ESTIMASI NILAI HERITABILITAS DAN NILAI PEMULIAAN BOBOT LAHIR ANAK BABI

ESTIMATION OF HERITABILITY AND BREEDING VALUE OF PIGLET BIRTH WEIGHT

Bayu Dewantoro Putro Soewandi^{1,*}, V. M. Ani Nurgiantiningsih², dan Kuswati²

¹Balai Penelitian Ternak, Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Kementerian Pertanian

²Fakultas Peternakan, Universitas Brawijaya

*E-mail: bayu.dewantoro@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history

Received date:

8 April 2016

Received in revised form date:

9 May 2017

Accepted date:

6 October 2017

Available online date:

30 November 2017

Abstract

Piglet birth weight has an economic value and commonly correlated with weaning weight. Therefore, birth weight traits of piglet needs to be selected for genetic improvement. The purpose of a study was to estimate the genetic improvement of piglet birth weight based on heritability and breeding value. Around 154 heads of off springs generated from 6 sires and 14 sows were used in this study. The data of piglet birth weight was analyzed for heritability (nested classification), breeding value, selection response, and genetic improvement estimation. The result showed that the heritability (h^2) of off springs was 0.24 ± 0.15 . Based on breeding value, sires which had high piglet birth weight can be used for male ranking. Selection of response value was 0.06 kg. According to the selection of response value, improvement of birth weight in piglet based on the sire used can be estimated.

Keywords: Genetic improvement, Heritability, Breeding value, Birth weight, Piglet

Kata kunci:

Peningkatan genetik

Heritabilitas

Nilai pemuliaan

Bobot lahir

Anak babi

Abstrak

Berat lahir anak babi memiliki nilai ekonomis dan memiliki korelasi dengan berat sapi, sehingga seleksi berat lahir anak babi diperlukan untuk peningkatan genetik. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi peningkatan genetik berat lahir anak babi berdasarkan nilai heritabilitas dan nilai pemuliaan. Sampel pada penelitian adalah 154 ekor anak babi yang berasal dari enam ekor pejantan dan 14 ekor induk babi. Analisis dilakukan untuk mengetahui heritabilitas (metode *nested classification*), nilai pemuliaan, respon seleksi, dan estimasi kemajuan genetik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai heritabilitas jantan $0,24 \pm 0,15$. Berdasarkan nilai pemuliaan, pejantan dengan bobot lahir tinggi dapat digunakan dalam ranking pejantan. Nilai respon seleksi diketahui sebesar 0,06 kg. Berdasarkan nilai respon seleksi tersebut dapat diperkirakan kemajuan bobot lahir anak babi berdasarkan penggunaan pejantan.

PENDAHULUAN

Provinsi Jawa Timur dikenal cukup tinggi dalam produksi daging babi, berdasarkan data produksi daging babi oleh Kementerian Pertanian (2013) bahwa di Jawa Timur, produksi daging babi antara tahun 2012 sebesar 2.399,12 ton dan pada tahun 2013 sebesar 2.399,12 ton. Berdasarkan data produksi daging babi itu maka provinsi Jawa Timur produksi tidak ada peningkatan produksi daging babi. Performan babi yang sangat baik dapat meningkatkan produksi daging babi. Peningkatan performan sangat penting untuk dilakukan karena melalui peningkatan performan dapat meningkatkan hewan ternak. Menurut Lasley (1978) peningkatan performan ternak mungkin salah satu usaha intensif pertama untuk meningkatkan produksi babi melalui penemuan performan individu-individu yang terbaik dan mengawinkan mereka secara bersamaan.

Performan seekor ternak sangat dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan. Ternak yang memiliki genetik unggul akan membuat performan ternak akan unggul apabila lingkungan juga mendukung, tetapi ternak yang tidak memiliki genetik unggul meskipun didukung oleh lingkungan yang unggul, maka performan ternak tersebut tidak akan baik (Noor 2008; Warwick et al., 1983). Oleh karena itu peningkatan ternak secara genetik sangat diperlukan. Lasley (1978) menyatakan bahwa kemajuan performan babi *Danish Landrace* disebabkan peningkatan performan dengan menggunakan metode pemuliaan.

Peningkatan genetik dapat dilakukan melalui seleksi pada salah satu parameter genetik, yaitu salah satunya seleksi melalui estimasi heritabilitas. Heritabilitas adalah suatu keragaman total yang disebabkan oleh keragaman genetik (Noor 2008; Warwick et al., 1983). Heritabilitas memiliki korelasi dengan nilai pemuliaan

seekor ternak. Noor (2008) menyatakan bahwa pengetahuan tentang nilai heritabilitas untuk menentukan nilai pemuliaan (*breeding value*).

Pada babi terdapat beberapa sifat kuantitatif yang memiliki sifat ekonomis. Sifat-sifat kuantitatif yang memiliki nilai ekonomis pada babi salah satunya adalah berat lahir. Berat lahir menjadi sifat yang diseleksi karena berat lahir memiliki korelasi positif dengan berat tiga minggu. Canario et al., 2010 menyatakan bahwa korelasi genetik dan korelasi fenotip berat lahir dan berat tiga minggu sebesar 0,60 dan 0,16. Selain memiliki korelasi, berat lahir memiliki pengaruh pada berat potong. Václavková et al. (2012) melaporkan bahwa anak babi yang memiliki berat di bawah 1.000 g memiliki pertambahan berat badan harian (PBBH) sebesar $546,04 \pm 35,44$ g, sedangkan pada anak babi dengan berat 1.500 g memiliki PBBH sebesar $732,04 \pm 40,19$ g.

Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi peningkatan genetik bobot lahir babi berdasarkan nilai heritabilitas dan nilai pemuliaan. Ranking pada pejantan diharapkan dapat meningkatkan berat lahirnya anak babi, sehingga semakin meningkatkan nilai ekonomisnya karena berkaitan dengan bobot potongnya.

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan 154 ekor anak babi yang berasal dari enam ekor pejantan dan 14 ekor induk babi. Metode penelitian yang digunakan adalah pengamatan langsung di lapangan dengan melakukan penimbangan berat lahir pada setiap kelahiran pada keturunan dari satu pejantan yang mengawini beberapa induk. Pejantan yang digunakan adalah pejantan dari bangsa *Duroc* dan betina yang digunakan adalah dari bangsa *Landrace*.

Analisis Data

Estimasi nilai heritabilitas bobot lahir babi

Metode yang digunakan dalam pendugaan nilai heritabilitas bobot lahir adalah dengan menggunakan metode analisis saudara tiri dan kandung dengan ragam pola tersarang (*nested classification*). Model statistik yang digunakan sebagai berikut (Hardjosubroto, 1994; Becker, 1992).

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + e_{ijk} \quad (1)$$

Keterangan:

Y_{ijk} = data dari anak ke-k dari induk ke-j dengan pejantan ke-i

μ = rata-rata

α_i = pengaruh dari pejantan ke-i

β_j = pengaruh induk ke-j dalam pejantan ke-i

e_{ijk} = penyimpangan pengaruh lingkungan dan genetik tidak terkontrol.

Untuk jumlah induk/pejantan dan anak/induk sama, maka $k_1 = k_2 =$ jumlah anak/induk, $k_3 =$ jumlah anak/pejantan. Akan tetapi apabila tidak sama, maka k dihitung sebagai berikut.

$$\sigma_w^2 = MS_w \quad (2)$$

$$\sigma_d^2 = \frac{MS_d - MS_w}{k_1} \quad (3)$$

$$\sigma_s^2 = \frac{MS_s - MS_w - \left(\frac{k_2}{k_1}\right)(MS_d - MS_w)}{k_3} \quad (4)$$

perhitungan k_1 , k_2 dan k_3 sebagai berikut.

$$k_1 = \frac{(Y_{ijk} - \frac{\Sigma(n_{ij.})}{n_{ij.}})}{d.f \text{ induk}} \quad (5)$$

$$k_2 = \frac{(\frac{\Sigma(n_{ij.})}{n_{ij.}} - \frac{\Sigma(n_{ijk}^2)}{Y_{ijk}})}{d.f \text{ pejantan}} \quad (6)$$

$$k_3 = \frac{(Y_{ijk} - \Sigma n_{ijk}^2)}{d.f \text{ pejantan}} \quad (7)$$

pewarisan (Heritabilitas = h^2) diukur dengan rumus:

- pejantan

$$h_s^2 = \frac{4\sigma_s^2}{\sigma_s^2 + \sigma_d^2 + \sigma_w^2} \quad (8)$$

$$S.E. h^2 = \frac{4(S.E.\sigma_s^2)}{\sigma_s^2 + \sigma_d^2 + \sigma_w^2} \quad (9)$$

- induk

$$h_d^2 = \frac{4\sigma_d^2}{\sigma_s^2 + \sigma_d^2 + \sigma_w^2} \quad (10)$$

$$S.E. h_d^2 = \frac{4(S.E.\sigma_d^2)}{\sigma_s^2 + \sigma_d^2 + \sigma_w^2} \quad (11)$$

- Total

$$h_{s+d}^2 = \frac{2(\sigma_s^2 + \sigma_d^2)}{\sigma_s^2 + \sigma_d^2 + \sigma_w^2} \quad (12)$$

$$S.E. (h_{s+d}^2) = \frac{2\sqrt{\text{var } \sigma_s^2 + \text{var } \sigma_d^2 + 2(\text{cov}(\sigma_s^2, \sigma_d^2))}}{\sigma_s^2 + \sigma_d^2 + \sigma_w^2} \quad (13)$$

Nilai pemuliaan

Besarnya nilai pemuliaan dihitung dengan rumus Hardjosubroto (1994):

$$NP = h^2 (p - \bar{P}) + \bar{P} \quad (14)$$

Keterangan:

- NP = nilai pemuliaan bobot lahir
 h^2 = nilai heritabilitas bobot lahir
 p = performan individu untuk bobot lahir
 $\bar{P}$ = rerata performan individu populasi untuk bobot lahir

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berat Lahir dan Heritabilitas Bobot Lahir

Pada penelitian ini diketahui rerata bobot lahir anak babi yang berasal dari pejantan babi *Duroc* dan induk babi yang berasal dari babi *Landrace*. Pada Tabel 1, rerata tertinggi bobot lahir anak adalah sebesar $1,52 \pm 0,08$ kg. Hasil bobot lahir ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Kaushik et al. (2013); Stewart and Drewry (1983) dan Johnson and Omtvedt (1975). Penelitian yang dilakukan oleh Kaushik et al. (2013); Stewart and Drewry (1983) dan Johnson and Omtvedt (1975) menemukan bobot lahir anak babi berkisar antara $1,26 \pm 0,04$ kg s.d. $1,41 \pm 0,07$ kg. Tingginya bobot lahir anak babi disebabkan karena adanya persilangan dengan induk babi *Landrace*. Lukac et al. (2012) menemukan bahwa ada peningkatan bobot lahir pada babi yang disilangkan dengan babi *Landrace*.

Pada penelitian ditemukan bahwa nilai ragam pejantan (σ_s^2) adalah sebesar 0,001, sedangkan pada ragam induk (σ_d^2) sebesar 0,006 dan pada ragam anak (σ_p^2), yaitu sebesar 0,092. Pada ragam ini diketahui bahwa ragam anak paling tinggi. Hohenboken (1985) menyatakan bahwa variasi antar-individu dipengaruhi oleh gen aditif 25% saudara tiri seapak dan ditambah gen dominan sebesar 25% untuk saudara kandung. Akan tetapi tingginya

ragam anak tersebut juga dipengaruhi oleh variasi induk. Roehe (1999) dan Wahyuningsih et al (2012) menyatakan bahwa bobot lahir individu faktor ke-indukan (*maternal effect*) baik pada *pre-natal* (di dalam uterus) dan pada *post-natal* (pada saat sudah dilahirkan).

Tabel 1. Rerata bobot lahir dan *litter size* anak babi berdasarkan pada pejantan dan induk pada anak babi.

No individu	♀ (kg)	No individu	♂ (kg)
2262	$1,09 \pm 0,04$	B5	$1,08 \pm 0,10$
2230	$1,08 \pm 0,16$		
2266	$1,52 \pm 0,07$	A12	$1,40 \pm 0,06$
2003	$1,30 \pm 0,07$		
2264	$0,86 \pm 0,10$	B2	$1,17 \pm 0,09$
2094	$1,47 \pm 0,06$		
2128	$1,60 \pm 0,14$	C17	$1,52 \pm 0,08$
C042	$1,44 \pm 0,09$		
C023	$1,30 \pm 0,12$	C5	$1,24 \pm 0,07$
C058	$1,18 \pm 0,07$		
2108	$1,79 \pm 0,09$	S6	$1,36 \pm 0,04$
2178	$1,18 \pm 0,08$		
2219	$1,25 \pm 0,04$		
2269	$1,39 \pm 0,04$		

Berbagai teori menyebutkan bahwa variasi genetik induk berpengaruh secara langsung pengaturan komponen secara genetik dari nutrisi pada rahim dan kapasitas rahim. Variasi genetik di rahim tiga kali lebih tinggi dibandingkan variasi genetik secara langsung dari fetus, dimana karena potensi genetik dari embrio/fetus untuk pertumbuhan selama kebuntingan (Roehe, 1999). Oleh karena itu, ragam pada anak menjadi yang tertinggi.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai pejantan dari bobot lahir sebesar $0,24 \pm 0,15$, nilai induk sebesar $0,05 \pm 0,08$, dan nilai total sebesar $0,14 \pm 0,11$. Nilai estimasi heritabilitas pada penelitian ini diketahui lebih rendah dibandingkan nilai estimasi heritabilitas yang dilakukan oleh Ajayi and Akinokun (2013) pada babi

lokal Nigeria. Nilai estimasi heritabilitas dan galat bobot lahir pada induk babi lokal Nigeria adalah sebesar $0,36 \pm 0,09$.

Hardjosubroto (1994) menyatakan bahwa nilai heritabilitas antara nol s.d. 0,1 termasuk dalam kategori rendah, sedangkan 0,1 s.d. 0,3 termasuk sedang dan $> 0,3$ termasuk kategori tinggi. Pada penelitian ini diketahui estimasi nilai heritabilitas pejantan masuk dalam kategori sedang ($0,24 \pm 0,15$), estimasi heritabilitas induk masuk dalam kategori rendah ($0,05 \pm 0,08$) dan estimasi heritabilitas total adalah sedang ($0,14 \pm 0,11$).

Nilai heritabilitas induk dalam kategori sedang yang diketahui pada penelitian ini diperkirakan terjadi karena adanya pengaruh langsung gen, yaitu berupa pengaruh gen aditif. Pada pengaruh langsung aditif dan pengaruh induk seharusnya jadi pertimbangan untuk meningkatkan sifat bobot lahir dengan seleksi (Kaygisiz et al., 2012; Roehe, 1999 dan Hohenboken, 1985). Sapi potong juga dipengaruhi langsung variasi gen aditif dan gen pengaruh induk pada sifat berat lahir pedet (Eriksson et al., 2004). Rendahnya heritabilitas karena adanya korelasi negatif antara sifat-sifat komponen yang diseleksi (Dube et al., 2012).

Heritabilitas untuk bobot lahir yang sedang menunjukkan bahwa ada potensi untuk perbaikan genetik. Noor (2008) menyatakan bahwa heritabilitas merupakan faktor utama yang langsung memengaruhi kemajuan genetik. Setiati et al (2012) juga menyatakan bahwa peningkatan mutu genetik suatu sifat yang memiliki heritabilitas sedang s.d. tinggi dengan cara seleksi akan lebih efektif dan memberikan respon besar.

Program seleksi berdasarkan heritabilitas akan sangat rumit karena pada sifat

reproduksi terutama bobot lahir dan *litter size* anak babi saling ada korelasi negatif (Wolf et al., 2008) 000 piglets. Pada babi lokal Nigeria, seleksi individu mungkin diperkirakan untuk meningkatkan genetik dari bobot lahir lebih efektif bila dibandingkan bobot lahir sekelahiran dan bobot anak saat disapih (Ajayi and Akinokun, 2013).

Nilai Pemuliaan dan Ranking Pejantan Berdasarkan Bobot Lahir

Ranking pejantan berdasarkan nilai pemuliaan bobot lahir anak babi dan kemajuan genetik bobot lahir berdasarkan perkawinan dengan pejantan-pejantan yang ada di dalam ranking dapat dilihat pada Tabel 2. Pada penelitian ini nilai respon seleksi sebesar 0,03 kg dengan proporsi seleksi 10%. Seleksi yang dilakukan pada berat lahir anak babi akan tampak jika dilakukan dengan kombinasi lama pembiakan jantan satu tahun dan induk dua tahun. Pada penelitian respon seleksi sapi Aceh yang dilakukan oleh Putra et al (2014) diperoleh nilai respon sebesar 0,04 kg dengan lama pembiakan pejantan tiga tahun dan induk enam atau delapan tahun. Oleh karena itu, seleksi pada bobot lahir akan dapat memiliki dampak pada kenaikan berat lahir.

Menurut Damgaard et al (2003) peningkatan genetik bobot lahir sangat mungkin melalui seleksi pejantan sehingga bobotnya lebih seragam. Peningkatan genetik akan lebih efektif apabila memiliki nilai heritabilitas sedang dan tinggi serta akan memberikan respon yang besar (Setiati et al., 2012). Oleh karena itu, berdasarkan ranking pejantan yang ada pada Tabel 2 dapat dilihat potensi peningkatan bobot lahir anak babi.

Tabel 2. Nilai pemuliaan (NP), ranking pejantan dan nilai kemajuan genetik anak babi.

No individu	NP (kg)	Ranking
C17	1,37	1
A12	1,34	2
S6	1,33	3
C5	1,30	4
B2	1,28	5
B5	1,26	6

Peningkatan bobot lahir dapat ditingkatkan dengan melakukan perkawinan dengan pejantan-pejantan yang unggul. Pada Tabel 2 ada rangking pejantan yang dapat dipilih untuk meningkatkan bobot lahir pada babi. Berdasarkan nilai pemuliaan dapat dibuat rangking pejantan yang memiliki bobot lahir tertinggi sampai yang terendah. Putra et al (2014) telah menggunakan ranking berdasarkan estimasi nilai pemuliaan untuk calon pejantan sebagai dasar seleksi pada sifat-sifat produksi.

Peningkatan bobot lahir pada anak babi akan mengalami peningkatan yang kecil. Hal ini disebabkan nilai estimasi heritabilitas pada kategori rendah s.d. sedang. Oleh karena itu, apabila ingin meningkatkan sifat berat lahir pada babi, maka induk-induk babi *Landrace* perlu dikawinkan dengan pejantan yang memiliki ranking pertama pada bobot lahir.

KESIMPULAN

Heritabilitas bobot lahir pada babi *Duroc* x *Landrace* berkategori rendah, sehingga peningkatan bobot lahir akan kecil nilainya. Ranking pejantan-pejantan babi persilangan *Duroc* dari yang terbaik sudah ada berdasarkan nilai pemuliaan. Oleh karena itu, kenaikan bobot lahir dapat

ditingkatkan melalui perkawinan dengan pejantan-pejantan yang ada pada ranking.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak FX. Soemakno Soewandi dan Ibu Endang Sri Wulanningsih dalam pendanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada peternakan babi PT. Delta yang telah mengizinkan untuk melakukan penelitian ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Endang Tri Margawati, M.Agr.Sc. dari Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI dalam membantu penyelesaian karya tulis ilmiah ini.

DAFTAR ACUAN

- Ajayi, B. A., and J. O. Akinokun. 2013. "Evaluation of Some Litter Traits and Heritability Estimates of Nigerian Indigenous Pigs." *IJAAAR - International Journal of Applied Agricultural and Apicultural Research* 9 (1 & 2): 113–19.
- Becker, Walter A. 1992. *Manual of Quantitative Genetics*. 5th ed. U.S.A.: Academic Enterprises. doi:10.1145/2505515.2507827.
- Canario, L., H. Lundgren, M. Haandlykken, and L. Rydhmer. 2010. "Genetics of Growth in Piglets and the Association with Homogeneity of Body Weight within Litters." *Journal of Animal Science*. 88 (4): 1240–47. doi:10.2527/jas.2009-2056.
- Damgaard, L H, L Rydhmer, P Løvendahl, and K Grandinson. 2003. "Genetic Parameters for Within-Litter Variation in Piglet Birth Weight and Change in Within-Litter Variation During Suckling." *Journal of Animal Science*. 81: 604–10.

- Dube, B., Sendros D. Mulugeta, and K. Dzama. 2012. "Estimation of Genetic and Phenotypic Parameters for Sow Productivity Traits in South African Large White Pigs." *S. Afr. Journal of Animal Science*. 42 (4): 389–97. doi:10.4314/sajas.v42i4.7.
- Eriksson, S, A Näsholm, K Johansson, and J Philipsson. 2004. "Genetic Parameters for Calving Difficulty, Stillbirth, and Birth Weight for Hereford and Charolais at First and Later Parities." *Journal of Animal Science*. 82: 375–83.
- Hardjosubroto, Wartomo. 1994. *Aplikasi Pemuliabian Ternak Di Lapangan*. Jakarta: Grasindo.
- Hohenboken, William D. 1985. "The Manipulation of Variation in Quantitative Traits : A Review of Possible Genetic Strategies." *Journal of Animal Science*. 60: 101–10.
- Johnson, R. K., and I. M. Omtvedt. 1975. "Maternal Heterosis in Swine : Reproductive Performance and Dam Productivity." *Journal of Animal Science* 40 (1): 29–37.
- Kaushik, Purabi, P J Handique, Habibur Rahman, Anubrata Das, Anil Kr Das, and Gagan Bhuyan. 2013. "Pre-Weaning Growth Performance of Pure and Crossbred Pigs under Organized Farm Condition in Assam." *International Journal of Engineering Science Invention* 2 (6): 10–12.
- Kaygisiz, A., G. Bakir, and I. Yilmaz. 2012. "Genetic Parameters for Direct and Maternal Effects and an Estimation of Breeding Values for Birth Weight of Holstein Friesian Calves." *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 18 (1): 117–24.
- Kementrian Pertanian. 2013. "Statistik Pertanian 2013." Vol. 3. Jakarta. doi:10.1017/CBO9781107415324.004.
- Lasley, John F. 1978. *Genetics of Livestock Improvement*. 3rd ed. New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Lukac, D., V. Vidovic, Jovanka Krnjaic, Ljuba Strbac, V. Visnjic, and M. Stupar. 2012. "The Effect of Crossing Between Landrace and Yorkshire in Relation to Maternal Heterosis." *Krmiva Zagreb* 54 (2): 41–46.
- Noor, Ronny Rachman. 2008. *Genetika Ternak*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Putra, W. B. P., Tety Hartatik, and S Hendra. 2014. "Potensi Respon Seleksi Sifat Pertumbuhan Sapi Aceh." *JITV* 19 (4): 248–56.
- Putra, Widya Pintaka Bayu, Sumadi, and Tety Hartatik. 2014. "Estimasi Nilai Pemuliaan dan *Most Probable Producing Ability* Sifat Produksi Sapi Aceh di Kecamatan Indrapuri Provinsi Aceh." *Buletin Peternakan* 38 (1): 1–7.
- Roehe, R. 1999. "Genetic Determination of Individual Birth Weight and Its Association with Sow Productivity Traits Using Bayesian Analyses." *Journal of Animal Science*. 77: 330–43.
- Setiati, Ning, Jafendi H. P. Sidadolog, Tetik Hartatik, and Tri Yuwanta. 2012. "Respon Seleksi Divergen Bobot Badan Burung Puyuh (*Coturnix coturnix japonica*) Umur Empat Minggu terhadap Produksi Telur Selama Enam Generasi." *Majalah Ilmiah* 17 (1): 1211–24.
- Stewart, T. S., and K. J. Drewry. 1983. "Maternal Performance of Duroc, Hampshire and Landrace Backcross Gilts Fed Normal and High

- Fiber Diets during Postweaning Growth.” *Journal of Animal Science*. 57: 565–76. doi:10.1016/S03801330(75)72332-8.
- Václavková, E., P. Daněk, and M. Rozkot. 2012. “The Influence of Piglet Birth Weight on Growth Performance.” *Research in Pig Breeding* 6 (1): 6–8.
- Wahyuningsih, N, Y B P Subagyo, Sunarto, S. Prastowo, and N. Widyas. 2012. “Performan Anak Babi Silangan Berdasarkan Paritas Induknya.” *Sains Peternakan* 10 (2): 56–63.
- Warwick, Everett James, Jovita Maria Astuti, and Wartomo Hardjosubroto. 1983. *Pemuliaan Ternak*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Press.
- Wolf, J., E. Žáková, and E. Groeneveld. 2008. “Within-Litter Variation of Birth Weight in Hyperprolific Czech Large White Sows and Its Relation to Litter Size Traits, Stillborn Piglets and Losses until Weaning.” *Livestock Science* 115 (2–3): 195–205. doi:10.1016/j.livsci.2007.07.009.