

“Sumber Daya Pertanian Berkelanjutan dalam Mendukung Ketahanan dan Keamanan Pangan Indonesia pada Era Revolusi Industri 4.0”

Nilai Pemuliaan dan Kecenderungan Genetik Produksi Susu Sapi Friesian Holstein

Dian S. Lande, A. Supriyantono, A.G. Murwanto

Fakultas Peternakan Universitas Papua

Jl. Gunung Salju Amban 98314 Manokwari Papua Barat

Abstrak

Pada program seleksi untuk memilih individu-individu ternak yang mempunyai keunggulan genetik tinggi, maka nilai pemuliaan menjadi suatu keharusan untuk diketahui. Nilai pemuliaan merupakan faktor utama dalam mengevaluasi keunggulan individu dalam populasi ternak dimana pendugaan sedini mungkin sangat berguna dalam proses seleksi yang lebih efisien karena secara tidak langsung dapat memperpendek interval generasi dalam pemilihan bibit. Materi dalam penelitian ini bersumber dari data sekunder produksi susu. 324 data produksi susu yang berasal dari 33 ekor pejantan dan 177 ekor betina yang terdiri dari 1-4 catatan. Pendugaan nilai heritabilitas berdasarkan korelasi saudara tiri seabapak sebesar $0,59 \pm 0,16$ termasuk kategori tinggi. Pendugaan rinitabilitas terdiri dari 2 cara yaitu korelasi antar kelas 2 catatan sebesar $0,18 \pm 0,04$ termasuk kategori rendah sedangkan korelasi dalam kelas 3 dan 4 catatan sebesar $0,89 \pm 0,03$ termasuk kategori tinggi. Nilai pemuliaan 1 catatan nomor registrasi 1886-07 sebesar 1842,53 liter; Nilai pemuliaan 2 catatan nomor registrasi 0284-07 sebesar 2173,89 liter; nilai pemuliaan 3 catatan nomor registrasi 1874-07ET sebesar 956,72 liter; nilai pemuliaan 4 catatan nomor registrasi 133 sebesar 27,16 liter; nilai pemuliaan pejantan nomor registrasi S-39782 sebesar 1304,94 liter. Model kecenderungan kuadratik dinilai cocok digunakan untuk analisis nilai pemuliaan dilihat dr komponen yang bernilai lebih kecil MAD sebesar 128,5 dan MSD sebesar 20064,7.

Kata kunci: heritabilitas, rinitabilitas, nilai pemuliaan, kecenderungan genetik

Pendahuluan

Kemampuan genetik sapi perah dapat ditaksir berdasarkan Nilai Pemuliaan (NP) produksi susu. Nilai pemuliaan atau breeding value adalah penilaian dari mutu genetik untuk suatu sifat tertentu, yang diberikan secara relatif atas kedudukannya di dalam populasi. Performa seekor ternak sebagai bukti keunggulan genetik dapat dilihat dari nilai pemuliaan pada kondisi, lingkungan dan waktu yang sama (Hardjosubroto, 1994).

Analisis kecenderungan merupakan suatu metode analisis yang ditujukan untuk melakukan suatu estimasi atau peramalan pada masa yang akan datang. Kecenderungan genetik dapat menggambarkan kecenderungan dari nilai pemuliaan dalam suatu populasi dari masa ke masa atau tahun ke tahun. Untuk menunjang peramalan dengan baik maka dibutuhkan berbagai macam informasi (data) yang cukup banyak dan diamati dalam periode waktu yang relatif cukup sehingga hasil analisis tersebut dapat diketahui berapa besar fluktuasi yang terjadi (Saputra, 2010).

Penelitian ini bertujuan untuk (1) menaksir nilai pemuliaan produksi susu sapi Friesian Holstein dan (2) mengetahui kecenderungan genetik produksi susu sapi Friesian Holstein di BBPTU-HPT Baturraden.

Metodologi

Materi dan Metode

Sebanyak 324 data produksi susu sapi perah FH yang berasal dari 33 ekor pejantan dan 177 ekor betina dengan 1 - 4 catatan digunakan dalam penelitian ini. Metode penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan teknik studi kasus.

Manajemen Data

Koreksi data dilakukan pada data produksi susu yang ditaksir nilai heritabilitas, ripitabilitas dan nilai pemuliaan Data produksi susu yang telah dipilah atau dikelompokkan yaitu : 1). saudara tiri seapak sebanyak 560 data (berasal dari 64 ekor pejantan dan 268 ekor betina); 2). Saudara kandung sebanyak 12 data dan 3). sebanyak 481 data hanya mempunyai 1 anak. Dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah data yang mempunyai hubungan saudara tiri seapak. Data dari saudara tiri seapak tersebut, yang dapat dianalisis sebanyak 324 data (berasal dari 33 ekor pejantan dan 177 ekor betina) sedangkan data yang lain tidak dapat dianalisis (catatan umur dan produksi susu tidak lengkap).

Data catatan produksi susu yang diperoleh kemudian disesuaikan atau dikoreksi pada keadaan tertentu sebagai patokan standar. Data yang dikoreksi meliputi lama pemerahan, apabila kurang dari 305 hari atau lebih dari 305 hari, maka harus disesuaikan ke lama pemerahan 305 hari serta dikoreksi ke umur setara dewasa (Hardjosubroto, 1994).

Metode Pendugaan heritabilitas (h^2)

Pendugaan nilai heritabilitas menggunakan analisis variansi berdasarkan korelasi saudara tiri seapak. Metode pendugaan heritabilitas yang digunakan menurut Kurnianto (2009) adalah pola satu arah dengan ulangan tidak sama.

Nilai h^2 dihitung dari persamaan :

$$\sigma^2_w = KT_w$$

$$\sigma^2_s = \frac{KT_s - KT_w}{k}$$

$$h^2 = 4 \frac{\sigma_s^2}{\sigma_s^2 + \sigma_w^2}$$

$$S.E (h^2) = \sqrt{\frac{4 \cdot 2(n-1)(1-r)^2(1+(k-1)r)^2}{k^2(n-s)(s-1)}} \quad (\text{Becker, 1985})$$

Karena jumlah anak (k) tidak sama, maka nilai k dapat dihitung dengan rumus

$$k = \frac{1}{s-1} \left(n - \frac{\sum m_i^2}{n} \right)$$

Metode Pendugaan angka pengulangan atau rpitabilitas (r)

Pendugaan rpitabilitas terdiri dari 2 cara yaitu: korelasi antar kelas (*interclass correlation*) digunakan untuk menduga nilai rpitabilitas sifat dari individu yang mempunyai 2 catatan atau pengukuran dari sifat tersebut (laktasi I dan laktasi II) sedangkan apabila terdapat lebih dari dua pengukuran tiap individu maka metoda pendugaan rpitabilitas yang digunakan menurut Hardjosubroto (1994) dihitung dengan analisis ragam sebagai korelasi dalam kelas (*intraclass correlation*).

$$r = \frac{\sigma_w^2}{\sigma_w^2 + \sigma_a^2}$$

$$S.E (r) = \sqrt{\frac{2 (m-1) (1-r)^2 [1 + (k-1)r]^2}{k^2 (m-n) (n-1)}} \quad (\text{Becker, 1985})$$

Metode Pendugaan Nilai Pemuliaan

Pendugaan nilai pemuliaan berhubungan dengan data hasil pengukuran atau pencatatan sifat kuantitatif. Atas dasar data yang diperoleh maka nilai pemuliaan dapat dihitung dengan 3 (tiga) model pengukuran yaitu: 1). Pengukuran tunggal dirinya sendiri, digunakan untuk memperoleh data produksi susu dari satu masa laktasi; 2). Pengukuran berulang dirinya sendiri, digunakan untuk memperoleh data produksi susu yang lebih dari satu masa laktasi dan 3). Pengukuran anak, digunakan untuk menduga nilai pemuliaan tetuanya (bapak). Metode pendugaan nilai pemuliaan untuk 1 catatan dan lebih dari 1 catatan yang digunakan menurut Hardjosubroto (1994) ditulis dengan rumus sebagai berikut:

- a) 1 catatan produksi

$$NP = h^2 (P - \bar{P})$$

- b) lebih dari 1 catatan produksi

$$NP = \frac{nh^2}{1+(n-1)r} (P - \bar{P})$$

Keterangan :

n = jumlah catatan produksi/pengamatan

h^2 = nilai heritabilitas

r = nilai rpitabilitas

P = rerata performans individu

\bar{P} = rerata performans populasi

Sedangkan metode pendugaan nilai pemuliaan yang digunakan menurut Kurnianto (2009) untuk pejantan dapat ditulis dengan rumus sebagai berikut :

$$NP = \frac{0,5nh^2}{1+(n-1)t} (P - \bar{P})$$

Keterangan :

n = jumlah anak

h^2 = nilai heritabilitas

t = intraclass correlation, besarnya = 0,25 h^2

P = rata-rata produksi ternak yang dihitung nilai pemuliaan

\bar{P} = rata-rata produksi dari ternak-ternak pembanding

Kecenderungan genetik

Menentukan kecenderungan genetik didasarkan pada hasil perhitungan nilai pemuliaan produksi susu masing-masing individu dalam populasi dari tahun ke tahun. Analisis kecenderungan genetik ini menggunakan model kecenderungan dengan program Minitab versi 17.

Hasil dan Pembahasan

Heritabilitas

Dari hasil analisis data diperoleh taksiran nilai heritabilitas (h^2) produksi susu sapi FH sebesar $0,59 \pm 0,16$ di mana hasil taksiran nilai heritabilitas ini termasuk kategori tinggi. Nilai heritabilitas sebesar 0,59 dapat diartikan bahwa perbedaan (keragaman) penampilan sifat produksi susu antar individu pada populasi tersebut 59% disebabkan oleh keragaman genetik aditif antar individu. Hal ini sesuai pendapat Kurnianto (2009) menyatakan bahwa heritabilitas dikategorikan rendah jika nilai berselang antara 0-0,15; kategori sedang jika nilai berselang antara 0,15-0,30 dan kategori tinggi jika nilainya $> 0,30$.

Bila suatu sifat mempunyai nilai heritabilitas tinggi maka dapat diartikan bahwa terdapat hubungan yang sangat nyata antara nilai fenotip dengan nilai pemuliaan. Nilai heritabilitas yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya di BBPTU-HPT Baturraden yang dilakukan oleh Indrijani (2008) yaitu sebesar $0,352 \pm 0,04$. Perbedaan nilai heritabilitas pada sifat yang sama yaitu produksi susu dipengaruhi oleh waktu pengambilan data, jumlah sampel yang digunakan, jumlah catatan produksi atau pengamatan serta metoda. Hal ini sesuai dengan pendapat Falconer (1981) bahwa heritabilitas sifat yang sama di lokasi penelitian yang sama dapat berbeda karena metode, perbedaan sampel dan jumlah pengamatan. Hal tersebut juga didukung oleh pendapat oleh Kurnianto (2009) menyatakan bahwa perbedaan nilai heritabilitas yang merupakan suatu sifat tidak tetap, dapat berbeda nilainya dari satu populasi berbeda, tergantung pada (1) periode pengambilan data; (2) bangsa ternak; (3) metode yang digunakan dalam pendugaan; (4) jumlah dan asal data

Ripitabilitas

Dari hasil analisis data diperoleh taksiran nilai ripitabilitas produksi susu sapi perah untuk 2 catatan sebesar $0,18 \pm 0,04$ sedangkan 3 dan 4 catatan sebesar $0,89 \pm 0,03$. Nilai ripitabilitas untuk 2 catatan termasuk dalam kategori rendah karena nilainya $< 0,2$ disebabkan oleh variasi data pada catatan produksi susu sedangkan 3 dan 4 catatan termasuk kategori tinggi karena mempunyai nilai $\geq 0,4$. Nilai ripitabilitas sebesar 0,18 dan 0,89 dapat diartikan bahwa 18% dan 89% dari ragam produksi susu sapi betina disebabkan oleh perbedaan antar individu sapi betina. Hal ini sesuai pendapat Kurnianto (2009) menyatakan bahwa ripitabilitas sifat dikatakan rendah bila bernilai $< 0,2$; sedang bila bernilai 0,2-0,4 dan tinggi bila bernilai $\geq 0,4$. Hasil taksiran nilai ripitabilitas ini nilainya lebih tinggi dibanding dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Wahyuni (2012) yang memperoleh taksiran nilai ripitabilitas produksi susu sebesar $0,84 \pm 0,02$; Gushairiyanto (1994) yang menyatakan nilai ripitabilitas di BBPTU-HPT Baturraden sebesar $0,25 \pm 0,05$.

Nilai ripitabilitas yang mendekati nilai 1 menunjukkan bahwa suatu sifat mempunyai peluang besar untuk selalu diulang pada periode berikutnya. Makin besar nilai ripitabilitas suatu sifat maka makin baik suatu catatan sebagai suatu indikator kemampuan berproduksi. Ripitabilitas merupakan karakteristik suatu sifat pada populasi, nilainya tidak berasosiasi dengan ternak secara individual. Seperti halnya heritabilitas, ripitabilitas tidak bersifat tetap. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai heritabilitas cenderung mempengaruhi nilai ripitabilitas.

Nilai ripitabilitas pada 2 catatan sebesar $0,18 \pm 0,04$ lebih kecil dibanding nilai heritabilitas sebesar $0,59 \pm 0,16$. Hal tersebut tidak sesuai dengan pendapat Hardjosubroto (1994) menyatakan bahwa angka pengulangan merupakan batas maksimum dari angka pewarisan atau angka pengulangan selalu lebih besar atau sama dengan angka pewarisan ($r \geq h^2$). Hal tersebut disebabkan karena terdapat perbedaan yang besar pada produksi susu catatan 1 dengan catatan 2. Alasan lain yang kemungkinan menyebabkan adalah data yang digunakan untuk analisis berbeda.

Pendugaan Nilai Pemuliaan

Tabel 1. Nilai pemuliaan berdasarkan urutan terbesar dari 1 catatan produksi susu di BBPTU-HPT Baturraden

No. Urut	No. Reg.	Nilai Pemuliaan	Peringkat
1	1886-07	1842,53	1
2	1893-08	1754,87	2
3	1940-10	1670,84	3
4	1892-08	1282,09	4
5	0464-09	1221,32	5
6	0402-08	1213,67	6
7	1934-09	894,92	7
8	0441-08	876,08	8
9	1922-09	833,99	9
10	0313-07	799,09	10

Dari hasil analisis data diperoleh taksiran nilai pemuliaan diurut berdasarkan peringkat untuk masing-masing catatan dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4 dan sedangkan nilai pemuliaan pejantan pada Tabel 5.

Pada Tabel 1, terlihat bahwa individu atau ternak dengan nomor registrasi 1886-07 pada data 1 catatan mempunyai nilai pemuliaan lebih tinggi sebesar 1842,53 liter dibanding dengan individu lainnya. Hal tersebut diartikan bahwa individu tersebut diharapkan dapat mewariskan kemampuan memproduksi susu lebih tinggi dibanding rata-rata populasi sebesar 1842,53 liter pada generasi selanjutnya.

Tabel 2. Nilai pemuliaan berdasarkan urutan terbesar dari 2 catatan produksi susu di BBPTU-HPT Baturraden

No. Urut	No. Reg.	Nilai Pemuliaan	Peringkat
1	0284-07	2173,89	1
2	1888-08	1968,16	2
3	0427-08	1838,97	3
4	054	1824,39	4
5	1889-08	1711,36	5
6	0306-07	1644,65	6
7	0406-08	1528,18	7
8	1920-09	1354,04	8
9	1890-08	1198,61	9
10	006	1140,15	10

Pada Tabel 2, terlihat bahwa individu atau ternak dengan nomor registrasi 0284-07 pada data 2 catatan mempunyai nilai pemuliaan lebih tinggi sebesar 2173,89 liter dibanding dengan individu lainnya. Hal tersebut diartikan bahwa individu tersebut diharapkan dapat mewariskan kemampuan memproduksi susu lebih tinggi dibanding rata-rata populasi sebesar 2173,89 liter pada generasi selanjutnya.

Tabel 3. Nilai pemuliaan berdasarkan urutan terbesar dari 3 catatan produksi susu di BBPTU-HPT Baturraden

No. Urut	No. Reg.	Nilai pemuliaan	Peringkat
1	1874-07ET	956,72	1
2	0301-07	677,79	2
3	1899-08	672,44	3
4	045	479,08	4
5	119	424,07	5
6	0294-07	304,11	6
7	1614-04	128,78	7
8	1153-00	80,44	8
9	059	41,49	9
10	018	-8,13	10

Pada Tabel 3, terlihat bahwa individu atau ternak dengan nomor registrasi 1874-07ET pada data 3 catatan mempunyai nilai pemuliaan lebih tinggi sebesar 956,72 liter dibanding dengan individu lainnya. Hal tersebut diartikan bahwa individu tersebut diharapkan dapat mewariskan kemampuan memproduksi susu lebih tinggi dibanding rata-rata populasi sebesar 956,72 liter pada generasi selanjutnya.

Tabel 4. Nilai pemuliaan berdasarkan urutan terbesar dari 4 catatan produksi susu di BBPTU-HPT Baturraden

No. Urut	No. Reg.	Nilai pemuliaan	Peringkat
1	133	27,16	1
2	027	-66,64	2
3	1597-03	-1102,97	3

Pada Tabel 4 di atas, terlihat bahwa individu atau ternak yang mempunyai 4 catatan produksi susu sebanyak 3 ekor di mana nomor registrasi 133 mempunyai nilai pemuliaan lebih tinggi sebesar 27,16 liter dibanding dengan individu lainnya. Hal tersebut diartikan bahwa individu tersebut diharapkan dapat mewariskan kemampuan memproduksi susu yang lebih tinggi dibanding rata-rata populasi sebesar 27,16 liter pada generasi selanjutnya.

Tinggi rendahnya nilai pemuliaan tersebut adalah milik individu itu sendiri. Sesuai dengan pendapat Dalton (1981) menyatakan bahwa nilai pemuliaan adalah milik individu itu sendiri dan ditentukan oleh gen-gen yang diwariskan pada keturunannya. Hasil perangkungan nilai pemuliaan umumnya digunakan untuk melakukan seleksi terhadap induk yang akan menghasilkan bibit serta untuk *replacement stock*. Umumnya ternak yang digunakan sebagai bibit adalah 10% terbaik dari seluruh betina yang diseleksi dalam populasi. *Replacement stock* ditujukan sebagai pengganti induk sebelumnya dalam suatu populasi sehingga produksi susu diharapkan dapat terus berjalan.

Ternak atau individu yang memiliki nilai pemuliaan tinggi dapat digunakan untuk bibit pada generasi berikutnya dibandingkan dengan ternak yang memiliki nilai pemuliaan rendah. Hal ini dikemukakan oleh Karnaen dan Arifin (2006) bahwa pendugaan nilai pemuliaan individu untuk sifat kuantitatif ditentukan dengan membandingkan antara fenotip individu dengan rata-rata fenotip populasi di mana ternak tersebut dipilih.

Tabel 5. Nilai pemuliaan berdasarkan urutan terbesar dari pejantan di BBPTU-HPT Baturraden

No. Urut	No. Reg.	Nilai Pemuliaan	Peringkat
1	S-39782	1304,94	1
2	S-30662	1029,04	2
3	S-36933	810,58	3
4	30289	725,16	4
5	S-672195 NZ	599,40	5

Pada Tabel 5, terlihat bahwa pejantan dengan nomor registrasi S-39782 mempunyai nilai pemuliaan sebesar 1304,94 liter. Hal ini berarti bahwa pejantan tersebut mempunyai kemampuan genetik yang dapat diturunkan pada keturunannya sebesar setengah dari 1304,94 liter di atas rataan populasinya.

Pejantan yang digunakan di BBPTU-HPT Baturraden berasal dari dalam negeri maupun impor yang bertujuan untuk mengurangi efek silang dalam (inbreeding) yang dapat mempengaruhi performans dari produksi susu. Hal ini sesuai dengan pendapat Noor (2010) menyatakan bahwa inbreeding dapat mengakibatkan meningkatnya derajat homozigositas dan menurunkan derajat heterozigositas. Didukung juga oleh pendapat Kurnianto (2009) menyatakan bahwa efek silang dalam dari sisi genetik dapat meningkatkan homosigositas yang ditunjukkan oleh meningkatnya frekuensi pasangan gen homosigot yang menyebabkan menurunnya heterosigositas.

Pada penelitian ini, digunakan pejantan sebanyak 33 ekor dengan induk sebanyak 177 ekor. Pada Tabel 9 di atas menunjukkan bahwa 15% pejantan terbaik di BBPTU-HPT Baturraden memiliki nilai pemuliaan berkisar antara 1304,94-599,40 liter. Hasil penelitian ini lebih tinggi dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Wahyuni (2012) yang memperoleh nilai pemuliaan pejantan berkisar antara 219,86-164,24 liter. Pejantan yang memiliki nilai pemuliaan yang tinggi sebaiknya digunakan sebagai pejantan pada generasi selanjutnya dengan mempertimbangkan silsilah dari betina yang akan dikawinkan untuk mencegah *inbreeding* yang akan menyebabkan penurunan produksi susu.

Kecenderungan genetik

Dari hasil analisis data pada nilai pemuliaan produksi susu per tahun maka data Tahun 2009-2013 selanjutnya digunakan untuk mengetahui kecenderungan genetik dalam bentuk grafik pada Tabel 6 berikut

Tabel 6. Data nilai pemuliaan Produksi Susu

No. Urut	Tahun	Rataan Nilai Pemuliaan
1	2009	-517,64
2	2010	138,56
3	2011	301,38
4	2012	-14,52
5	2013	116,74

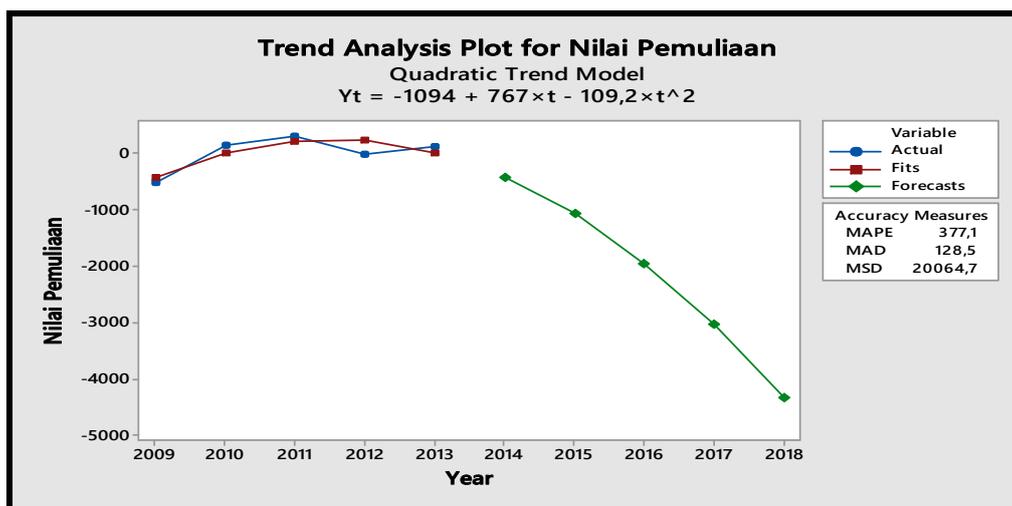
Pada Tabel 6, terlihat bahwa rataan nilai pemuliaan untuk grafik kecenderungan genetik berbeda-beda setiap tahun. Adapun model yang dapat dianalisis berdasarkan data di atas adalah model linear dan kuadratik, sedangkan untuk model lainnya (model eksponensial dan kurva S) tidak dapat dianalisis karena terdapat data yang bernilai negatif.

Dalam penentuan model kecenderungan yang cocok dengan melihat nilai MAPE (*mean absolute percentage error*), MAD (*mean absolute deviation*) dan MSD (*mean squared deviation*). Nilai masing-masing komponen dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai MAPE, MAD dan MSD dari masing-masing model kecenderungan genetik

No. Urut	MODEL	MAPE	MAD	MSD
1	Kuadratik	377,1	128,5	20064,7
2	Linear	266,1	216,7	53445,2

Dalam menentukan model kecenderungan yang cocok digunakan adalah dengan membandingkan nilai dari 3 komponen di atas. Nilai komponen yang lebih kecil menunjukkan bahwa model kecenderungan tersebut cocok untuk digunakan. Berdasarkan Tabel 11 di atas, model kecenderungan kuadratik di nilai cocok digunakan untuk analisis nilai pemuliaan dilihat dari 2 komponen yang bernilai lebih kecil yaitu MAD sebesar 128,5 dan MSD sebesar 20064,7 dibandingkan model kecenderungan linear. Bentuk grafik untuk model kuadratik disajikan pada gambar 1.



Gambar 1 : Kecenderungan model kuadratik produksi susu sapi FH

Kesimpulan dan Saran

Nilai pemuliaan tertinggi pada induk dengan 1 catatan terdapat pada individu dengan nomor registrasi 1886-07 sebesar 1842,53 liter; 2 catatan dengan nomor registrasi 0284-07 sebesar 2173,89 liter; 3 catatan dengan nomor registrasi 1874-07ET sebesar 956,72 liter sedangkan 4 catatan dengan nomor registrasi 133 sebesar 27,16 liter. Nilai pemuliaan untuk pejantan tertinggi dengan nomor registrasi S-39782 sebesar 1304,94 liter. Model kecenderungan yang cocok digunakan untuk analisis nilai pemuliaan adalah model kuadratik.

Daftar Pustaka

- Becker, W.A. 1985. Manual of Quantitative Genetics. Published by Academic Enterprises. Pullman Washington.
- Dalton, D. C. 1981. An Introduction to Practical Animal Breeding. The English Language Book Society and Granada. London.
- Falconer, D.S. 1981. Introduction to Quantitative Genetic. 2nd ed. Longman Group Limited. London and New York.
- Gushairiyanto, 1994. Parameter Genetik Produksi Susu dan Reproduksi, Evaluasi Nilai Pemuliaan Pejantan serta Induk Sapi Perah Fries Holland di beberapa Peternakan. Tesis. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hardjosubroto, W. 1994. Pemuliaan Ternak di Lapangan. Penerbit PT. Grasindo. Jakarta.
- Indrijani, H. 2008. Penggunaan Catatan Test Day untuk Mengevaluasi Mutu Genetik Sapi Perah. Tesis. Program Pascasarjana IPB. Bogor.
- Karnaen dan Arifin, J. 2006. Korelasi Nilai Pemuliaan Produksi Susu Sapi Perah Berdasarkan Test Day Laktasi 1, Laktasi 2, Laktasi 3 dengan Gabungannya. Universitas Padjajaran. Bandung. J. Animal Production 11 (2) 135-142.
- Kurnianto, E. 2009. Pemuliaan Ternak. Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Noor, R.R. 2010. Genetika Ternak. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Saputra, A.H. 2010. Model Trend Analysis; Linier, Kuadrat, Eksponensial dan S-kurva. arsyil.blogspot.com/2010/model-trend-analysis-linier-kuadrat.html [18 Desember 2010].
- Wahyuni, E.S. 2012. Potensi Genetik Produksi Susu Sapi Friesian Holstein Betina di BBPTU Sapi Perah Baturraden, Purwokerto. Skripsi. Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor. Bogor.