

Keragaman Genetik Itik Magelang Berdasarkan Lebar Kalung Leher Melalui Analisis Protein Plasma Darah di Satuan Kerja Itik Unit Banyubiru Ambarawa

Genetics Diversity Based on White Feather Width of Neck Ring Magelang Ducks Through Blood Plasma Protein Analysis in Satuan Kerja Itik Unit Banyubiru Ambarawa

N. L. Maulani, Sutopo dan E. Kurnianto

Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro
Kampus drh. R. Soedjono Koesoemowardjojo Tembalang Semarang 50275
Email: nlmaulani@gmail.com

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the genetic diversity of Magelang ducks based on narrow and intermediate white feather width as the neck ring through the polymorphism blood protein analysis. The materials used in this research were blood plasma from 14 birds of white feather narrow neck ring Magelang ducks and 14 intermediate width of neck ring Magelang ducks. Polymorphism blood analysis birds consisted of locus Pre-Albumin (*Pa*), albumin (*Alb*), Ceruloplasmin (*Cp*), Transferrin (*Tf*), Post-Transferrin (*P-Tf*) and Amylase-I (*Amy-I*). Genotype obtained from electrophoresis were used for calculating gene frequency of genetic diversity a value were determined by using formula of individual heterozygosity (*h*), value the average heterozygosity (\overline{H}), genotypes each locus were tested by Chi-Square for decide equilibrium of Hardy-Weinberg. The research results showed that Pre-Albumin locus (*Pa*), Albumin (*Alb*), Ceruloplasmin (*Cp*), Transferin (*Tf*), Post-Transferin (*P-Tf*) and Amylase-I (*Amy-I*) in Magelang ducks were polymorphic. Transferin locus in narrow neck ring Magelang ducks and Post-transferin locus and Amylase-I intermediate neck ring Magelang ducks were not significant level ($P > 0.05$). It can be concluded that those loci were not in Hardy-Weinberg equilibrium.

Key words: Magelang Ducks, Polymorphism, Electrophoresis

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keragaman genetik itik Magelang berdasarkan lebar kalung leher yang berbeda melalui analisis protein plasma darah. Sampel yang digunakan adalah plasma darah 14 ekor itik Magelang kalung sempit dan 14 ekor itik Magelang kalung sedang. Analisis polimorfisme darah yang diamati meliputi lokus Pre-Albumin (*Pa*), Albumin (*Alb*), Ceruloplasmin (*Cp*), Transferrin (*Tf*), Post-Transferin (*P-Tf*) dan Amylase-I (*Amy-I*). Susunan gen hasil elektroforesis digunakan untuk menghitung frekuensi gen.

Ragam genetic ditentukan menggunakan rumus heterozigositas individual (*h*) dan rata-rata heterozigositas (\overline{H}). Pengujian keseimbangan Hardy-Weinberg dengan perhitungan *Chi Square*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Lokus Pre-Albumin (*Pa*), Albumin (*Alb*), Ceruloplasmin (*Cp*), Transferin (*Tf*), Post-Transferin (*P-Tf*) dan Amylase-I (*Amy-I*) pada itik Magelang bersifat polimorfik. Lokus Transferin itik Magelang kalung sempit dan lokus Post-Transferin serta Amylase-I pada itik Magelang kalung sedang memiliki hasil non-signifikan pada taraf pengujian 95% ($P > 0,05$). Hal ini dapat dimaknai bahwa lokus tersebut tidak berada pada kondisi keseimbangan hukum Hardy-Weinberg.

Kata kunci: Itik Magelang, Polimorfisme, Elektroforesis.

PENDAHULUAN

Itik Magelang merupakan unggas air petelur unggulan Jawa Tengah yang berasal dari Magelang, Provinsi Jawa Tengah, dan dinyatakan sebagai plasma

nutfah yang perlu dibudidayakan. Itik Magelang mempunyai variasi warna pada bulunya, pada itik Magelang jantan dan betina terdapat warna bulu putih yang melingkar sempurna di sekitar leher selebar 1-2 cm, namun beberapa ada yang

lebih dari 5 cm dan berbentuk seperti kalung, sehingga dinamakan itik kalung. Menurut Rasyaf (2002) bahwa itik Magelang memiliki warna bulu dada, punggung dan paha didominasi oleh coklat tua dan muda, dengan ujung sayap berwarna putih, warna kaki hitam kecoklatan, sedangkan paruhnya berwarna hitam. Itik Magelang merupakan salah satu itik lokal petelur dengan produktivitas yang tinggi dan dapat berkembang dengan baik pada dataran sedang hingga tinggi (Windhyarti, 2002). Namun penelitian tersebut belum secara spesifik dilakukan penelitian pada tingkat itik Magelang berdasarkan lebar kalung. Informasi genetik dapat dilakukan melalui analisis elektroforesis serum darah meliputi lokus pre-albumin, albumin, ceruloplasmin, transferin, post-transferin dan amylase-I.

Analisis protein darah dengan menggunakan metode PAGE (*Polyacrylamide Gel Electrophoresis*) merupakan salah satu teknik yang sudah lama tetapi sering digunakan untuk mengidentifikasi enzim atau protein, yaitu metode yang memisahkan molekul kimia berdasarkan perbedaan ukuran, berat molekul, dan muatan listrik yang dikandung oleh makro molekul dengan menggunakan arus listrik.

Berdasarkan alasan tersebut maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai keragaman genetik itik Magelang untuk memperoleh sifat serta informasi genetik itik Magelang produksi telur tinggi menurut lebar kalung sempit dan sedang melalui metode elektroforesis.

MATERI DAN METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada peternakan rakyat di Satker itik Banyubiru, Ambarawa, Kabupaten Semarang. Proses analisis darah dilakukan di Laboratorium Biokimia Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dan Laboratorium Ilmu Pemuliaan dan

Reproduksi Ternak Universitas Diponegoro.

Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah 28 sampel darah itik Magelang yang telah diberi label sesuai dengan lebar kalungnya (14 sampel darah itik Magelang kalung sedang dan 14 sampel darah itik Magelang kalung sempit). Alat dan bahan yang digunakan adalah jarum suntik 5 ml, tabung EDTA warna ungu 10ml, *ice box* dan alat tulis. Peralatan elektroforesis yang digunakan meliputi sumber tenaga listrik model P-300 yang bertegangan maksimum 500 volt dan berkekuatan 250 mili Amphere, dua lempeng kaca pencetak gel elektroforesis, penjepit, sisir pembuat 8 sumur gel, 5 buah pipet Mohr 10 ml, tabung eppendorf, 2 buah gelas piala 100 ml, gelas ukur 1000 ml, sarung tangan plastik dan label.

Sampel darah diambil dalam periode bertelur itik Magelang dengan *disposable syringe* 5 ml melalui *vena brachialis*. Sampel darah dimasukkan dalam tabung EDTA warna ungu 10 ml yang telah diberi anti-koagulan sebelumnya kemudian diberi label sesuai dengan lebar kalung itik Magelang (kalung sedang atau kalung sempit). Sampel darah yang sudah terkumpul disimpan dalam *ice box*.

Plasma darah dipisahkan dari sel darah merah dengan sentrifuge selama 10 menit dengan kecepatan 3500 rpm pada suhu kamar. Plasma darah yang telah terpisah dimasukkan ke dalam tabung eppendorf dan disimpan dalam freezer pada suhu -20°C hingga siap dianalisis. Pola polimorfisme protein darah itik Magelang diidentifikasi dengan menggunakan metode elektroforesis gel akrilamid/ PAGE (*Polyacrilamide Gel Electrophoresis*). Tahapan pekerjaan yang dilakukan dalam proses elektroforesis meliputi:

a. Preparasi gel

Plate kaca yang akan digunakan dibersihkan dengan methanol lalu dikeringkan. Buat gradient gel 10% (10 ml gradient gel 10% + 6 µl TEMED + 50 µl APS), di masukkan kedalam plate yang telah dipersiapkan hingga batas garis atas dan bagian atas ditutup dengan butanol lalu didiamkan 30 menit hingga terjadi polimerisasi gel. Setelah gel terpolimerisasi butanol dibuang dan dibersihkan dengan aquades dan pasang sisir untuk preparasi sumuran (*well*). Persiapkan stacking gel (5 ml stacking gel 3% + 3 µl TEMED + 25 µl APS) dan tuangkan pada gradient gel 10% yang telah berpolimerisasi, kemudian diamkan selama 30 menit. Sisir yang terpasang lalu diangkat, kemudian gel dimasukkan dalam tangki elektroforesis yang telah berisi buffer elektroda. Masing-masing sampel dipipetkan kedalam sumur (*well*) yang telah tersedia sebanyak 25 µl. Hubungkan elektroforesis dengan power supply 125 volt/jam selama 2-3 jam. Setelah proses elektroforesis selesai, gel diambil dan ditempatkan pada cawan yang telah berisi Commisssie Blue 0,1% selama 1 jam. Gel dicuci/destaining gel dengan Methanol : Asam Asetat : H₂O = 50 : 10 :40.

b. Preparasi Sampel

Serum darah diambil sebanyak 20 µl dan diencerkan sebanyak 15x dengan aquades kemudian tambahkan buffer elektroda, direbus dalam air panas dengan suhu 100⁰C selama 3 menit. Sampel diambil sebanyak 25 µl untuk ditetaskan dalam sumur gel elektroforesis.

Analisis Data

1. Frekuensi gen

Frekuensi gen diamati dan dihitung masing-masing lokus *pre-albumin, albumin, ceruloplasmin, transferrin, post-transferin, amylase-1* dihitung dengan rumus Warwick *et al.* (1990):

$$F_{An} = \frac{\sum \text{Lokus } A_n}{\sum \text{Lokus } A_1 + \sum \text{Lokus } A_2 + \dots + \sum \text{Lokus } A_n} \dots (1)$$

Keterangan:

F_{An} = frekuensi gen A pada lokus ke-n

2. Ragam Genetik

Ragam genetik dihitung menggunakan rumus heterozigositas individu (h) dan Pendugaan nilai keragaman genetik ditentukan dengan menggunakan rumus rata-rata heterozogosititas (\bar{H}) menurut Nei (1987) :

$$h = 1 - \sum q_i^2 \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

h = heterozigositas individual

q_i = frekuensi gen ke-i

$$\bar{H} = \frac{\sum h}{r} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

\bar{H} = rata-rata heterozigositas

h = heterozigositas

r = jumlah lokus yang diamati

3. Chi square

a. Uji keseimbangan Hardy-Weinberg melalui uji Chi square dengan rumus Sugiyono (2003) adalah:

$$X^2 \text{ hit} = \sum \frac{(\text{Obs}-\text{Exp})^2}{\text{Exp}} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

$X^2 \text{ hit}$ = Chi square Hitung

Obs = Frekuensi Observasi

Exp = Frekuensi Ekspektasi (Frekuensi yang diharapkan)

b. Tingkat kepercayaan dalam penelitian sebesar 95% atau tingkat signifikansi sebesar 0,05%

HASIL DAN PEMBAHASAN

Frekuensi gen lokus pre-albumin itik Magelang kalung sempit dan sedang dapat dilihat pada Tabel 1. Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa bahwa itik Magelang kalung sempit dan sedang yang dipelihara di Satker itik Banyubiru Ambarawa, memiliki tiga alel dengan genotip homozigot ($Pa^1 Pa^1$; $Pa^2 Pa^2$ dan $Pa^3 Pa^3$) dan genotip heterozigot ($Pa^1 Pa^2$; $Pa^1 Pa^3$ dan $Pa^2 Pa^3$). Hasil penelitian yang dilakukan Suryana (2011) menunjukkan bahwa pada itik Alabio terdapat tiga tipe genotip pada pre-albumin yaitu tipe A, tipe B dan tipe C dengan frekuensi gen masing-masing 0,403; 0,236; dan 0,361. Dari hasil penelitian tersebut dapat dimaknai bahwa itik Magelang memiliki jumlah alel yang sama dengan itik Alabio, meskipun dengan penamaan alel yang berbeda ($Pa^A = Pa^1$; $Pa^B = Pa^2$; $Pa^C = Pa^3$). Penelitian yang dilakukan Azmi (2006) memperlihatkan bahwa pada lokus pre-albumin itik Talang Benih hanya memiliki dua lokus dengan penamaan alel Pa^1 dan Pa^2 .

Menurut Suryana (2011), banyaknya kelompok keragaman yang ditemukan dalam protein darah menunjukkan bahwa karakteristik individu pada setiap kelompok sangat bervariasi dengan sifat protein darah yang akan diwariskan dari generasi ke generasi. Protein yang diwariskan merupakan penampilan bentuk satu pita yang dapat ditemukan pada gel elektroforesis yakni apabila terbentuk satu pita berarti homozigot dan dua pita adalah heterozigot (Harris, 1994).

Genotip homozigot pada pre-albumin meliputi alel $Pa^1 Pa^1$, $Pa^2 Pa^2$ dan $Pa^3 Pa^3$ sedangkan genotip heterozigot adalah $Pa^1 Pa^2$, $Pa^1 Pa^3$ dan $Pa^2 Pa^3$. Pada ceruloplasmin, gen Cp^S pada itik Magelang kalung Sempit memiliki nilai frekuensi sebesar 0,642 dan gen Cp^F pada itik Magelang kalung sedang memiliki frekuensi gen sebesar 0,678. Penelitian yang dilakukan Abubakar *et al.* (2014) memperlihatkan bahwa pada ayam kedu, ayam lurik, dan ayam lignan ditemukan 2

alel ceruloplasmin yaitu Cp^F dan Cp^S dengan jumlah frekuensi genetik yang bervariasi tiap bangsa ternak. Perbedaan jumlah frekuensi gen dapat disebabkan oleh faktor seleksi, mutasi, perbedaan secara mendadak dari jumlah frekuensi genetik itu sendiri serta adanya *in-breeding* dan *out-breeding* (Noor, 2000).

Frekuensi gen tertinggi pada itik Magelang kalung sempit Tf^B sebesar 0,571 sedangkan pada itik Magelang kalung sempit Tf^C memiliki frekuensi gen sebesar 0,571. Hasil penelitian Azmi (2006) menunjukkan bahwa hasil elektroforesis serum darah itik Talang Benih ditemukan adanya dua pita alel yaitu Tf^B dan Tf^C dengan adanya variasi heterozigot Tf^{BC} . Penelitian lain yang dilakukan Wahyuni (2004) memperlihatkan bahwa pada itik Talang Benih frekuensi gen Tf^B lebih besar, dengan demikian gen Tf^B dapat dijadikan penciri genetik itik Talang Benih sedangkan gen yang lain digunakan sebagai penciri derajat aliran gen lain kedalam populasi itik Talang Benih. Itik memiliki alel post-transferrin A dan B. Hasil penelitian Sariat *al.* (2011) memperlihatkan bahwa pada itik Pegangan lokus *post transferin-1* ditemukan adanya 2 (dua) pita alel yaitu A ($Ptf-1^{AA}$) dan B ($Ptf-1^{BB}$) sedangkan menurut Azmi (2006), bahwa pada itik Talang Benih tidak diketemukannya alel A pada lokus *post transferin-1* dan *post transferrin-2*. Menurut Lestari (2002), perbedaan asam amino penyusun molekul protein, menyebabkan perbedaan besar muatan dan kecepatan gerak pada suatu medan listrik, sehingga pita protein pada gel membentuk pola tertentu dengan susunan gen yang bervariasi.

Genotip $Amy-I^C$ pada itik Magelang kalung sempit memiliki pergerakan ke kutub positif lebih cepat dari $Amy-I^B$ sebesar 0,678. Gen $Amy-I^C$ pada itik Magelang kalung sedang memiliki pergerakan ke kutub positif sebesar 0,714. Abubakar *et al.* (2014) menyatakan pada ternak unggas yang lain seperti ayam kedu, ayam lurik,

dan ayam lignan ditemukan dua alel Amylase-I yaitu *Amy-I^B* dan *Amy-I^C* dengan jumlah frekuensi genetik tertinggi pada gen *Amy-I^C*. Menurut Noor (2000),

perbedaan jumlah frekuensi gen dapat disebabkan oleh faktor seleksi, mutasi, dan perbedaan secara mendadak dari jumlah frekuensi genetik itu sendiri

Tabel 1. Frekuensi gen itik Magelang kalung sempit dan sedang.

Genotip	Populasi		
	Leher Sempit	Leher Sedang	Itik Magelang*
Pre-albumin (<i>Pa</i>)			
Pa ¹	0,269	0,428	0,351
Pa ²	0,384	0,535	0,462
Pa ³	0,346	0,035	0,185
Albumin (<i>Alb</i>)			
Alb ^A	0,642	0,357	0,589
Alb ^B	0,535	0,464	0,410
Ceruloplasmin (<i>Cp</i>)			
Cp ^F	0,357	0,678	0,517
Cp ^S	0,642	0,321	0,482
Transferrin (<i>Tf</i>)			
Tf ^B	0,571	0,428	0,500
Tf ^C	0,428	0,571	0,500
Post-transferrin (<i>P-Tf</i>)			
P-tf ^A	0,700	0,272	0,476
P-tf ^B	0,300	0,727	0,523
Amylase-I (<i>Amy-I</i>)			
Amy-I ^B	0,678	0,285	0,482
Amy-I ^C	0,321	0,714	0,517

*Penggabungan itik Magelang kalung sempit dan kalung sedang

Hetrozigositas itik Magelang

Heterozigositas itik Magelang dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel 2 memperlihatkan bahwa nilai heterozigositas individu itik Magelang kalung sempit berkisar 0,420-0,660 dengan nilai tertinggi 0,660 pada lokus pre-albumin, sedangkan nilai heterozigositas individu pada itik Magelang kalung sedang berkisar 0,128-0,836 dengan nilai terendah pada lokus ceruloplasmin sebesar 0,128. Rataan heterozigositas itik Magelang kalung sempit adalah 0,488 dan itik Magelang kalung sedang adalah 0,588.

Pendugaan nilai heterozigositas memiliki arti penting untuk diketahui, yaitu untuk mendapatkan gambaran variabilitas genetik pada setiap individu

(Marson *et al.*, 2005). Menurut Winaya (2010) populasi yang memiliki nilai heterozigositas lebih besar 50% menunjukkan bahwa keragaman genetiknya cukup tinggi. Menurut Ardinarsasi *et al.* (1997), perbedaan heterozigositas pada suatu populasi disebabkan oleh perbedaan jenis ternak itu sendiri. Dinyatakan Sari *et al.* (2011), bahwa nilai heterozigositas dipengaruhi oleh jumlah sampel, jumlah alel dan frekuensi alel. Menurut Baker dan Manwell (1986), faktor tingginya heterozigositas dipengaruhi oleh overdominan (heterosis positif), perbedaan frekuensi gen antara jantan dan betina, serta perkawinan yang tidak terpilih (*assortative mating*).

Tabel 2. Heterozigositas Individu dan Rataan Heterozigositas lebar kalung itik Magelang

Lokus	Heterozigositas Individu	
	Sempit	Sedang
Pre-albumin	0,660	0,529
Albumin	0,460	0,586
Ceruloplasmin	0,460	0,128
Transferin	0,490	0,633
Post-transferin	0,420	0,836
Amylase-I	0,437	0,815
\bar{H}	0,488	0,588

Perhitungan Chi Square

Perhitungan chi square banyak digunakan untuk menilai keseimbangan Hardy-Weinberg dalam sampel acak yang tidak terkait individu (Graffelman, 2010). Hukum Hardy-Weinberg menggambarkan keseimbangan suatu lokus dalam populasi diploid yang mengalami perkawinan secara acak yang bebas dari faktor yang berpengaruh terhadap terjadinya proses evolusi seperti mutasi, migrasi, dan pergeseran genetic (Gillespie, 1998). Perhitungan chi square itik Magelang kalung sempit dan sedang dengan taraf signifikansi 95% (0,05) dapat dilihat pada Tabel 4.

Pada Tabel 4 pada itik Magelang kalung sempit lokus transferin dan itik Magelang kalung sedang pada lokus post-transferrin serta amylase-I memiliki hasil chi square hitung non- signifikan pada taraf 95% ($P > 0,05$), yang artinya hasil

tersebut tidak berada dalam kondisi keseimbangan Hardy – Weirnberg. Menurut Allendorf and Luikart (2007) suatu populasi dinyatakan dalam keseimbangan Hardy-Weinberg jika frekuensi genotipe (p^2 , $2pq$, dan q^2) dan frekuensi alel (p dan q) konstan dari generasi ke generasi akibat penggabungan gamet yang terjadi secara acak. Pendapat Noor (2000), bahwa populasi yang cukup besar tidak akan berubah dari satu generasi ke generasi lainnya jika tidak ada seleksi, migrasi, mutasi, *founder* dan *genetic drift*. Pengaturan sistem perkawinan dengan menggunakan pejantan acak itik Magelang serta seleksi itik Magelang kalung sedang dan sempit berpengaruh untuk merubah susunan genotip itik Magelang kalung sempit lokus transferin dan itik Magelang kalung sedang pada lokus post-transferrin serta amylase-I.

Tabel 4. Perhitungan Chi square Itik Magelang

Lokus	Kalung Sempit	Signifikasi 95%	Kalung Sedang	Signifikasi 95%
Pre-albumin	9,997	signifikan	0,968	signifikan
Albumin	2,001	signifikan	2,001	signifikan
Ceruloplasmin	0,062	signifikan	0,461	signifikan
Transferin	14,030	non-signifikan	2,435	signifikan
Post-transferin	2,744	signifikan	11,045	non-signifikan
Amylase-I	0,461	signifikan	14,053	non-signifikan

Hukum Hardy-Weinberg juga akan berlaku apabila pembelahan sel kelamin (meiosis) terjadi secara merata,

tidak ada materi genetik baru dalam suatu populasi, terjadi perkawinan acak, populasi tak terbatas, jumlah pasangan memiliki

jumlah keturunan yang sama dan semua genotip bertahan dengan probabilitas yang sama (Holsinger, 2001). Keseimbangan Hardy-Weinberg berlaku apabila semua asumsi hukum tersebut terpenuhi dan jika suatu genotip tidak berada pada keseimbangan Hardy-Weinberg, maka salah satu hukum tersebut tidak terpenuhi (Rodriguez, 2013).

KESIMPULAN

Hasil analisis elektroforesis plasma darah itik Magelang kalung sempit dan sedang di Satker itik Banyubiru Ambarawa, ditemukan keragaman genetik pada populasi tersebut. Pada lokus transferin itik Magelang kalung sempit dan itik Magelang kalung sedang lokus post-transferin serta amylase-I tidak berada dalam kondisi keseimbangan Hardy – Weinberg.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, E. Suprijatna, dan Sutopo. 2014. Genotype distribution of local chicken crossbred in poultry breeding centre Temanggung Central Java. *International Refereed Journal of Engineering and Science (IRJES)*.3: 01-14
- Allendorf, F.W. and G. Luikart. 2007. *Conservation and the Genetics of Populations*. Blackwell Publishing. USA.
- Ardiningsasi, S. M., U. Atmomarsono., W. Sarengat dan E. Suprijatna. 1997. *Studi Tentang Pembentukan Galur Ayam Kampung Niaga*. Universitas Diponegoro. (Laporan Hasil Penelitian)
- Azmi, Gunawan.dan S. Edward. 2006. *Karakteristik Morfologis dan Genetik Itik Talang Benih di Bengkulu*. Seminar Nasional Peternakan dan Veteriner. Prosiding seminar nasional teknologi peternakan dan veteriner.Balai Penelitian Ternak. Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.2(1): 716-722.
- Baker, C.M.A.and Manwell, C. 1986. *Population Genetics, Molecular Marker and Gene Conservation of Bovine Breeds*. In : Neimann and Hickman (Ed) .World Animal Science. Elsevier Health Sciences, London.
- Gillespie, J.H. 1998. *Population Genetics, A Concies Guide*. The Johns Hopkins University Press. London.
- Graffleman, H. 2010. *The Number of Markers in the HapMap Project: Some Notes on Chi-Square and Exact Tests for Hardy-Weinberg Equilibrium*. *The American Journal of Human Genetics* 86: 813–823
- Harris M. 1994. *Dasar-Dasar Genetika Manusia*. 3rd ed. Yogyakarta. Gadjah Mada University Press.
- Holsinger, K.E. 2001. *Encyclopedia of Genetics*. Academic Press. 2: 912-914.
- Ismoyowati. 2008. *Kajian deteksi produksi itik Tegal melalui polimorfisme protein darah*. *J.Animal Production*.10(2): 122 – 128.
- Lestari. 2002. *Pengkajian polimorfisme protein plasma darah ayam kampung dan ayam ras menggunakan analisis polyacrilamide gel electrophoresis (PAGE)*. *J. Anim. Sci. Tech*. 1 (1):18-25
- Marson, E.P., J.B.S. Ferraz, F.V. Meirelles, J.C.D.C. Balieiro, J.P.Eler, L.G.G.Figueiredo and G.B. Mourau. 2005. *Genetic characterization of European Zebu composite bivine using RFLP markers*. *Genet.Mol.Res.* (4):496-505.
- Nei, M. 1987. *Molecular Evolutionary Genetics*. Colombia University press, New York.
- Noor, R. R. 2000. *Genetika Ternak*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Noor, T,C. Sumantri dan Adiani. 2011. *Jarak Genetik Populasi Kuda Lokal Sulawesi Utara Berdasarkan Analisis Morfologi*.*J. Ilmu Sains*. 11 (1).

- Rasyaf, I.P. 2002. Formulasi, Pemberian dan Evaluasi Pakan Unggas. Forum Komunikasi Hasil Penelitian Bidang Peternakan. Yogyakarta.
- Rodriguez, S. 2014. Hardy-Weirnberg Law. Brenner's Encylopedia of Genetics 2nd Edition. (3): 396-398
- Sari, M. Liana.,R.R. Noor., Peni S. Hardjosworo., dan Chairun Nisa. 2011. Polimorfisme Protein Darah Itik Pegagan dengan Metode PAGE. J. Agripet. 11 (2): 56-60
- Sharp, P. 2004. The molecular basis of copper and iron interactions. Proc. Nutr. Soc. 63(4): 563-9
- Sugiyono. 2003, Statistika untuk Penelitian, Cetakan Kelima, CV Alpha Betha, Bandung.
- Suryana. 2011. Karakterisasi Fenotipik dan Genetik Itik Alabio (*Anas platyrhynchos Borneo*) di Kalimantan Selatan Dalam Rangka Pemanfaatan dan Pelestarian Secara Berkelanjutan. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. (Disertasi)
- Toha, A.H.A. 2001. Deoxyribo Nucleic Acid: Rekayasa, Keanekaragaman dan Efek Pemanfaatannya. Penerbit Alfabeta, Bandung.
- Wahyuni, A dan P.S. Hardjosworo. 2004. Kajian Karakteristik Biologis Itik Cihateup dari Kabupaten Tasikmalaya dan Garut. Seminar Nasional Peternakan dan Veteriner. Prosiding seminar nasional teknologi peternakan dan veteriner. Balai Penelitian Ternak. Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.9(1): 795-803.
- Warwick, E. J., J. M. Astuti dan W. Hardjosoebroto.1990. Pemuliaan Ternak. Edisi ke-4. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Windharyati, S. 2002. Pengaruh Imbangan Asam Amino Dengan Energi Metabolisme Dalam Ransum Terhadap Performa Itik Mojosari. Fakultas Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. (Tesis).
- Winaya, A. 2010. Variasi Genetik dan Hubungan Filogenik Populasi Sapi Lokal Di Indonesia Berdasarkan Molekuler DNA Mikrosatelit Kromosom Y dan Gen Cytochrome b. Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. (Disertasi).