

**PENGARUH JUMLAH PEJANTAN DAN INDUK SERTA NILAI
HERITABILITAS TERHADAP KEMAJUAN GENETIK PADA SAPI
SUMBA ONGOLE: STUDI SIMULASI DATA**

***The Effect of Bull and Cow Numbers then Heritability Value to Genetic
Gain of Sumba Ongole Cattle : A Simulation Study***

Widya Pintaka Bayu Putra^{1*}, Syahrudin Said¹, dan Aditya Sudiro²

¹Laboratorium Reproduksi, Pemuliaan dan Kultur Sel Hewan, Pusat Penelitian
Bioteknologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jln. Raya Bogor-Jakarta
Km. 46 Cibinong, Bogor, Jawa Barat 16911

²PT. Karya Anugerah Rumpin, Jln. Raya Cibodas No. 99 RT:06/RW:05, Rumpin,
Bogor, Jawa Barat 16350

*Penulis untuk korespondensi: widya.putra.lipi@gmail.com

ABSTRACT

One of success indicator in the livestock can be conducted to genetic gain (Δ_G). This research was carried out based on progeny test simulation in 100 heads of selected Sumba Ongole (SO) cows with some sires for ten selected bulls. Technical coefficient that used in this study consisted of heritability value (0.77 ± 0.68), average of yearling weight (164.65 ± 37.17 kg), different selection (5.35 kg), sex ratio (1:1) and calf crop (100%). Results of data analysis showed that number of progeny per sire (N_A) was positive correlated with relative efficiency (RE). Number of selected sire (N_T) and number of tested sire (N_S) were influenced to intensity selection (I) value. The number of dam (N_D) were positive correlated to N_A , N_S , RE, I and Δ_G . Increasing the heritability (h^2) value was reducing N_S and RE values and increasing m, I and Δ_G . The ideal breeding length based on data simulation were reached on 2 years (bull) and 5 years (cows) with selection response (R_y) of 2.34 kg per year. It was concluded that I, N_S , N_D and N_A values were principal component in Δ_G .

Keywords: genetic gain, heritability, number of sire/dam, relative efficiency, selection intensity, selection response, Sumba Ongole

ABSTRAK

Salah satu indikator keberhasilan seleksi ternak dapat dilihat berdasarkan kemajuan genetik (Δ_G) yang telah dicapai. Penelitian ini dilakukan berdasarkan simulasi uji zuriat pada 100 ekor induk sapi Sumba Ongole (SO) terpilih dengan beberapa pejantan untuk memilih sepuluh ekor pejantan terbaik. Data koefisien teknis yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari nilai heritabilitas (0.77 ± 0.68), rata-rata berat setahunan (164.65 ± 37.17 kg), beda seleksi (5.35 kg), *sex ratio* (1:1) dan *calf crop* (100%). Hasil analisis data menunjukkan bahwa jumlah anak per pejantan (n) pada berkorelasi positif terhadap nilai efisiensi relatif (ER). Jumlah pejantan terpilih (N_T) dan jumlah pejantan teruji (N_S) mempengaruhi nilai intensitas seleksi (I). Jumlah induk (N_D) berkorelasi positif terhadap nilai N_S , m, ER, I dan Δ_G . Nilai heritabilitas (h^2) yang semakin tinggi menyebabkan nilai N_A dan ER semakin menurun, akan tetapi nilai N_S , I dan Δ_G

semakin meningkat. Lama pemeliharaan sapi SO yang ideal berdasarkan simulasi data dapat dicapai pada 2 tahun (jantan) dan 5 tahun (betina) dengan nilai respon seleksi (R_y) sebesar 2.34 kg per tahun. Disimpulkan bahwa Nilai I , N_s , N_D dan N_A merupakan komponen penting pada Δ_G .

Kata kunci: efisiensi relatif, heritabilitas, intensitas seleksi, jumlah pejantan/ induk, kemajuan genetik, respon seleksi, Sumba Ongole

PENDAHULUAN

Daging sapi merupakan sumber protein hewani yang penting untuk pertumbuhan. Pada tahun 2014 total konsumsi daging sapi di Indonesia tercatat sebesar 594.4 ribu ton sedangkan total produksi daging sapi pada tahun yang sama sebesar 395.1 ribu ton (Ditjen PKH, 2014^a). Kekurangan produksi daging sapi pada tahun tersebut yaitu sebesar 199.3 ribu ton harus dipenuhi dari impor. Salah satu upaya untuk mengurangi kebutuhan impor daging sapi adalah dengan cara meningkatkan potensi genetik sapi lokal. Mutu genetik pada sapi potong dapat ditingkatkan melalui pemanfaatan pejantan unggul yang terseleksi.

Salah satu cara untuk seleksi pejantan pada sapi adalah melalui uji zuriat (*progeny test*). Uji zuriat dilakukan untuk melihat performa anak (*progeny*) dari masing-masing pejantan yang diuji. Pada uji zuriat, masing-masing pejantan dapat dikawinkan dengan beberapa induk untuk mendapatkan jumlah anak yang banyak. Evaluasi pejantan pada uji zuriat dilakukan berdasarkan Nilai Pemuliaan (*Breeding Value*) terhadap performa anaknya dan nilai kecermatan relatifnya (Hardjosubroto, 1993; Yusran *et al.*, 1995; Putra *et al.*, 2014^a).

Sapi Sumba Ongole (SO) merupakan salah satu sapi asli Indonesia yang berasal dari provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) dan telah ditetapkan sebagai salah satu rumpun sapi asli Indonesia melalui Keputusan Menteri Pertanian RI No: 427/Kpts/SR.120/3/2014 (Ditjen PKH, 2014^b). Said *et al.* (2014) melaporkan bahwa sapi SO memiliki rata-rata berat lahir sebesar 23.00 ± 8.37 kg (jantan) dan 21.86 ± 3.02 kg (betina). Rata-rata berat sapih sapi SO sebesar 113.67 ± 25.24 kg (jantan) dan 83.82 ± 31.39 (betina). Rata-rata berat setahun sapi SO sebesar 164.77 ± 16.55 kg (jantan) dan 160.20 ± 25.48 kg (betina). Selain itu, Agung *et al.* (2015) melaporkan bahwa sapi SO jantan dengan berat potong sebesar 413.49 ± 6.95 kg dapat menghasilkan berat karkas segar sebesar 218.73 ± 9.15 kg dan persentase karkas sebesar 52.89 ± 1.89 %.

Sapi SO memiliki potensi yang besar untuk ditingkatkan mutu genetiknya melalui uji zuriat. Said *et al.* (2014) melaporkan bahwa sapi SO yang dipelihara di PT. KAR memiliki angka pewarisan (heritabilitas) berat setahun (BSt) sebesar 0.77 ± 0.68 dan termasuk kategori tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa seleksi pada sifat BSt akan meningkatkan rata-rata BSt pada generasi berikutnya.

Indikator keberhasilan program seleksi ternak antara lain dapat dilihat dari nilai kemajuan genetik (Δ_G) yang telah dicapai (Bourdon, 2000). Lebih lanjut dijelaskan bahwa kemajuan genetik adalah besarnya kenaikan performa ternak yang telah diseleksi. Pallawarukka (1999) menyatakan bahwa terdapat empat faktor penting yang mempengaruhi Δ_G antara lain intensitas seleksi, heritabilitas, jumlah pejantan dan jumlah induk. Intensitas seleksi merupakan rasio antara ternak terpilih dan total ternak yang diuji. Intensitas seleksi akan semakin meningkat seiring dengan menurunnya jumlah ternak yang dipilih (Falconer dan Mackay, 1996). Nilai heritabilitas merupakan pernyataan kuantitatif peranan

faktor keturunan (genetik) dibanding faktor lingkungan dalam memberikan pengaruh pada penampilan akhir fenotip (Falconer dan Mackay, 1996). Analisis terhadap pengaruh jumlah pejantan terpilih, jumlah induk dan nilai heritabilitas terhadap nilai Δ_G dalam penelitian ini sangat penting dilakukan sebagai konsep dasar dalam menyusun uji zuriat pada sapi SO.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data primer dari sumber referensi yang relevan dan informasi dari PT. Karya Anugerah Rumpin (KAR). Koefisien teknis yang digunakan dalam simulasi ini tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Koefisien teknis pada sapi SO di PT. KAR yang digunakan untuk analisis

Parameter	Nilai
Heritabilitas berat setahunan (Said <i>et al.</i> , 2016)	0,77±0.68
Rata-rata berat setahunan (kg)	164,65
Standar deviasi berat setahunan (kg)	37,17
Berat setahunan untuk kriteria seleksi (kg)	170
Beda seleksi (kg) = 170 - 164,65	5,35
Respon seleksi (kg/generasi) = (0,77) (170 - 164,65)	4,12
Harapan berat setahunan pada generasi berikutnya (kg) = 164,65 + 4,12	168,77
<i>Sex ratio</i> * (jantan : betina)*	1 : 1
<i>Calf crop</i> * (%)	100

*)asumsi

Analisis data yang digunakan mengacu pada Hardjosubroto (1994) sebagai berikut:

$$\text{Jumlah pejantan teruji (N}_s) = \frac{\text{Jumlah sapi betina dewasa (N}_D)}{\text{Jumlah anak per pejantan (N}_A)}$$

$$n = (0,56)\sqrt{P / h^2} \quad \text{dan} \quad P = \frac{N_D}{\text{Jumlah pejantan terpilih (N}_T)}$$

$$\text{Efisiensi relatif} = (0,50)\sqrt{\frac{N_A}{1 + (n - 1)(0,25)h^2}}$$

$$\text{Kemajuan genetik } (\Delta_G) = (0,50)\sqrt{h^2} \sqrt{\frac{N_A}{1 + (n - 1)(0,25)h^2}} \quad (i) (S)$$

$$\text{Respon seleksi per tahun (Ry)} = \frac{i h^2 S}{L}$$

Keterangan:

h^2 = heritabilitas

i = intensitas seleksi

S = beda seleksi

L = lama pemeliharaan ternak

P = konstanta

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah Pejantan

Hasil estimasi pengaruh jumlah pejantan terpilih (N_T) dan jumlah pejantan teruji (N_S) terhadap kemajuan genetik (Δ_G) tersaji pada Tabel 2. Hasil analisis pada Tabel 2 sama seperti yang dilaporkan oleh Foulley *et al.* (2010) dimana semakin tinggi nilai N_T menyebabkan nilai N_S semakin meningkat dan jumlah anak per pejantan (N_A) yang diharapkan menjadi semakin sedikit. Nilai N_A yang sedikit dalam uji zuriat menyebabkan nilai kecermatan relatif (KR) dan intensitas seleksi (I) menjadi rendah (Foulley *et al.*, 2010; Kariuki *et al.*, 2017). Nilai I pada Tabel 2 menunjukkan trend yang semakin menurun. Hal itu dipengaruhi oleh rasio antara jumlah pejantan terpilih dan jumlah pejantan teruji. Nilai I berkorelasi positif dengan nilai Δ_G . Artinya, semakin tinggi nilai I maka nilai Δ_G juga menjadi tinggi.

Tabel 2. Pendugaan nilai kemajuan genetik pada generasi berikutnya berdasarkan kombinasi jumlah pejantan terpilih dan jumlah pejantan teruji yang berbeda ($N_D = 100$ ekor; $h^2 = 0.77$ dan $S = 5.35$ kg)

Jumlah pejantan Terpilih (ekor)	Jumlah anak per pejantan (ekor)	Jumlah pejantan teruji (ekor)	Efisiensi relatif	Intensitas seleksi	Kemajuan genetik (kg)
1	6	16	0.73	1.99	6.83
2	5	22	0.69	1.80	5.86
3	4	27	0.67	1.71	5.37
4	3	31	0.65	1.63	4.97
5	3	35	0.63	1.59	4.73
6	3	38	0.62	1.52	4.43
7	2	41	0.61	1.49	4.26
8	2	44	0.60	1.46	4.10
9	2	47	0.59	1.43	3.96
10	2	50	0.58	1.40	3.82

Pada Tabel 2 diperoleh informasi bahwa seleksi 10 ekor pejantan terpilih dari 50 ekor pejantan teruji akan didapatkan nilai ER (0.58), I (1.40) dan Δ_G (3.82 kg/generasi). Apabila nilai N_T tersebut ditingkatkan sampai 45 ekor, maka akan diperoleh nilai ER, I dan Δ_G yang semakin menurun seperti pada Tabel 3. Hal itu disebabkan karena rasio N_T dan N_S semakin besar, sehingga nilai I menjadi semakin kecil dan nilai Δ_G juga semakin kecil. Nilai N_A dan nilai ER pada Tabel 4 terlihat memiliki angka yang konstan. Nilai N_A yang konstan (2) disebabkan karena rasio N_D dan N_T yang diestimasi tidak berubah disaat nilai N_S bertambah, sehingga nilai ER juga menjadi konstan (0,58). Pada Tabel 4 terlihat bahwa semakin tinggi nilai N_S menyebabkan nilai I dan Δ_G meningkat. Sama halnya pada sapi potong, jumlah catatan produksi susu individu pada sapi perah berkorelasi positif terhadap ER dan Δ_G (Santosa *et al.*, 2009).

Tabel 3. Pendugaan nilai kemajuan genetik pada generasi berikutnya berdasarkan jumlah pejantan terpilih yang berbeda apabila jumlah pejantan teruji 50 ekor ($N_D = 100$ ekor; $h^2 = 0,77$ dan $S = 5,35$ kg)

Jumlah pejantan terpilih (ekor)	Jumlah anak per pejantan (ekor)	Efisiensi relatif	Intensitas seleksi	Kemajuan genetik (kg)
1	6	0.73	2.42	8.31
5	3	0.63	1.76	5.23
10	2	0.58	1.40	3.82
15	2	0.55	1.16	2.99
20	1	0.52	0.97	2.39
25	1	0.51	0.80	1.91
30	1	0.49	0.64	1.48
35	1	0.48	0.50	1.13
40	1	0.47	0.35	0.77
45	1	0.46	0.20	0.43

Tabel 4. Pendugaan nilai kemajuan genetik pada generasi berikutnya berdasarkan jumlah pejantan teruji yang berbeda apabila jumlah pejantan terpilih 10 ekor ($N_D = 100$ ekor; $h^2 = 0.77$ dan $S = 5.35$ kg)

Jumlah pejantan teruji (ekor)	Jumlah anak per pejantan (ekor)	Efisiensi relatif	Intensitas seleksi	Kemajuan genetik (kg)
20	2	0.58	0.80	2.18
30	2	0.58	1.10	3.00
40	2	0.58	1.27	3.47
50	2	0.58	1.40	3.82
60	2	0.58	1.49	4.07
70	2	0.58	1.59	4.34
80	2	0.58	1.63	4.45
90	2	0.58	1.71	4.67
100	2	0.58	1.76	4.80

Jumlah Induk

Hasil estimasi pengaruh jumlah induk (N_D) terhadap Δ_G tersaji pada Tabel 5. Jumlah induk terlihat berkorelasi positif terhadap N_A , N_S , ER, I dan Δ_G . Semakin tinggi nilai N_D yang digunakan pada uji zuriat maka nilai N_S menjadi semakin besar. Semakin tinggi nilai N_S maka nilai N_A dari akan semakin besar. Nilai N_A yang semakin besar menyebabkan nilai ER juga menjadi besar. Semakin tinggi nilai ER maka kecermatan seleksi semakin tinggi sehingga hasil seleksi lebih akurat. Nilai I pada Tabel 5 menunjukkan trend yang semakin meningkat seiring dengan meningkatnya N_D dan N_S . Rasio antara N_T dan N_S yang semakin kecil menyebabkan nilai I menjadi semakin besar, sehingga nilai Δ_G menjadi semakin besar.

Tabel 5. Pendugaan nilai kemajuan genetik pada generasi berikutnya berdasarkan jumlah induk yang berbeda apabila jumlah pejantan terpilih 10 ekor ($h^2 = 0.77$ dan $S = 5.35$ kg)

Jumlah induk (ekor)	Jumlah pejantan teruji (ekor)	Jumlah anak per pejantan (ekor)	Efisiensi relatif	Intensitas seleksi	Kemajuan genetik (kg)
10	16	1	0.39	0.59	1.09
20	22	1	0.45	0.88	1.86
30	27	1	0.48	1.02	2.32
40	31	1	0.51	1.12	2.67
50	35	1	0.52	1.18	2.91
60	38	2	0.54	1.25	3.17
70	41	2	0.55	1.30	3.38
80	44	2	0.56	1.32	3.49
90	47	2	0.57	1.37	3.69
100	50	2	0.58	1.40	3.82

Heritabilitas

Hasil estimasi pengaruh nilai heritabilitas (h^2) terhadap terhadap Δ_G tersaji pada Tabel 6. Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin nilai h^2 berkorelasi positif terhadap nilai N_S dan Δ_G . Selain itu, nilai h^2 juga berkorelasi negatif terhadap N_A , ER dan I. Nilai Δ_G (4.19 kg) dan I (1.46) terbesar dicapai apabila diperoleh nilai h^2 sebesar 1.00 akan tetapi nilai ER yang dicapai paling rendah (0.54). Kariuki *et al.* (2017) melaporkan bahwa nilai Δ_G produksi susu sapi pada level $h^2 = 0.15$ menunjukkan nilai yang lebih rendah dibandingkan pada level $h^2 = 0.30$. Foulley *et al.* (1983) memperoleh hasil yang sama seperti pada penelitian ini dimana semakin tinggi nilai h^2 maka N_A akan semakin menurun. Lebih lanjut dijelaskan bahwa pada level nilai h^2 dan N_T yang sama diperoleh informasi bahwa semakin besar nilai N_S maka N_A akan semakin berkurang, dan nilai I akan semakin besar.

Tabel 6. Pendugaan nilai kemajuan genetik pada generasi berikutnya berdasarkan nilai heritabilitas yang berbeda apabila jumlah pejantan terpilih 10 ekor ($N_D = 100$ ekor; $S = 5.35$)

Heritabilitas	Jumlah anak per pejantan (ekor)	Jumlah pejantan teruji (ekor)	Efisiensi relatif	Intensitas seleksi	Kemajuan genetik (kg)
0.10	6	18	1.07	0.70	1.27
0.20	4	25	0.87	0.97	2.02
0.30	3	31	0.77	1.12	2.53
0.40	3	36	0.71	1.20	2.87
0.50	3	40	0.66	1.27	3.17
0.60	2	44	0.63	1.32	3.42
0.70	2	47	0.60	1.37	3.66
0.80	2	51	0.57	1.40	3.84
0.90	2	54	0.55	1.43	4.01
1.00	2	56	0.54	1.46	4.19

Respon Seleksi per Tahun

Hasil estimasi respon seleksi per tahun (R_y) pada berat setahunan tersaji pada Tabel 7. Pada program pembibitan, sapi betina umumnya dipelihara sebagai bibit sampai sekitar 5 tahun. Hasil simulasi data menunjukkan bahwa lama pemeliharaan pejantan selama 2 tahun menunjukkan nilai R_y yang lebih besar (2.34 kg/th) dibandingkan pada lama pemeliharaan pejantan selama 3 tahun (2.20 kg/th) pada kombinasi dengan lama pemeliharaan betina selama 5 tahun. Widyas *et al.* (2016) memperoleh nilai R_y berat setahunan sapi Bali di BPTU-HPT Sapi Bali Puluhan sebesar 5.08 kg/th pada kombinasi lama pemeliharaan pejantan dan betina masing-masing selama 5 tahun dan lebih tinggi dari sapi SO pada penelitian ini (1.88 kg/th). Khan *et al.* (2017) memperoleh nilai R_y berat dewasa sapi Pabna di Bangladesh sebesar 0.50 kg/tahun pada kombinasi lama pemeliharaan 4 tahun (jantan) dan 9 tahun (betina) serta lebih rendah dari sapi SO pada penelitian ini (0.94 kg/th). Nilai R_y berat setahunan berdasarkan lama pemeliharaan 2 tahun (jantan) dan 5 tahun (betina) pada sapi Aceh sebesar 1.95 kg/th (Putra *et al.*, 2014^b) dan lebih rendah dari sapi SO pada penelitian ini.

Tabel 7. Estimasi nilai respon seleksi berdasarkan kombinasi lama pemeliharaan pejantan dan induk pada sapi SO di lokasi penelitian apabila terdapat 10 ekor sapi jantan dan 100 ekor sapi betina ($h^2 = 0.77$; $S = 5.35$ kg; *sex ratio*: 1:1 dan *calf crop*: 100%)

Lama pemeliharaan (tahun)		Respon seleksi (kg/generasi)	Lama pemeliharaan (tahun)		Respon seleksi (kg per tahun)
Jantan	Betina		Jantan	Betina	
1	4	1.62	4	4	1.31
1	5	4.01	4	5	2.03
1	6	2.45	4	6	1.14
1	7	2.19	4	7	1.07
1	8	1.97	4	8	1.00
1	9	1.80	4	9	0.94
2	4	1.42	5	4	1.22
2	5	2.34	5	5	1.88
2	6	1.18	5	6	1.08
2	7	1.09	5	7	1.03
2	8	1.00	5	8	0.96
2	9	0.94	5	9	0.92
3	4	1.39	6	4	1.14
3	5	2.20	6	5	1.75
3	6	1.19	6	6	1.02
3	7	1.11	6	7	0.98
3	8	1.02	6	8	0.92
3	9	0.96	6	9	0.88

Nilai R_y berat setahunan pada kombinasi lama pemeliharaan 2 tahun (jantan) dan 5 tahun (betina) pada sapi Brahman cross sebesar 2.51 kg/th (Duma dan Mobius, 2008) dan menunjukkan kisaran angka yang sama seperti pada sapi SO dalam penelitian ini. Olthoff *et al.* (1990) memperoleh nilai R_y berat setahunan pada lama pemeliharaan ternak 2 tahun (jantan) dan 9 tahun (betina)

sebesar 4.70 kg/th pada sapi Shorthorn dan lebih tinggi dari sapi SO pada penelitian ini (0.94 kg per tahun). Bosso *et al.* (2009) memperoleh nilai Ry berat dewasa pada lama pemeliharaan ternak 2 tahun (jantan) dan 4 tahun (betina) sebesar 0.18 kg per tahun pada sapi N'Dama dan lebih rendah dari sapi SO pada penelitian ini (1.42 kg per tahun). Dari Tabel 7 terlihat bahwa pemeliharaan betina selama 5 tahun dapat memberikan nilai Ry yang paling tinggi sedangkan Putra *et al.* (2014^b) mendapatkan nilai Ry yang optimal pada pemeliharaan betina selama 8 tahun pada sapi Aceh. Perbedaan hasil antara penelitian ini dan penelitian sebelumnya disebabkan karena perbedaan genetik (bangsa sapi) dan lingkungan (manajemen, pakan, iklim).

KESIMPULAN

Hasil simulasi data menunjukkan bahwa jumlah pejantan teruji (N_S) dan jumlah pejantan terpilih (N_T) merupakan dua komponen penting untuk mengestimasi nilai intensitas seleksi (I) pada uji zuriat. Semakin banyak jumlah anak per pejantan (N_A) pada uji zuriat maka nilai efisiensi relatif (ER) akan semakin meningkat. Semakin banyak jumlah induk (N_D) yang digunakan untuk uji zuriat maka akan diperoleh nilai ER dan I yang semakin tinggi. Nilai ER dan I merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kemajuan genetik (Δ_G). Nilai heritabilitas (h^2) pada simulasi data memberikan pengaruh terhadap Δ_G sebesar 1.27 kg ($h^2=0.10$) sampai 4.19 kg ($h^2=1.00$). Lama pemeliharaan ternak selama 2 tahun (jantan) dan 5 tahun (betina) dapat memberikan nilai respon seleksi per tahun (Ry) yang tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh staf *breeding* di PT. KAR atas informasi teknis yang telah diberikan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, P.P. A. Saiful, S.W. Ari, S. Aditya, S. Syahrudin, T. Baharuddin. 2015. The potency of Sumba Ongole (SO) cattle: A study of genetic characterization and carcass productivity. *J Indonesian Trop Anim Agric* 40(2):71-78.
- Bosso, N.A., E.H. van der Waaij, A.K. Kahi, J.A.M. van Arendonk. 2009. Genetic analysis of N'Dama cattle breed selection schemes. *Livest Res Rur Develop* 21(8). <http://www.lrrd.org/lrrd21/8/boss21135.htm>. [19 September 2016].
- Bourdon, RM. 2000. *Understanding Animal Breeding*. 2nd edition. Prentice-Hall Inc, USA.
- Ditjen PKH. 2014^a. *Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan*. Direktorat Jendral Peternakan dan Kesehatan Hewan, Jakarta.
- Ditjen PKH. 2014^b. *Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia Tentang Penetapan Rumpun Sapi Sumba Ongole*. <http://pustaka.ditjenpkh.pertanian.go.id>. [11 Juli 2016].

- Duma, Y., T. Mobius. 2008. Potensi respon seleksi sifat pertumbuhan sapi Brahman Cross di ladang ternak Bila River Ranch, Sulawesi Selatan. Hal. 216-224. Prosiding Seminar Nasional Sapi Potong. Palu 24 November 2008.
- Falconer, R.D., T.F. Mackay. 1996. Introduction to Quantitative Genetics. 4th edition. Department of Genetics. North Canada State University, Canada.
- Foulley, J.L., L.R. Schaeffer, H. Song, J.W. Wilton. 1983. Progeny group size in an organized progeny test program of AI beef bulls using references sires. *Can J Anim Sci.* 63:17-26.
- Hardjosubroto, W. 1993. Analisis progeny test untuk menghitung nilai pemuliaan pejantan. *Buletin Peternakan.* 17(1):1 - 10.
- Hardjosubroto, W. 1994. Aplikasi Pemuliabiakan Ternak di Lapangan. Gramedia Widiasarana, Jakarta.
- Kariuki, C.M., E.W. Brascamp, H. Komen, A.K. Kahi, J.A.M. Arendonk. 2017. Economic evaluation of progeny-testing and genomic selection schemes for small-size nucleus dairy cattle breeding program. *J Dairy Sci.* 100(3):2258-2268.
- Khan, M.K.I., H.T. Blair, N. Lopez-Villalobos. 2017. Modelling genetic improvement of Pabna cattle in Bangladesh. *J Appl Anim Res.* 45(1):239-246.
- Olthoff, J.C., G.H. Crow, G.W. Rahnefeld. 1990. Changes in beef cattle performance after ten years of yearling weight selection. *Can J Anim Sci.* 70:1017-1028.
- Pallawarukka. 1999. Ilmu Pemuliaan Perah. Jurusan Ilmu Produksi Ternak. Fakultas Peternakan. Institut Pertanian Bogor.
- Putra, W.P.B., Sumadi, H. Tety, S. Hendra. 2014^a. Simulasi uji zuriat pada sifat pertumbuhan sapi Aceh. *JIT.* 1(3):12-16.
- Putra, W.P.B., Sumadi, H. Tety, S. Hendra. 2014^b. Potensi respon seleksi sifat pertumbuhan sapi Aceh. *JITV.* 19(4):248-256.
- Said, S., P.A. Paskah, P.B.P. Widya, A. Saiful, S.W. Ari, S. Aditya. 2016. Selection of Sumba Ongole (SO) cattle based on breeding value and performance test. *J Indonesian Trop Anim Agric.* 41(4):175-187.
- Santosa, S.A., A.T.A. Sudewo, A. Susanto, Iswoyo. 2009. Response, effectiveness and accuracy of different selection methods and intensities in dairy cattle. *Animal Production.* 11(1):66-70.
- Widyas, N., T. Nugroho, S. Prastowo. 2016. Rooms for genetic improvement in Indonesian in Bali cattle population. International Conference On Food Science and Engineering. Solo, 18-19 October 2016. pp. 1-5.
- Yusran, M.A., K. Ma'sum, D.B. Wijono, L. Affandhy, A. Rasyid. 1995. Evaluasi nilai pemuliaan calon pejantan donor semen beku sapi Madura melalui program uji keturunan. *Jurnal Ilmiah Penelitian Ternak Grati.* 4(1):17-23.