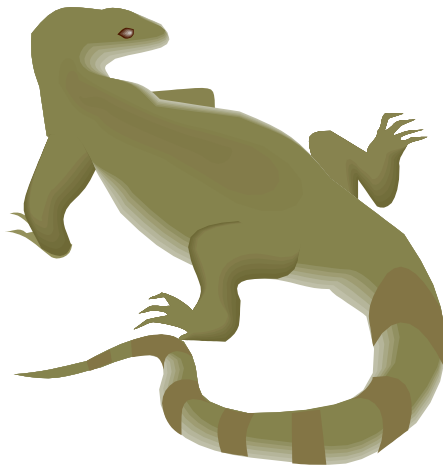


**KURSUS METODE SAMPLING DAN STATISTIK
DALAM POPULASI TERTUTUP
DIGUNAKAN UNTUK PENAKSIRAN
KELIMPAHAN
Varanus Komodoensis**



Oleh :
Tim Jessop
M Jeri Imansyah
Deni Purwandana



Tujuan Kursus

1. Menerangkan bahwa kunci pengelolaan dan konservasi populasi yang baik adalah dengan menggunakan metode sampling (cuplikan) dan statistik yang efektif sehingga dapat memberikan penaksiran akurat dari ukuran populasi dan beberapa pengukuran dari eror (kesalahan) yang berhubungan.
2. Menjelaskan sejumlah bias dan asumsi dari metode sensus yang digunakan oleh TNK dalam melaksanakan penaksiran populasi baik secara langsung maupun peramalan (ekstrapolasi).
3. Menyarankan garis pedoman potensial dan metode capture/recapture untuk menyediakan strategi sampling jangka pendek (Metode untuk Populasi Tertutup) untuk keakuratan penaksiran ukuran populasi Biawak Komodo (atau setidaknya komponen pasti dari populasi). Juga menginformasikan bahwa strategi sampling capture/recapture untuk jangka panjang (metode populasi terbuka) dapat memungkinkan untuk menaksir ukuran populasi secara luas, sebagaimana beberapa faktor tambahan seperti : ketahanan hidup, kematian, perkembangan, dan umur matang seksual.
4. Menganjurkan penggunaan tambahan indeks-indeks alternatif untuk sensus tahunan secara cepat dari komponen populasi sehingga dapat menyediakan informasi lebih lanjut dalam dinamika populasi jangka panjang. Hal ini dapat melibatkan beberapa pengukuran seperti jumlah dari betina dalam masa reproduksi (breeding female) tahunan dan beberapa indeks produktivitas anak (biawak Komodo yang baru menetas).
5. Menyediakan beberapa pelatihan praktis dalam desain sampling dan penggunaan dasar statistika metode capture-recapture untuk memperoleh penaksiran ukuran populasi. Meyediakan perangkat lunak yang layak untuk kalkulasi banyak statistik untuk penaksiran ukuran populasi.

Pendahuluan

Biawak Komodo adalah satwa unik dengan sebaran terbatas di beberapa pulau di kawasan Indonesia Timur. Keterbatasan sebarannya ini mengilustrasikan betapa pentingnya Komodo. Ini merupakan bukti bahwa banyak spesies tidak sanggup untuk bertahan hidup di bumi karena meningkatnya kompetisi dengan manusia. Adalah tanggung jawab kita untuk melakukan perhitungan konservasi dan pengelolaan yang akan menjaga kelangsungan hidup seluruh spesies. Hal ini sangat penting dalam cakupan taman nasional dimana banyak aktivitas dilakukan di tempat perlindungan terakhir bagi banyak spesies. Keputusan pengelolaan dan konservasi yang baik serta relevan dalam harus diimplementasikan dan di update untuk memastikan bahwa sisa dari populasi liar dapat dijaga hingga waktu, yang merupakan faktor kondisi diluar taman nasional, dapat menyokong reintroduksi dan repopulasi dari area distribusi diluar taman nasional.

Bagaimana kita membuat keputusan pengelolaan yang terinformasikan secara baik sehingga dapat melestarikan spesies seperti Biawak Komodo ?

Dengan melakukan program-program penelitian efektif yang akan meningkatkan akurasi dalam pengumpulan informasi mengenai spesies pilihan. Hal ini memerlukan banyak pekerjaan lapangan yang harus dilaksanakan selama beberapa hingga banyak tahun tergantung pada sejarah-hidup satwa tersebut.

Informasi apa yang dikumpulkan dari program penelitian untuk mendukung keputusan yang tepat berdasarkan informasi mengenai status suatu spesies ?

Ada beberapa kunci informasi kritis untuk memastikan status suatu spesies. Kunci-kunci ini mencakup pengukuran dinamika populasi jangka panjang, beberapa pengukuran akan mencakup penaksiran ukuran populasi, tingkat betina reproduktif, penambahan dan kematian. Sebagai tambahan, perlu disadari bahwa lingkungan di mana satwa-satwa tersebut hidup akan mengendalikan proses-proses ini. Sehingga penting pula bagi kita untuk dapat mengidentifikasi faktor kunci lingkungan (iklim yang bervariasi, sumber makanan, faktor kematian seperti penyakit atau perubahan habitat) yang akan menentukan berubahnya status suatu spesies. Kursus ini akan fokus pada penaksiran ukuran populasi sebagai kunci variabel untuk memberikan beberapa pengertian mengenai status populasi Komodo, juga akan menguji beberapa ukuran yang akan memberikan informasi tambahan dalam meningkatkan pengertian tentang proses yang mempengaruhi status populasi.

Bagaimana kita dapat membuat perkiraan kelimpahan populasi Komodo ?

Dengan menggunakan metodologi perkiraan populasi. Banyak metode yang dapat digunakan untuk menaksir ukuran suatu populasi satwa. Metode yang paling layak akan dideterminasi dengan sejumlah faktor yang berhubungan

dengan tingkah laku satwa dan aspek biologi lainnya. Sebagai tambahan, lingkungan dimana satwa hidup dapat mempengaruhi kuat pilihan metode sampling yang akan digunakan. Selanjutnya biaya dan logistik berkaitan dengan bentuk dan bagian metode sensus akan dapat menghalangi pelaksanaannya. Ada banyak informasi mengenai metode apa yang sangat layak untuk sensus populasi satwa dalam bentuk pertanyaan. Dibawah ini adalah kunci untuk mengindikasikan tipe metode sensus apa yang baik dalam menaksir populasi yang menarik.

Dengan menggunakan kunci di bawah ini, dapatkan anda menentukan metode sensus apa yang paling layak untuk penaksiran populasi Biawak Komodo?

Nomor kunci	Karakteristik populasi yang harus diperhatikan.	Menuju nomor atau Metode
1 (a)	Populasi dapat diperlakukan sebagai populasi tertutup selama sensus (durasi pendek untuk sensus, tidak ada kelahiran, kematian, imigrasi, atau emigrasi).	2
1 (b)	Populasi tidak dapat diperlakukan sebagai populasi tertutup selama sensus.	9
2 (a)	Diperlukan penaksiran kepadatan mutlak.	3
2 (b)	Tidak diperlukan penaksiran kepadatan mutlak.	Density Indices
3 (a)	Seluruh individu dapat dihitung dalam area studi.	Complete Census
3 (b)	Seluruh individu tidak dapat dihitung dalam area studi.	4
4 (a)	Seluruh individu lebih akurat dan efisien dengan ditangkap dari pada dihitung.	5
4 (b)	Satwa dapat dihitung secara efisien dan akurat dari pada dengan penangkapan	7
5 (a)	Proporsi besar dari populasi dapat ditangkap dalam satu periode waktu.	Lincoln-Peterson Mark-Recapture
5 (b)	Proporsi besar dari populasi tidak dapat ditangkap dalam satu periode waktu.	6
6 (a)	Penangkapan satwa menyebabkan perpindahan populasi.	Catch-Effort atau Change-in-Ratio
6 (b)	Penangkapan satwa tidak menyebabkan perpindahan populasi.	Multiple Mark-Recaptures
7 (a)	Populasi padat.	Complete Count dalam Sample Plots
7 (b)	Populasi jarang.	8
8 (a)	Seluruh binatang dapat dideteksi dari jarak jauh oleh Pengamat.	Strip Census
8 (b)	Seluruh binatang tidak dapat dideteksi dari jarak jauh oleh Pengamat.	Line Transect
9 (a)	Tingkat ketahanan hidup merupakan perhatian utama.	10
9 (b)	Tingkat ketahanan hidup bukan merupakan perhatian utama.	12
10 (a)	Ketahanan hidup mempunyai variasi berbeda dari waktu ke waktu.	11
10 (b)	Ketahanan hidup tidak mempunyai variasi berbeda dari waktu ke waktu.	Life Tables or Band-Recovery Methods
11 (a)	Semua kelas umur mempunyai Ketahanan hidup yang sama.	Stochastic Age-Independent Band-Recovery Analysis
11 (b)	Semua kelas umur tidak mempunyai ketahanan hidup yang sama.	Stochastic Age-Dependent Band-Recovery Analysis
12 (a)	Penangkapan satwa akan menyebabkan perpindahan dari populasi.	Catch-Effort atau Change-in-Ratio
12 (b)	Penangkapan satwa tidak akan menyebabkan perpindahan dari populasi.	Stochastic Multiple Recaptures

Mengacu kepada kunci tabel diatas, yang tergantung pada panjangnya pelaksanaan sensus, kita bisa menggunakan tiga metode dari metode Mark/Recapture untuk penaksiran ukuran populasi Biawak Komodo.

Tiga metode tersebut terdiri dari :

Dua metode untuk sensus jangka pendek

1. Lincoln-Peterson Mark-Recapture
2. Multiple Mark Recapture

Dan satu metode untuk sensus jangka panjang

1. Stochastic Multiple Recaptures

Kita akan berbicara lebih rinci tentang metode ini dalam bagian terpisah. Untuk sekarang mari kita kembalikan perhatian kita kepada hal mengenai mengapa metodologi-metodologi ini dapat digunakan untuk meningkatkan akurasi (ketepatan) estimasi populasi yang digunakan oleh TNK. Ketika melaksanakan salah satu metodologi tersebut, kita harus selalu mencoba dan mengurangi eror (kesalahan) atau bias yang akan mengarah kepada over estimasi atau under estimasi perkiraan-berkurang. Jika kita tidak menghilangkan bias-bias tersebut atau sumber-sumber eror maka kita akan meningkatkan kemungkinan yang akan membuat miskannya informasi bagi pengambilan keputusan dalam manajemen populasi. Pada saat ini ada sejumlah bias atau eror dalam sensus TNK yang akan mempengaruhi estimasi.

Metode sensus yang dilakukan oleh TNK menggunakan 2 dasar formula untuk mendapatkan penaksiran populasi.

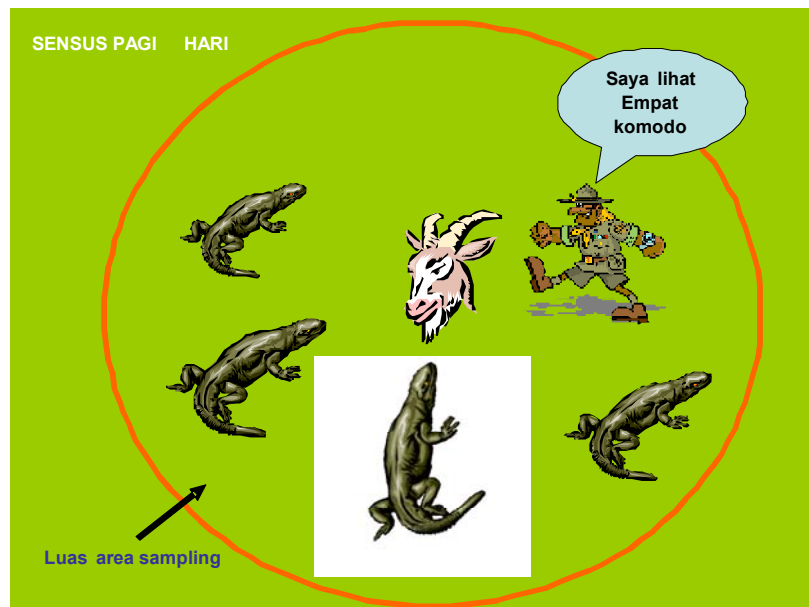
Penghitungan langsung atau sensus

Metode ini digunakan untuk memperoleh penghitungan langsung dengan sedikit potensi modifikasi agar dapat digunakan seefektif metode Mark/Recapture yang digunakan untuk penaksiran secara cepat kelimpahan biawak Komodo (kita akan bicarakan ini lebih lanjut pada bahasan lain) terutama sekali individu dewasa (jantan primer/ jantan dominan) sebagai komponen dari populasi. Bagaimanapun, pada saat ini lebih atau kurang sebuah metode penghitungan langsung, kita tidak bisa mengetahui seberapa akurat metode tersebut. Pada saat ini penghitungan langsung mengarah kepada sejumlah bias yang akan membawa kita kepada eror (kesalahan) dimana akan terjadi over atau under-estimasi ukuran populasi biawak Komodo.

Sebagai contoh, penghitungan langsung memiliki beberapa bias

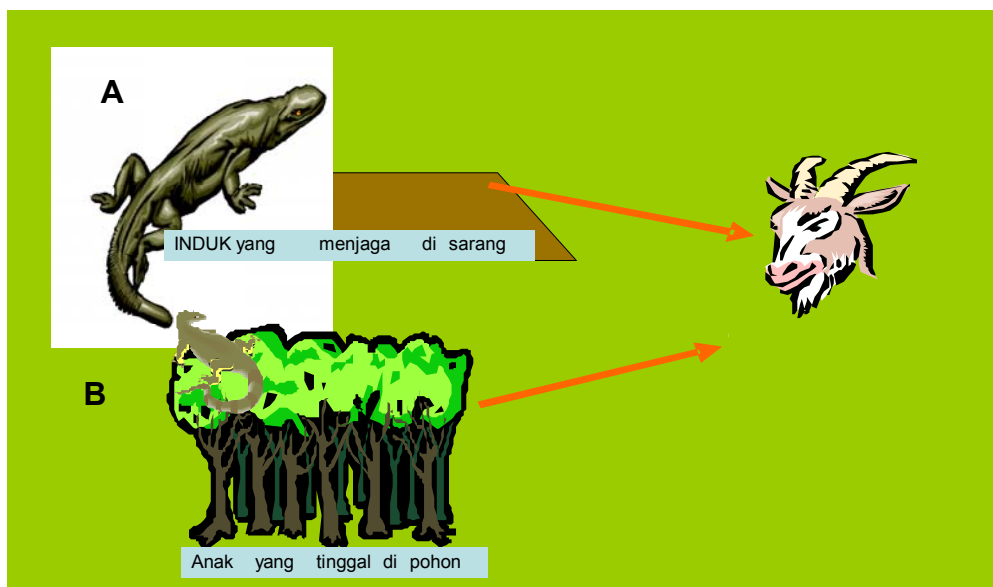
1. Besar kemungkinan individu satwa yang sama terlihat atau terhitung beberapa kali.

Kesempatan melihat dan menghitung individu yang sama sebanyak dua kali (atau lebih) adalah mungkin, sejauh tidak ada cara untuk membedakan individu-individu mana yang telah dan belum terhitung sebelumnya (tidak menggunakan penanda luar untuk mengidentifikasi individu yang telah terhitung). Ada kemungkinan bahwa binatang besar akan berada dekat dengan umpan, terutama jika umpan ditempatkan dalam satu tempat selama tiga hari, dan menjadi terhitung lebih dari sekali (lihat gambar di bawah ini). Hal ini akan mengakibatkan over-estimasi dalam penghitungan populasi.



2. Tidak setiap individu dalam populasi mempunyai kesempatan yang sama untuk teramati.

Ada kemungkinan kuat bahwa kesempatan ukuran satwa yang berbeda untuk terlihat langsung pada area sampling akan berbeda. Sebagai contoh, Komodo kecil (juvenile) kemungkinan akan tidak terhitung, karena sifatnya yang arboreal dan merupakan mangsa bagi Komodo besar. Sama halnya selama bulan Oktober, tidak diketahui apakah betina breeding meninggalkan sarangnya untuk mencari umpan ? Jika tidak, maka komponen ukuran betina dewasa tidak termasuk ke dalam perhitungan. Kedua situasi tersebut akan menghasilkan penaksiran yang kurang (under estimate). Selanjutnya tidak akan dapat diketahui bahwa kepadatan relatif (densitas relative) biawak Komodo berbeda diantara ukuran kelas.



Metode Penaksiran

Banyak peneliti diseluruh dunia mencoba mencari cara cepat untuk menaksir populasi total dengan peramalan (extrapolasi), ini adalah bukti bahwa usaha dan perencanaan yang sungguh-sungguh harus termasuk kedalam kalkulasi serupa untuk meghilangkan potensial banyak bias dan eror. Metode extrapolasi yang saat ini digunakan oleh TNK ada beberapa bias yang akan mengakibatkan over-estimasi yang extrim dari ukuran populasi.

1. Ada bukti bahwa biawak Komodo tidak mempunyai distribusi merata juga kepadatan pada habitat berbeda (Hutan gugur terbuka vs savanna) dan pada ketinggian berbeda. Jadi extrapolasi dengan perkalian sederhana tidak akan menghitung perbedaan-perbedaan tadi, yang kemudian mengakibatkan over-estimasi besar-besaran dari ukuran populasi.

2. Dengan menggunakan umpan untuk menarik perhatian satwa ke dalam area sampling, secara alami akan diperoleh jumlah individu lebih besar dalam area sampling dari pada diluar area sampling. Jadi jika mengekstrapolasikan jumlah terhitung dalam area sampling yang lebih tinggi dari pada di area non sampling, maka anda didapati lagi over-estimasi penghitungan sampling.

Sekarang kita mengenali beberapa keterbatasan dari metode yang digunakan untuk sensus populasi biawak Komodo. Mari mulai menggali metode statistika yang dapat memberikan penaksiran-nonbias dari ukuran populasi. Sebelum melangkah lebih lanjut ada hal penting yang perlu disadari bahwa kita selalu menghitung sebuah **penaksiran**, bukan jumlah sebenarnya dari biawak Komodo. Ini adalah alasan mengapa metode statistik, yang mempunyai banyak asumsi atau aturan, digunakan dan meningkatkan akurasi penaksiran. Juga ada banyak metode statistik yang dapat memberi beberapa pengukuran eror untuk memberitahu seberapa akurat estimasi yang diperoleh.

Metode Sensus Tahunan Secara Cepat (Rapid Annual Census) Populasi Biawak Komodo

Sebagaimana telah disimpulkan bahwa setidaknya ada tiga metode yang bisa digunakan untuk mencapai penaksiran populasi dengan sedikit bias dan lebih akurat. Semua metode ini menggunakan beberapa bentuk dari metode Mark/Recapture. Untuk melakukan sebuah studi Mark/Recapture ada 2 komponen yang harus dipertimbangkan:

1. Metode Statistik – Tipe-tipe statistik yang akan digunakan untuk mendapatkan taksiran populasi
2. Metode pengambilan sampel di lapangan - Tipe-tipe metode-metode yang akan digunakan di lapangan untuk melaksanakan studi.

Perlu digarisbawahi bahwa meskipun komponen ini terlihat sangat berbeda keduanya harus sangat berkaitan, untuk memastikan bahwa metode pengambilan sampel mendukung asumsi atau aturan statistik yang akan digunakan untuk memperoleh sebuah perkiraan ukuran populasi. Dimulai dengan mendiskusikan penempatan aspek-aspek statistik metode Mark/Recapture, asumsi-asumsi statistiknya, dan kemudian bagaimana merancang metode lapangan untuk mencegah kesalahan dari asumsi-asumsi dan aturan-aturan.

Dengan menggunakan metode Mark/Recapture sebagai alat untuk penaksiran ukuran populasi. Dalam studi ekologi, hal ini sering diperlukan untuk mendapatkan penaksiran yang akurat ukuran populasi dan organisme yang menjadi perhatian. Untuk melakukannya kita harus mengerjakan satu dari banyak teknik Mark/Recapture (juga dikenal sebagai Capture Recapture) untuk

mendapatkan sebuah penaksiran dari ukuran populasi. Mark-recapture adalah metode yang umum digunakan untuk penaksiran ukuran populasi. Kemudahannya, metode Mark-recapture digunakan untuk menandai dalam satu kesempatan dan mencatat proporsi individu yang ditandai dalam penangkapan/pengambilan sampel pada kesempatan kedua (binatang dapat juga mudah terlihat kembali pada kesempatan kedua daripada penangkapan ulang).

Metode Mark/Recapture

Metode statistik Mark/Recapture dibagi mejadi 2 kategori : Metode Mark/Recapture untuk **populasi tertutup** dan **populasi terbuka**. (Kursus ini kita akan lebih konsentrasi dalam metode untuk populasi terbuka).

Jika kita berencana menggunakan sampling jangka pendek (beberapa hari hingga beberapa minggu, misal mirip dengan waktu yang digunakan untuk sensus Komodo) untuk mendapat perkiraan populasi, akan menjadi seperti menggunakan metode Mark/Recapture untuk populasi tertutup.

Populasi tertutup adalah sebuah populasi satwa yang tertutup dari faktor tambahan (kelahiran dan imigrasi) dan faktor pengurangan (kematian dan emigrasi). Jadi populasi dianggap konstan selama waktu penelitian.

Unsur pembatas populasi tertutup :

1. **Pembatas Geografis** : Populasi tertutup oleh pembatas fisik sehingga satwa tidak berpindah keluar area dimana populasi tersebut terperangkap
2. **Pembatas Demografis** : Tertutup dari faktor kelahiran, imigrasi, kematian dan emigrasi.

A. Metode Lincoln-Petersen

Sejauh ini metode termudah untuk penaksiran ukuran populasi adalah Metode Lincoln-Petersen. Laplace tercatat dan dianggap sebagai orang pertama yang menggunakan metode ini pada abad ke-16, dimana terdapat 2 hal yang umum digunakan yaitu pada penelitian ikan dan hidupan liar. Bagi para nelayan teknik ini dikenal sebagai "Metode Petersen" mengacu pada saran C.G.J. Petersen tahun 1896. Semetara peneliti hidupan liar cenderung mengarah ke "Index Lincoln" mengacu pada penggunaannya oleh F.C. Lincoln dalam usahanya untuk menaksir kelimpahan burung air di amerika utara pada tahun 1930-an. Pengguna ketiga adalah C.H.N Jackson (1933) dalam studinya tentang lalat Tse-Tse di Afrika.

Metode ini hanya membutuhkan 2 periode census, melibatkan inisial Penanda dari Individu (M) dimana m diperoleh dari n binatang yang ditangkap

pada penangkapan kedua. Jika populasi tertutup (yaitu tidak adanya penambahan atau pengurangan seperti Imigrasi, Emigrasi, mortalitas, dll.) maka secara intuisi hal ini dapat diperkirakan bahwa pengacakan satwa tertandai dalam populasi (M/N) dapat ditaksir dengan proporsi dari satwa yang ditandai pada pengambilan sampel kedua yaitu :

$$\frac{\#captured.first}{\#in.population} = \frac{\#recaptured}{\#captured.second}$$

atau

$$\frac{n_1}{N} = \frac{m_2}{n_2}$$

Dengan mengatur-kembali kita akan mendapat

$$N = \frac{n_1 * n_2}{m_2}$$

Untuk alasan statistik, kita memodifikasi formula ini agar dapat mengurangi bias yang berhubungan dengan sampling dan penggunaan formula Petersen yang dimodifikasi (digabungkan dengan DG Chapman oleh Seber, 1982)

$$N = \frac{(n_1 + 1) * (n_2 + 1)}{(m_2 + 1)} - 1$$

Sebagai Contoh :

Pada tanggal 21,22,23 Oktober 2002, 47 ekor Komodo dewasa telah tertarik menuju stasiun penempatan umpan yang berbeda. Semua Komodo ini telah ditandai dengan cat putih pada kedua kaki belakangnya dan ekornya. Pada tanggal 26 Oktober daging kambing segar telah ditempatkan di stasiun penempatan umpan dan 24 ekor Komodo telah terlihat kembali, dimana 15 ekornya merupakan Komodo dengan penanda cat. Artinya bahwa kita mempunyai $n_1 = 47$, $n_2 = 24$ dan $m_2 = 15$. mengacu kepada penaksiran kita,

$$N = \frac{(n_1 + 1) * (n_2 + 1)}{(m_2 + 1)} - 1$$

$$N = \frac{(48 * 25)}{16} - 1$$

N = 74 ekor Komodo Dewasa dalam populasi

Dalam penaksiran populasi sangat penting untuk melibatkan suatu pengukuran akurasi (suatu ukuran tentang seberapa dekat nilai pengukuran dengan nilai sebenarnya) tertentu.

Untuk mengalkulasi varian sebuah penaksiran (sebuah pengukuran statistik data yang tersebar) kita menggunakan formula

$$N = \frac{(n_1 + 1)(n_2 + 1)(n_1 - m_2)(n_2 - m_2)}{(m_2 + 1)^2(m_2 + 2)}$$

Dengan menggunakan data yang sama dari penaksiran LP

$$\text{Var N} = \frac{(47 + 1)(24 + 1)(47-15)(24- 15)}{(15+1)^2(15 + 2)}$$

$$\text{Var N} = 79.41$$

Standar Deviasinya adalah akar dari nilai diatas

$$\text{SD} = 8.9$$

Untuk menghitung Selang Kepercayaan mendekati 95% yang dianggap normal

$$\begin{aligned} N \pm 1.96(\text{Var N})^{0.5} \\ = 74 \pm 1.96 \times (79.41)^{0.5} \\ = 74 \pm 17.466 \end{aligned}$$

Disini kita mempunyai rentang selang kepercayaan antara 57-91, dimana hal ini sangat bagus dalam 20% dari penaksiran. Jika batas kepercayaannya luas kita akan mencoba meningkatkan presisi (ketepatan) kita. Pertama, kita dapat mengerjakan hal ini dengan melakukan penaksiran Lincoln-Petersen secara berulang untuk meningkatkan kemungkinan penaksiran yang lebih tepat dan mengurangi kemungkinan fluktuasi acak berlebihan, mengacu pada kesempatan dan juga peningkatan akurasi.

Rata-rata/Mean (\bar{N}) dari beberapa penaksiran Mark/Recapture (\tilde{N}_j) dikalkulasikan dari formula

$$\bar{N} = \sum_{j=1}^q \tilde{N}_j / q$$

Dimana q adalah angka dari taksiran yang didapat.

Varian dari penaksiran ini dikalkulasikan dari

$$\text{Var}(\bar{N}) = \frac{1}{q^2} \sum_{j=1}^q (\tilde{N}_j^2)$$

Dan standar deviasi dari

$$\sqrt{[\text{Var}(\bar{N})]}$$

Kita harus selalu mempertimbangkan asumsi-asumsi ataupun aturan-aturan yang digunakan untuk penaksiran Lincoln-Petersen dan bagaimana aturan ini akan menentukan rancangan sampling di lapangan.

Harus disadari sebelum menggunakan uji statistika harus pula diperhatikan asumsi (kondisi atau aturan penggunaan) untuk statistik dalam bentuk pertanyaan. Untuk menggunakan metode ini kita tidak harus mengubah syarat dan asumsi yang ada, artinya ketika kita berada di lapangan kita harus memastikan bahwa metode sampling yang digunakan juga dirancang untuk tidak mengubah asumsi-asumsi. Mari kita uji asumsi-asumsi dari metode L-P dan bagaimana kita merancang metode sampling lapangan untuk memastikan bahwa asumsi ini tidaklah diabaikan.

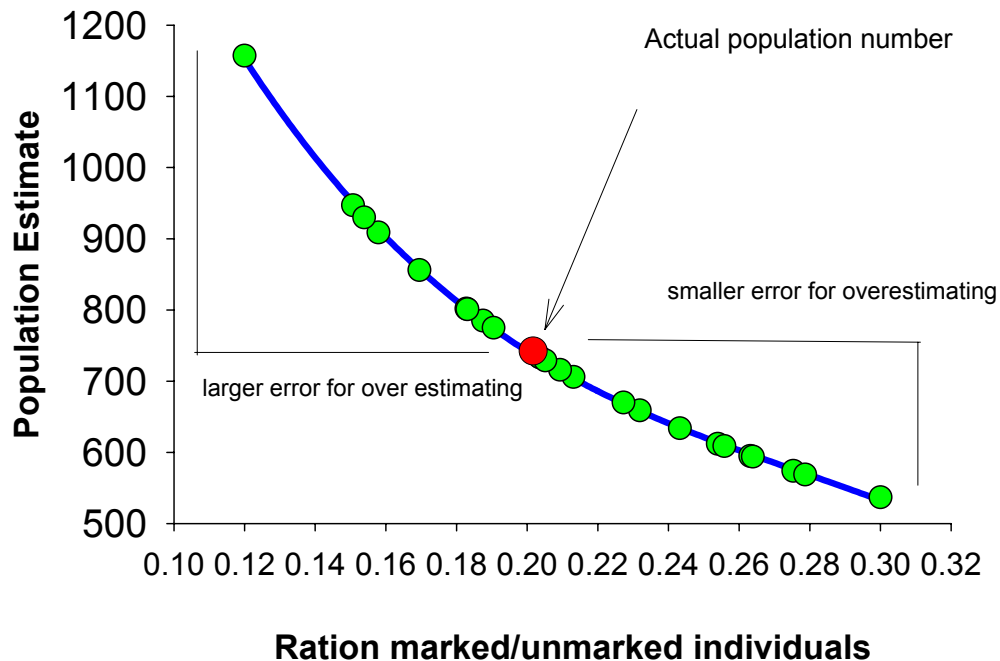
1. Pertama, kita anggap bahwa setiap Komodo dalam populasi mempunyai kesempatan yang sama untuk tertangkap. Jadi kedua pengambilan sampel yang akan kita lakukan harus secara acak. Jika semua Komodo tidak mempunyai kesempatan sama untuk terlihat atau tertangkap dan mungkin kita hanya melibatkan komponen-komponen yang dapat dihitung tanpa ada bias (seperti Komodo dewasa) dalam penaksiran kita. Jadi jika kita akan menggunakan stasiun umpan untuk menarik satwa, apakah kita akan mendapatkan semua ukuran kelas dari satwa?
2. Kedua, kita anggap bahwa tidak ada perubahan dalam perbandingan antara Komodo tertandai dan yang tak tertandai selama interval antara pengambilan sampel (sampling). Sebagai contoh bahwa teknik penandaan tidak membuat Komodo kecil lebih seperti dimakan Komodo dewasa. Jika itu merupakan suatu masalah, lalu pada minggu berikutnya seluruh Komodo kecil dapat termakan dan oleh karena itu hilang dari populasi. Untuk tujuan statistik, hal ini tidak jadi masalah jika beberapa Komodo dalam populasi keluar atau mati secara alami, sejauh tidak ada perbedaan antara Komodo tertandai dan Komodo tak tertandai dalam hal ini.
3. Asumsi ketiga adalah binatang yang tertandai harus didistribusikan secara acak pada saat dilepas kembali. Jika seluruh Komodo tertandai berdekatan dengan perangkap, lalu mereka akan lebih seperti akan tertangkap pada pengambilan sampel kedua. Hal ini akan mencondongkan perbandingan yang kita harapkan. Jalan keluar dari masalah ini adalah dengan mengubah penempatan stasiun umpan ke lokasi yang baru untuk memastikan komponen acak untuk melihat satwa. Pilihan lain, kita dapat mencoba untuk melihat langsung kembali individu-individu dengan berjalan terarah untuk menghitung tertandai dan tidak daripad menggunakan umpan. Perubahan dalam metode melihat kembali akan menghilangkan bias dari individu yang mudah mendapat umpan/sulit mendapatkan umpan
4. Asumsi selanjutnya adalah tidak ada pertambahan signifikan dalam ukuran populasi mengacu pada kelahiran dan imigrasi dari Komodo yang tak

tertandai. Hal ini juga akan mengubah rasio dari Komodo yang ditandai dan tidak ditandai. Jadi kita akan mencoba dan melakukan pengambilan sampel saat peristiwa tersebut dalam keadaan minimum. Sebagai contoh kita tidak akan melakukan sensus pada bulan Pebruari/April/Mei pada saat Komodo menetas dimasukkan ke dalam populasi. Juga kita akan membatasi lama sensus menjadi sensus jangka pendek (mungkin 5 hari).

5. Asumsi yang terakhir, pengambilan sampel harus acak, dan waktu antara pengambilan sampel harus cukup panjang untuk memungkinkan/membolehkan percampuran yang teliti dari binatang ditandai. Tapi tidak terlalu lama yang memungkinkan pertumbuhan signifikan oleh imigrasi atau reproduksi. Di lapangan kita akan menghabiskan tiga hari intensif untuk menandai satwa dengan mewarnai di ekornya dan kaki belakang dan ada dua hari libur untuk memungkinkan satwa ditandai bercampur dengan yang tidak ditandai.

Tidak ada model statistika yang sempurna dan semuanya mempunyai keterbatasan untuk contoh dalam penaksiran Lincoln Petersen.

Masalah utama dengan teknik ini adalah berhubungan dengan pengaruh dari varian dan sedikit sampel dari individu yang ditandai (m_2). Jika jumlah dari penangkapan ulang sedikit, ukuran populasi akan lebih sering over-estimasi dari pada tidak (lihat gambar dibawah ini).



Untuk menghindari masalah ini, perlu untuk menambah jumlah individu ditandai dalam populasi. Hal ini tidak selalu mungkin untuk dilakukan dalam sekali usaha pengambilan sampel, tapi hal ini dapat dilakukan lebih dari

beberapa usaha pengambilan sampel. Jika kita memilih untuk mengulang pengambilan sampel untuk meningkatkan jumlah individu tertandai dalam populasi, hal ini tidak akan lama lagi layak untuk menggunakan formula Lincoln Petersen. Sebaliknya kita harus menggunakan satu dari 10 Potensi berbeda dari model tertutup K- sample (K artinya bahwa semua angka >1 untuk kejadian pengambilan sampel mengambil tempat). Untungnya, ada program perangkat lunak seperti **CAPTURE** yang akan mengidentifikasi tipe terbaik dari model populasi tertutup K-sample yang bisa kita digunakan. Agar terbiasa dengan model apapun kita sekarang akan mempelajari sebuah tipe K-Sampel populasi tertutup.

SCHNABEL ESTIMATOR (k-sampel Closed-Pop'n model).

A. Schnabel 1938

Metode ini berkembang dari metode Lincoln-Petersen, menjadi rangkaian sampel-sampel, dimana terdapat sampel no 2,3,4,..., dst. Individu-individu tertangkap dalam masing-masing sampel merupakan individu yang diperiksa penandanya, lalu ditandai dan dilepaskan. Hanya penanda tipe single yang digunakan, karena kita hanya perlu membedakan 2 tipe dari individu, yaitu : **Ditandai** (ditangkap dalam satu atau lebih sampel utama) dan yang **tidak ditandai** (tidak pernah ditangkap sebelumnya). Dibawah ini adalah keterangan dari masing masing sampel t :

Ct = jumlah total dari individu-individu yang ditangkap dalam sampel t

Mt = jumlah individu-individu yang telah ditandai ketika ditangkap dalam sampel t

Rt = jumlah satwa yang ditandai dalam populasi, sebelum pengambilan sampel dilakukan.

Schnabel memperlakukan perkalian sampel-sampel sebagai seri dari sampel Lincoln-Petersen (L-P) dan didapatkan estimasi populasi sebagai rata-rata kasar (*Weighted Average*) dari Penaksiran L-P:

$$\hat{N} = \frac{\sum_{t=1}^s (C_t M_t)}{\sum_{t=1}^s R_t}$$

Jika masing-masing sampel yang tertangkap dan populasi yang ditandai kurang dari 10% dari ukuran populasi, dibawah ini adalah rumus yang lebih baik :

$$\hat{N} = \frac{\sum_{t=1}^s (C_t M_t)}{\left(\sum_{t=1}^s R_t \right) + 1}$$

Dimana :

S : jumlah sampel dalam seri.

Penaksir varian dikalkulasikan sebagai perbandingan terbalik dari densitas populasi $1/N$ sebagai :

$$Variance \frac{1}{\hat{N}} = \frac{\sum_{t=1}^S R_t}{\left(\sum_{t=1}^S (C_t M_t) \right)^2}$$

dan standar eror dari perbandingan terbalik densitas populasi adalah :

$$Standard\ error\ of\ \frac{1}{\hat{N}} = \sqrt{Variance \frac{1}{\hat{N}}}$$

Sebuah contoh dari penggunaan metode Schnabel : ingat dalam metode ini kita akan bekerja dilapangan dan mengambil sampel lebih dari 2 kali kejadian, dalam contoh ini kita melakukan sampling setiap hari selama 5 hari (t=1-5). Setiap hari kita menangkap dan menandai satwa (setelah hari pertama kita hanya menandai satwa belum pernah tertangkap dan ditandai sebelumnya).

T	C _t	R _t	Hewan baru yang ditandai	M _t
1	10	0	10	0
2	14	7	7	10
3	17	9	8	24
4	7	4	3	41
5	19	3	Na	48
Total	57	23	119	123

Perhatikan bahwa kolom M_t adalah jumlah dari “Biawak Komodo baru ditandai” dari waktu-waktu sebelumnya. Jadi, dengan persamaan 6, penaksiran N₀ adalah sama untuk $10740/24 = 447.5$

terdapat pula sebuah alternatif untuk Metode Schnabel yang dikembangkan oleh Schumacher and Eschmeyer (1943) yang menunjukkan bahwa bisa digunakan persamaan regresi dengan gradien $1/N$ yang melewati nilai asli (mula-mula). Rumus dengan menggunakan metode regresi adalah :

$$\hat{N} = \frac{\sum_{t=1}^S (C_t M_t^2)}{\left(\sum_{t=1}^S R_t M_t \right)}$$

Varian dari penaksiran densitas ini dapat dihitung dari varian penaksir atau turunan dari parameter penaksiran (Zar, 1996) Sebagai :

$$\text{Variance of } \frac{1}{\hat{N}} = \frac{\sum_{t=1}^S (R_t / C_t) - \left(\sum_{t=1}^S (R_t M_t) \right)^2 / \sum_{t=1}^S (C_t M_t^2)}{S - 2}$$

dan standar eror dari penaksiran densitas populasi dapat dideterminasi dengan :

$$\text{Standard error of } \frac{1}{\hat{N}} = \sqrt{\frac{\text{Variance of } \frac{1}{\hat{N}}}{\sum_{t=1}^S (C_t M_t^2)}}$$

Selang kepercayaan : Jika jumlah total dari penangkapan kembali <50 maka batas kepercayaan untuk penaksiran populasi harus didapat dari distribusi yang ada. Jika jumlah dari penangkapan >50 gunakanlah penaksiran seperti berikut dibawah ini :

$$\frac{1}{\hat{N}} \pm t_{\alpha} S.E.$$

dimana :

S.E. adalah standar eror dari 1/N

t alpha adalah nilai dari Student's t-table untuk (100 – alpha) % batas confidence

B. Asumsi dari Metode Schnabel

Sama seperti Penaksir Lincoln dan Petersen, tetapi asumsi diaplikasikan ke seluruh periode sampling. Dengan kata lain setiap individu dalam populasi dianggap memiliki kemungkinan sama untuk tertangkap pada setiap kesempatan sampling yang diberikan (meskipun kemungkinan tertangkap dapat bervariasi diantara masing-masing periode sampling).

C. Keuntungan dari metode k-sample

- keuntungan utama dari multiple sampling adalah bahwa hal ini mungkin untuk mengevaluasi data terhadap pengabaian asumsi-asumsi, seperti ketidakseimbangan kemungkinan tertangkap.

Index Tambahan untuk Sensus Tahunan Secara Cepat dari Komponen-komponen Populasi

Bagaimana kita dapat meningkatkan pengetahuan kita tentang dinamika dari Populasi Biawak Komodo?

Dengan menguji komponen lain dari populasi, dengan melakukan penghitungan langsung dari tingkat breeding tahunan untuk Biawak Komodo Betina Dewasa.

Sebuah komponen kunci dari populasi manapun adalah jumlah tahunan dari breeding female yang aktif. Berlakunya komponen dari populasi ini adalah untuk membantu secara rinci hal hal di bawah ini :

1. Jumlah dari *Breeding Female* aktif yang berada di dalam populasi.
2. Penaksiran jumlah pertambahan populasi anak yang baru.
3. Penurunan atau peningkatan jangka panjang (>3-5 tahun) dalam tingkat *breeding female* tahunan, akan menyediakan index yang berarti untuk keadaan ukuran populasi baik sekarang maupun untuk masa yang akan datang.

Pengaruh indeks betina reproduktif

Bagaimana cara untuk menghitung tingkat breeding female

1. pertama, adalah sangat penting untuk menempatkan sebanyak mungkin letak sarang (*nesting site*) sebagai aturan yang memungkinkan untuk sampling sensus yang efektif
2. sensus harus dilakukan pada waktu (tahun) yang bersamaan untuk menghindari efek temporal (waktu)
3. umpan yang digunakan harus dalam jumlah yang sama pada setiap stasiun penempatan umpan
4. pengamat (Observer) harus dilatih untuk menempatkan sampel umpan dalam cara yang seragam, untuk memastikan bahwa masing-masing stasiun dilakukan dengan metode pengambilan sampel yang konsisten.

Harus diperhatikan kembali bahwa, untuk alasan teknis, persamaan di atas sebenarnya cenderung mengarah kepada overestimasi dari total ukuran populasi. Terdapat beberapa cara untuk memperbaiki ini dengan membuat perubahan pada persamaan (dengan menambahkan dan mengurangi beberapa angka 1 sebagai faktor koreksi dalam tempat yang tepat), tetapi perbaikan ini tidaklah penting untuk tujuan kita. Di lain hal, jumlah besar dari penangkapan ulang, merupakan penaksiran yang lebih baik dari total populasi. Dengan demikian, sangat penting untuk mendapatkan jumlah besar dari sampel pada usaha kedua (n) dalam upaya untuk menjamin penangkapan ulang dalam jumlah besar (R).

Prosedur

Materi : untuk simulasi ini, staff akan diperlukan untuk menghitung suatu objek yang diambil dari organisme nyata. Kita akan membeli manik-manik plastik berwarna dari toko kerajinan. Tetapi manik-manik *pinto* dari toko grosir akan bekerja baik. Kriteria utama adalah bahwa obyek cukup besar agar dapat mudah

dihitung, cukup kecil sehingga dapat diambil seluruhnya, dan harganya murah sehingga tidak menyusutkan anggaran. Kami cenderung untuk menghindari obyek yang dapat dimakan dalam bentuk yang layak dihitung. Manik-manik pinto adalah yang terbaik. Permen, seperti mm's cenderung habis pada waktu proses penghitungan ; hal ini dapat menyebabkan masalah dengan asumsi no 2. juga penting untuk diperhatikan bahwa obyek layak ditandai. Manik-manik biru dapat diganti beberapa manik merah dan berperan sebagai manik tertandai. Satu coretan dengan pewarna permanen akan dapat digunakan pada manik-manik pinto, tetapi cenderung untuk lebih kecil dari pinto dengan demikian dapat melanggar dua dari asumsi diatas. Jika lebih kecil, maka tidak akan dapat tertangkap dalam tingkat yang sama seperti pinto (Asumsi no 1). Sebagai tambahan, lebih kecil maka manik tidak mungkin tercampur sepenuhnya antara dua sampling (asumsi no 3). Perlu diperhatikan bahwa yang kecil, biji yang tidak meledak, cenderung untuk terkumpul di bagian bawah dari kantong popcorn.

Materi lain yang hanya diperlukan untuk simulasi ini adalah botol, kendi besar untuk menahan populasi total dan beberapa kotak kaleng kecil untuk menampung percobaan yang dilakukan.

Set-up : mengeluarkan jumlah besar objek yang identik (dalam contoh kita, 737 manik-manik merah), dan letakan dalam satu kotak yang siap dilihat. Gelas kimia besar akan bekerja baik, atau sebuah botol ukuran industri mayonaise dari cafeteria anda. Adalah penting bahwa banyak ruang lebih dalam kotak yang memungkinkan untuk pengacakan teliti tanpa mengakibatkan beberapa manik-manik untuk keluar dari kotak dan menjadikan mereka berada di Dasar kotak. Dalam hal ini tanyakan kepada peserta untuk menebak jumlah total dari manik (N) anda mungkin ingin menawarkan harga kepada peserta dengan tebakan yang di sepakati, tetapi hanya setelah latihan selesai. Anda harus tetap merahasiakan populasi total hingga permainan selesai. Bagaimanapun, kami lebih menyukai untuk tidak menggunakan nilai genap seperti 1.000 atau 750. seperti hampa, secara alami terlihat seperti tidak menyukai nilai genap

Langkah berikut dalam set-up adalah untuk menjebak porsi ukuran dari manik-manik merah antara 15% dan 20%. Pada bagian ini diusahakan untuk mendapatkan tingkat penangkapan ulang yang baik. Hitunglah manik-manik yang terperangkap ini dan gantilah dengan manik-manik dari warna lain. Jumlah tersebut (M) didapat dari persamaan di atas, seluruh siswa akan mendapatkan nilai ini dalam perhitungan individual mereka. Dalam contoh kita, kita mengganti 124 manik-manik merah dengan yang warna biru. Acaklah sepenuhnya dalam upaya mendistribusikan manik-manik tertandai dari seluruh populasi (asumsi no3)

Sampling : Simulasi ini perlu dilakukan secara sendiri-sendiri atau dalam pasangan. Bagaimanapun, masing-masing sampel harus di pindahkan, dihitung, **diganti** dan diacak secara lengkap sebelum **sampel berikutnya** dilakukan. Hal ini esensial, saat masing-masing sampel harus mempunyai kesempatan yang

sama dari penangkapan seluruh bagian individu dalam seluruh populasi. Pada kesempatan lain, anda mungkin menginginkan peserta untuk melakukan beberapa aktivitas lainnya sementara kegiatan sampling ini berlangsung. Sebaliknya, akan banyak yang menunggu. (latihan dalam **pengukuran** dan **Variabilitas** dalam rangkaian mungkin merupakan yang baik)

Siswa akan menuliskan dan melaporkan tiga nilai : (**R**) jumlah manik-manik tertandai (biru), (**n**) ukuran total dari pengambilan sampel (merah dan biru bersamaan), dan perkiraan dari (**N**) berdasarkan pemasukan nilai-nilai ke dalam persamaan di atas, dengan menggunakan (**M**) anda telah memberikannya. Dibawah ini adalah contoh dari data kita :

$$N = \frac{nM}{R} = \frac{(85)(124)}{16} = 658.75 \approx 659$$

Siswa harus memastikan pembulatan ke seluruh nilai angka. Kita tidak akan memiliki beberapa manik-manik (atau kumbang) dalam populasi kita. (ini adalah kesempatan baik untuk membicarakan tentang kelayakan pembulatan).

Diskusi : angka yang kita tuliskan oleh para siswa harus dimasukkan ke dalam tabel besar dalam papan tulis atau dalam poster di dinding. Penaksiran mereka akan hampir pasti bervariasi seluruhnya, beberapa bernilai tinggi dan beberapa bernilai rendah, beberapa bernilai sangat tinggi, beberapa hampir mendekati nilai sebenarnya. Pada akhir tabel, nilai tengah (rata-rata) dapat ditunjukkan. Dengan cara menjumlahkan seluruhnya dan dibagi dengan jumlah banyak penaksiran. Saat kita mencoba melakukan latihan ini kita menghasilkan angka-angka dalam tabel.

Tabel 2

	# of reds in 2nd sample (R_{red})	# of blues in 2nd sample (recaptured) (R)	total in 2nd sample ($R_{red} + R$) (n)	# originally marked blue (M)	estimate of total population (nM/R) (N)
1	69	16	85	124	659
2	57	15	72	124	595
3	73	11	84	124	947
4	40	12	52	124	537
5	48	9	57	124	785
6	69	19	88	124	574
7	93	17	110	124	802
8	61	13	74	124	706
9	59	10	69	124	856
10	75	9	84	124	1157
11	44	10	54	124	670
12	61	17	78	124	569
13	54	11	65	124	733
14	63	16	79	124	612
15	43	11	54	124	609
16	72	19	91	124	594
17	37	9	46	124	634
18	63	12	75	124	775
19	86	18	104	124	716
20	59	12	71	124	734
21	71	13	84	124	801
22	57	9	66	124	909
23	52	8	60	124	930
24	39	8	47	124	729

actual population	737
-------------------	-----

mean of estimates	735
-------------------	-----

Hal yang harus diperhatikan dari tabel di atas :

- kita menyimpan 737 manik-manik merah dalam botol kita, ambil 124 biji dan ganti dengan manik berwarna biru (sebagai manik tertandai). Kita tidak secara khusus memilih angka ini. Hanya terjadi untuk menjadi 737 manik dalam kemasan yang kita beli. Dan kita mengambil sampel pertama sehingga terlihat seperti kira-kira 20% (sebenarnya sekitar 17%)
- ketika melakukan 24 kali percobaan. Untuk masing-masing percobaan kita mengacak manik-manik secara sempurna, pindahkan segenggam, lalu dihitung manik merah dan biru, lalu sampel dikembalikan kedalam botol. Mengapa 24 percobaan? Karena kita akan menjadi lelah dan sepertinya cukup untuk pengulangan. Jika ini adalah kumbang, kita mungkin akan puas dengan satu atau beberapa percobaan. Jika dilakukan pada beruang

- kutub, kita mungkin akan beruntung untuk dengan melakukan banyak percobaan.
- Penaksiran seperti terlihat pada kolom bagian kanan sangat bervariasi sedikit dari angka sebenarnya yang ditunjukkan di bawah tabel. Beberapa percobaan (no 13, no 20, no 24) adalah sangat dekat. Yang lainnya (no 4 dan no 10) adalah jauh. Apakah ini berarti beberapa percobaan lebih baik dibanding yang lain? [tidak, ini penting untuk diperhatikan bahwa tidak semua dari percobaan ini adalah percobaan yang benar].

Meskipun masing-masing percobaan sangat bervariasi sedikit, nilai tengah atau (rata-rata) dari seluruh percobaan adalah sangat dekat kepada angka sebenarnya. Apakah ini berarti kita melakukan kerja yang baik? Haruskah kita mempertahankan sampling dan berharap yang pada akhirnya kita mendapat nilai tengah yang mendekati angka sebenarnya? [tidak dan tidak]. Perlu diingat bahwa di lapangan (secara alami) kita tidak akan pernah tahu jumlah sebenarnya. Hal ini baik untuk dilihat bahwa kita melakukannya sangat mendekati nilai sebenarnya, tetapi itu mensyahkan model ; ini menunjukkan (mengatakan) sedikit tentang kemampuan kita untuk menghitung segenggam manik-manik.