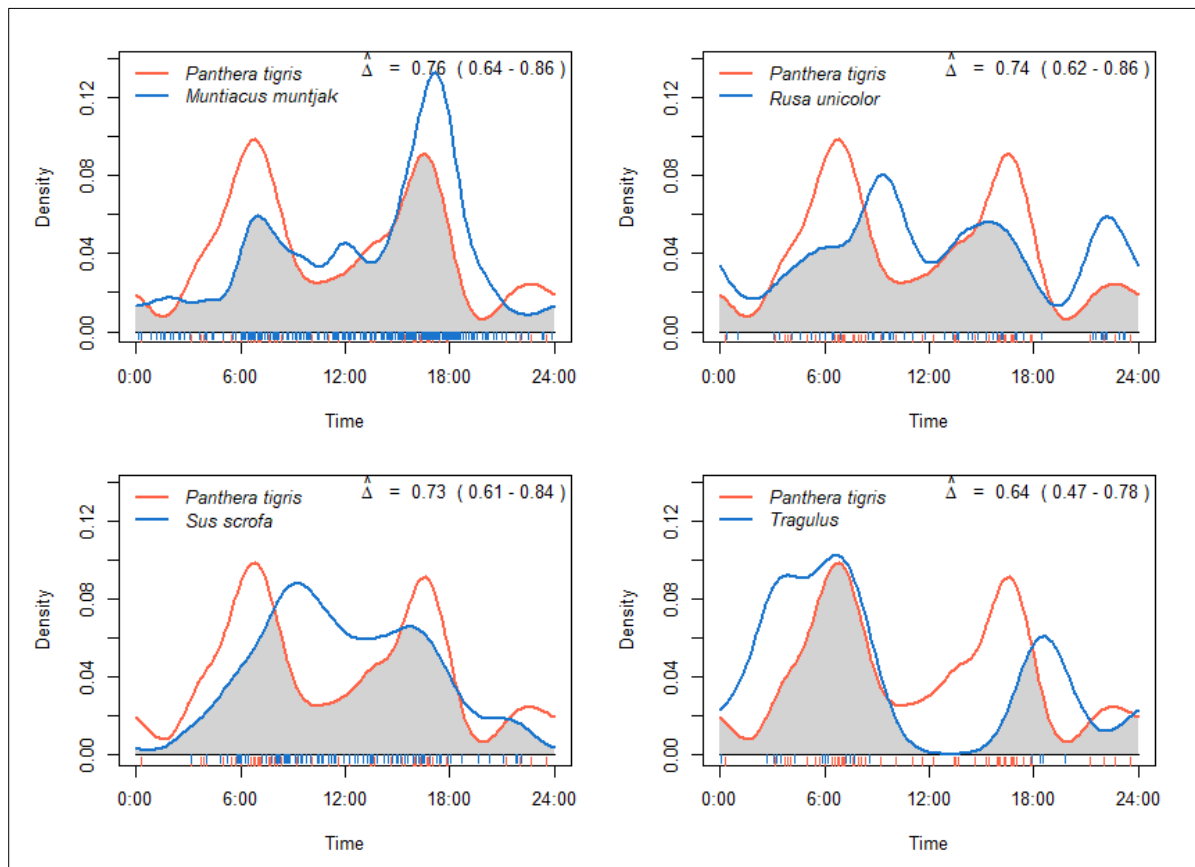
Model terbaik: $p \sim$ tumbuhan bawah, $\psi \sim$ bukaan tajuk + tumbuhan bawah + kelereng



Tumpang-tindih pola aktivitas antara harimau dan satwa mangsa

Berdasarkan data rekaman kamera penjemput, harimau memiliki pola aktivitas diurnal—sebagian besar rekaman harimau (52%) terdeteksi pada siang hari (pukul 07.00 s.d. 17.00). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian O'Brien et al. (2003), tetapi berbeda dengan hasil survei harimau tahun 2015 yang menyatakan bahwa harimau merupakan satwa *crepuscular*. Grafik aktivitas harian harimau menunjukkan bahwa harimau memiliki dua puncak aktivitas, yaitu saat pagi hari sekitar pukul 6 dan sore hari pukul 14 (Gambar 3). Kijang, rusa sambar, dan babi hutan memiliki pola aktivitas diurnal, sedangkan pelanduk *cathemeral* (41% aktivitas malam, 24% siang, dan 35% subuh-senja).

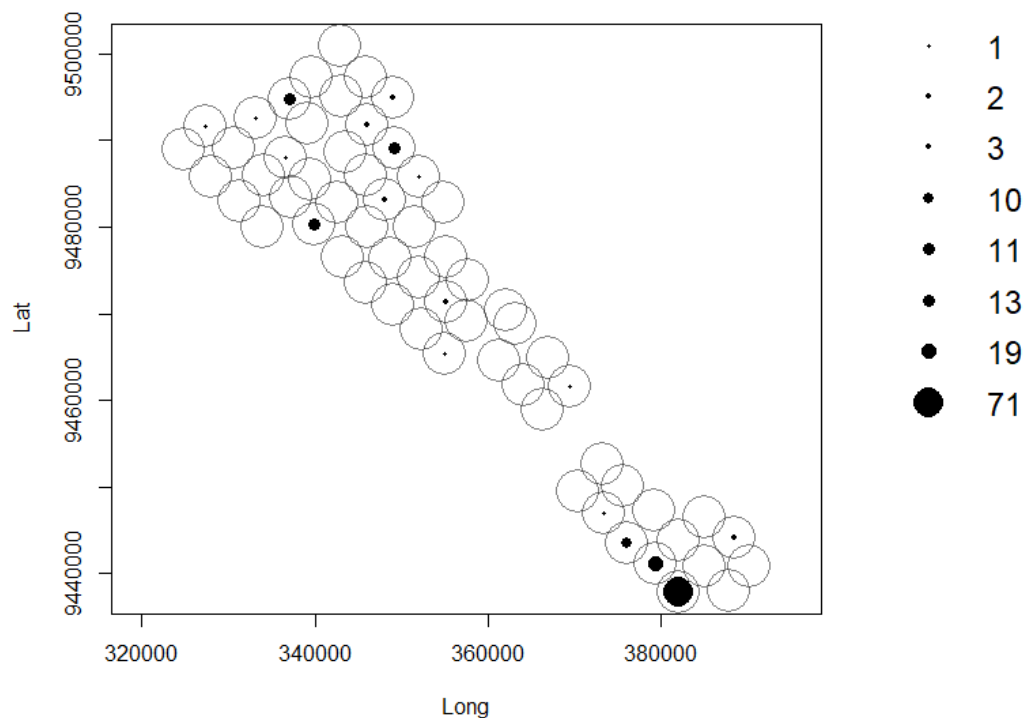
Kami mengestimasi tumpang-tindih (*overlap*) waktu aktivitas antara harimau dan keempat satwa mangsanya dengan pendekatan yang dikembangkan oleh Ridout & Linkie (2009). Secara umum, keempat satwa mangsa memiliki tumpang-tindih temporal yang cukup tinggi. Satwa mangsa potensial dengan tingkat tumpang-tindih tertinggi adalah kijang, sedangkan yang terendah adalah pelanduk (Gambar 3).



Gambar 3. Tumpang-tindih waktu aktif antara harimau dengan satwa mangsanya.

Aktivitas ilegal di dalam kawasan

Selain foto satwa, ditemukan juga 1,102 foto (terdiri atas 156 foto independen) yang merekam aktivitas ilegal di dalam kawasan TNBBS bagian utara (Gambar 4). Beberapa foto menunjukkan bahwa manusia yang terekam kamera masuk ke dalam kawasan untuk memburu burung (membawa sangkar), mengambil hasil hutan bukan kayu, atau berburu satwa (membawa anjing dan senapan). Hal ini perlu menjadi perhatian pengelola kawasan karena aktivitas ilegal di dalam taman nasional dapat merusak ekosistem, termasuk populasi harimau sumatera. Perburuan satwa mangsa harimau oleh manusia dapat mengurangi jumlah satwa yang tersedia untuk harimau; konversi hutan menjadi kebun di dalam kawasan dapat mengurangi luasan habitat yang sesuai bagi harimau.



Gambar 4. Sebaran temuan aktivitas ilegal di TNBBS bagian utara. Angka menunjukkan jumlah foto independen di setiap grid.

D. Kesimpulan dan rekomendasi

- Ukuran populasi harimau sumatera di TNBBS bagian utara adalah 16 individu harimau dewasa (interval kepercayaan 95% = 8–31 individu) dengan kepadatan 1,1 (0,6–2,2) individu/km². Estimasi rasio jantan:betina adalah 3:7.
- Satwa mangsa potensial yang memiliki estimasi okupansi tertinggi dan tumpang-tindih aktivitas temporal tertinggi dengan harimau adalah kijang.
- Aktivitas ilegal di kawasan TNBBS dapat mengancam kelestarian populasi harimau. Oleh karena itu, diperlukan peningkatan pengamanan kawasan untuk menjaga keutuhan ekosistem hutan hujan tropis TNBBS.
- Populasi harimau sumatera di TNBBS bagian utara tidak setinggi populasi harimau di kawasan IPZ. Namun, area ini dapat menjadi koridor yang menghubungkan IPZ TNBBS dengan kawasan hutan di Bukit Balai Rejang Selatan. Oleh karena itu, ekosistem hutan di area ini juga penting untuk dijaga keutuhannya.

Daftar Acuan

- Dinerstein E et al. 2006. Setting Priorities for the Conservation and Recovery of Wild Tigers: 2005–2015. A User's Guide. WWF, WCS, Smithsonian, and NFWF-STF, Washington, D.C. – New York.
- Efford MG, Borchers DL, Byrom AE. 2009. Density estimation by spatially explicit capture-recapture: likelihood-based methods.
- Efford MG, Dawson DK, Robbins CS. 2004. DENSITY : software for analysing capture – recapture data from passive detector arrays. *Animal Biodiversity and Conservation* **27**:217–228.
- Initiative GT. 2012. Managing Tiger Conservation Landscapes Habitat Connectivity: Threats and Possible Solutions. Experiences from Bangladesh, India, Indonesia, Malaysia, Myanmar, Nepal, Thailand, and Vietnam. Washington, D.C.
- Karanth KU. 1995. ESTIMATING TIGER *Panthera tigris* POPULATIONS FROM CAMERA-TRAP DATA USING CAPTURE RECAPTURE MODELS. *Biological Conservation* **71**:333–338.
- O'Brien TG, Kinnaird MF, Wibisono HT. 2003. Crouching tigers, hidden prey: Sumatran tiger and prey populations in a tropical forest landscape. *Animal Conservation* **6**:131–139.
- Otis DL, Burnham KP, White GC, Anderson DR. 1978. Wildlife Monograph. Statistical Inference from Capture Data on Closed Animal Populations. The Wildlife Society **62**:3–135.
- Pickles R, Wong W-M, Sahil, Smith J, Goodrich J. 2014. *Panthera Field Manual: PFM04 Analysing spatial capture-recapture tiger data from camera traps.*
- Pusparini W, Batubara T, Surahmat F, Ardiantiono, Sugiharti T, Muslich M, Amama F, Marthy W, Andayani N. 2018. A pathway to recovery: The Critically Endangered Sumatran tiger *Panthera tigris sumatrae* in an “in danger” UNESCO World Heritage Site. *ORYX* **52**:25–34.
- Ridout MS, Linkie M. 2009. Estimating overlap of daily activity patterns from camera trap data. *Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics* **14**:322–337.

Lampiran 3. Seleksi model okupansi satwa mangsa harimau

Kijang *Muntiacus muntjak*

Model	nPars	AIC	delta	AICwt	cumltvWt	Rsqr
Mmun_Und.UndSlo	5	2001.51	0	0.22301	0.22	0.2049
Mmun_Und.CanSlo	5	2001.63	0.12	0.21041	0.43	0.2034
Mmun_Und.EleSlo	5	2002.24	0.73	0.15507	0.59	0.1954
Mmun_Und.CanEleSlo	6	2003.13	1.62	0.09909	0.69	0.2098
Mmun_Und.UndEleSlo	6	2003.45	1.94	0.08473	0.77	0.2057
Mmun_Und.CanUndEleSlo	7	2004.68	3.17	0.04565	0.82	0.2156
Mmun_Und.CanUndEleEle2Slo	8	2004.84	3.33	0.04222	0.86	0.239
Mmun_.Slo	3	2006.25	4.73	0.02091	0.88	0.0825
Mmun_Und.CanUnd	5	2006.7	5.19	0.01665	0.9	0.1343
Mmun_Und.UndEle	5	2006.92	5.41	0.01494	0.91	0.1312
Mmun_Und.CanEle	5	2007.01	5.5	0.01428	0.93	0.1299
Mmun_.UndSlo	4	2007.29	5.78	0.01242	0.94	0.0968
Mmun_.CanSlo	4	2007.48	5.97	0.0113	0.95	0.094
Mmun_.EleSlo	4	2008.14	6.62	0.00813	0.96	0.0842
Mmun_Und.CanUndEle	6	2008.64	7.13	0.00632	0.97	0.1352
Mmun_.CanEleSlo	5	2008.99	7.48	0.00529	0.97	0.1011
Mmun_.Ele2	3	2009.11	7.6	0.00499	0.98	0.0384
Mmun_.UndEleSlo	5	2009.23	7.72	0.0047	0.98	0.0976
MmunNull	2	2009.5	7.99	0.00411	0.98	0
Mmun_.CanUndEleSlo	6	2010.47	8.96	0.00253	0.99	0.1088
Mmun_.EleEle2	4	2010.54	9.03	0.00244	0.99	0.0473
Mmun_.CanUndEleEle2Slo	7	2010.66	9.14	0.00231	0.99	0.1349
Mmun_.Und	3	2010.9	9.39	0.00204	0.99	0.0098
Mmun_.Can	3	2010.93	9.42	0.00201	1	0.0093
Mmun_.Ele	3	2011.35	9.84	0.00163	1	0.0024
Mmun_.CanUnd	4	2012.52	11.01	0.00091	1	0.0159
Mmun_.UndEle	4	2012.73	11.22	0.00082	1	0.0125
Mmun_.CanEle	4	2012.89	11.38	0.00075	1	0.0099
Mmun_.CanUndEle	5	2014.45	12.94	0.00035	1	0.017

Rusa sambar *Rusa unicolor*

Model	nPars	AIC	delta	AICwt	cumltvWt	Rsqr
Runi_.UndEle	4	336.93	0	1.06E-01	0.11	7.57E-02
Runi_.Ele	3	337.09	0.16	9.84E-02	0.2	4.23E-02
Runi_.CanEle	4	337.63	0.7	7.51E-02	0.28	6.51E-02
RuniNull	2	337.72	0.78	7.19E-02	0.35	0.00E+00
Runi_.CanUndEleSlo	6	337.92	0.98	6.50E-02	0.42	1.21E-01
Runi_.UndEleSlo	5	338.16	1.22	5.77E-02	0.47	8.75E-02
Runi_.Und	3	338.21	1.27	5.63E-02	0.53	2.45E-02
Runi_Und.CanUndEle	6	338.38	1.45	5.15E-02	0.58	1.14E-01

Runi_.EleEle2	4	338.79	1.85	4.21E-02	0.62	4.70E-02
Runi_.Ele2	3	338.92	1.98	3.95E-02	0.66	1.31E-02
Runi_.CanUndEledEle2Slo	7	339.04	2.1	3.72E-02	0.7	1.33E-01
Runi_.CanUnd	4	339.09	2.15	3.62E-02	0.74	4.24E-02
Runi_Und.CanEle	5	339.14	2.21	3.53E-02	0.77	7.25E-02
Runi_.Can	3	339.14	2.21	3.53E-02	0.81	9.40E-03
Runi_Und.CanUndEleSlo	7	339.89	2.95	2.43E-02	0.86	1.21E-01
Runi_Und.UndEleSlo	6	340.14	3.2	2.15E-02	0.88	8.78E-02
Runi_Und.UndEleEle2	6	340.18	3.25	2.10E-02	0.9	8.71E-02
Runi_Und.EleSlo	5	340.34	3.4	1.94E-02	0.92	5.41E-02
Runi_Und.UndEle2	5	340.62	3.69	1.68E-02	0.94	4.97E-02
Runi_Und.UndSlo	5	340.84	3.91	1.51E-02	0.95	4.62E-02
Runi_Und.CanEleSlo	6	340.94	4	1.44E-02	0.97	7.57E-02
Runi_Und.CanUndEleEle2Slo	8	341.04	4.1	1.37E-02	0.98	1.33E-01
Runi_Und.CanUnd	5	341.08	4.15	1.34E-02	0.99	4.24E-02
Runi_.CanEleSlo	5	345.07	8.13	1.82E-03	1	-2.25E-02
Runi_.Slo	3	345.89	8.95	1.21E-03	1	-1.07E-01
Runi_.UndSlo	4	346.66	9.73	8.20E-04	1	-8.48E-02
Runi_Und.CanSlo	5	346.73	9.79	7.90E-04	1	-5.08E-02
Runi_.CanSlo	4	347.36	10.42	5.80E-04	1	-9.73E-02

Babi hutan *Sus scrofa*

Model	nPars	AIC	delta	AICwt	cumltvWt	Rsq
Sscr_.EleEle2	4	501.83	0	0.4037	0.4	0.1337
Sscr_Und.UndEleEle2	6	504.84	3.01	0.0896	0.49	0.1477
Sscr_.Ele	3	505.16	3.33	0.0764	0.57	0.0546
Sscr_.CanUndEledEle2Slo	7	506.47	4.64	0.0396	0.61	0.1528
Sscr_.EleSlo	4	506.53	4.7	0.0385	0.65	0.0643
SscrNull	2	506.58	4.75	0.0375	0.69	0
Sscr_.Ele2	3	506.78	4.96	0.0338	0.72	0.029
Sscr_.Slo	3	507.08	5.25	0.0292	0.75	0.0243
Sscr_.CanEle	4	507.11	5.28	0.0288	0.78	0.0554
Sscr_.UndEle	4	507.11	5.28	0.0288	0.81	0.0553
Sscr_.Can	3	507.98	6.15	0.0186	0.82	0.0098
Sscr_Und.CanUndEleEle2Slo	8	508.46	6.63	0.0146	0.84	0.1529
Sscr_.UndEleSlo	5	508.5	6.67	0.0144	0.85	0.0648
Sscr_.CanEleSlo	5	508.5	6.67	0.0144	0.87	0.0648
Sscr_.Und	3	508.5	6.68	0.0143	0.88	0.0013
Sscr_Und.EleSlo	5	508.53	6.7	0.0142	0.9	0.0643
Sscr_.CanSlo	4	508.66	6.83	0.0133	0.91	0.0311
Sscr_.UndSlo	4	509.03	7.21	0.011	0.92	0.0251
Sscr_.CanUndEle	5	509.04	7.21	0.011	0.93	0.0564
Sscr_Und.CanEle	5	509.1	7.27	0.0106	0.94	0.0555
Sscr_Und.UndEle	5	509.11	7.28	0.0106	0.95	0.0553

Sscr_.CanUnd	4	509.8	7.97	0.0075	0.96	0.0128
Sscr_Und.UndEle2	5	510.3	8.47	0.0058	0.97	0.0367
Sscr_.CanUndEleSlo	6	510.45	8.62	0.0054	0.97	0.0655
Sscr_Und.CanEleSlo	6	510.49	8.67	0.0053	0.98	0.0648
Sscr_Und.UndEleSlo	6	510.5	8.67	0.0053	0.98	0.0648
Sscr_Und.CanSlo	5	510.64	8.82	0.0049	0.99	0.0313
Sscr_Und.UndSlo	5	511.03	9.2	0.004	0.99	0.0251
Sscr_Und.CanUndEle	6	511.04	9.21	0.004	1	0.0565
Sscr_Und.CanUnd	5	511.79	9.97	0.0028	1	0.0128
Sscr_Und.CanUndEleSlo	7	512.45	10.62	0.002	1	0.0655

Pelanduk *Tragulus spp.*

Model	nPars	AIC	delta	AICwt	cumltvWt	Rsq
Trag_Und.CanUndEle	6	131.67	0	1.80E-01	0.18	4.00E-01
Trag_Und.UndEle	5	132.46	0.798	1.20E-01	0.49	3.70E-01
Trag_Und.CanEle	5	133.64	1.975	6.80E-02	0.63	3.50E-01
Trag_Und.EleSlo	5	137.88	6.218	8.20E-03	0.98	3.00E-01
Trag_.CanEle	4	137.95	6.288	7.90E-03	0.99	2.70E-01
Trag_.Ele	3	138.71	7.044	5.40E-03	1	2.30E-01
Trag_.EleSlo	4	140.32	8.651	2.40E-03	1	2.40E-01
Trag_.EleEle2	4	140.71	9.044	2.00E-03	1	2.30E-01
Trag_.Ele2	3	149	17.333	3.10E-05	1	7.40E-02
TragNull	2	151.28	19.618	1.00E-05	1	0.00E+00
Trag_Und.CanUnd	5	152.46	20.793	5.60E-06	1	8.40E-02
Trag_Und.UndSlo	5	152.46	20.794	5.60E-06	1	8.30E-02
Trag_Und.CanSlo	5	152.78	21.116	4.70E-06	1	7.80E-02
Trag_.Slo	3	153.28	21.613	3.70E-06	1	8.50E-05
Trag_.Und	3	153.28	21.614	3.70E-06	1	6.00E-05
Trag_.Can	3	153.28	21.617	3.70E-06	1	7.50E-06
Trag_.UndSlo	4	155.28	23.61	1.40E-06	1	1.30E-04
Trag_.CanSlo	4	155.28	23.613	1.40E-06	1	9.20E-05
Trag_.CanUnd	4	155.28	23.614	1.40E-06	1	6.20E-05