

## **Pengaruh Pemberian Omega-3, Omega-6, dan Kolesterol Sintetis terhadap Kualitas Reproduksi Burung Puyuh Jantan**

**(Omega-3, Omega-6 and Synthetic Cholesterol Effect towards Male Quail Reproduction Quality)**

**Wiwi Isnaeni <sup>1)</sup>, Abyadul Fitriyah <sup>2)</sup>, dan Ning Setiati<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup>Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Negeri Semarang  
Jalan Raya Sekaran Gunungpati Semarang 50229  
e-mail: wi2isna@yahoo.co.id

<sup>2)</sup>Jurusan Reproduksi Ternak Fakultas Peternakan Universitas Nahdlatul Wathan Mataram  
Jalan Kaktus 1-3 Mataram, Lombok  
e-mail: fitry\_amin@yahoo.com

### **Abstract**

The aims of this research were to study the effect of using the omega-3 (O-3), omega-6 (O-6), and synthetic cholesterol (Ch) on the reproductive quality of the male quails. Samples of this research were 35 of 4 weeks old male quails with 60 to 98 g of weight. The samples were grouped randomly into 7 groups, that are R-0 (control-group), R-1 (0,163 mg O-3/100 g body weight), R-2 (0,326 mg O-3/100 g bw), R-3 (0,163 mg O-6/100 gbw), R-4 (0,326 mg O6/100 g bw), R-5 (20 mg Ch/100 g bw), and R-6 (40 mg Ch/100 g bw). The treatment was given per oral in three periods with 5 days of each. there was a week intervening between periods. During the research, samples were gifted rations a basalic-woof (basalic-feed) for twice/day, at 7:00 and 16:00 o'clock. the amount of basalic-woof were 20 g of feed/100 g body weight/day. Water administered in an *ad libitum* manner. This research was implemented during 8 weeks. The variables were the level of testosterone, blood qualities, voice-qualities, color brightness of chest fur, and testis size. The voice quality data were analyzed by one-way ANOVA continued by orthogonal contrast test. The other data were analyzed by descriptive statistic. The result of this research confirmed that synthetic omega-3 and omega-6 (0,326 mg/100 g bw) and synthetic cholesterol (20 mg/100 g bw) could increase the reproductive quality of the male quails.

**Key words** : synthetic cholesterol, synthetic omega-3, synthetic omega-6, reproductive quality

### **Pendahuluan**

Burung puyuh dapat ditemukan di hampir seluruh bagian dunia, hidupnya kebanyakan masih liar dan hanya sebagian kecil yang sudah dibudi dayakan (Nugroho & Mayun 1981). Untuk budi daya puyuh perlu dilakukan

*breeding*. Untuk *breeding* dibutuhkan berbagai hal, antara lain ketersediaan bahan pakan dengan khasiat yang tepat serta bibit puyuh jantan yang berkualitas. Persoalannya, bibit burung puyuh jantan yang dibutuhkan untuk keperluan *breeding* tersebut (khususnya puyuh

strain *Coturnix-coturnix japonic*), hingga saat ini masih harus diimpor dari Taiwan, Hongkong, atau Jepang. Proses import puyuh tentu membutuhkan dana yang tidak sedikit, sekaligus menimbulkan ketergantungan yang tinggi terhadap negara lain. Salah satu solusi penting yang perlu dipertimbangkan ialah segera melakukan upaya pengembangan bibit puyuh jantan unggul secara mandiri.

Perkembangan alat reproduksi puyuh (dan ternak lain pada umumnya) sangat tergantung pada ketersediaan dan konsumsi pakan, yang akan mempengaruhi semua aktivitas produksi dan reproduksi. Kekurangan pakan dapat berakibat fatal bagi ternak, karena dapat menyebabkan kematian embrio, gangguan alat reproduksi, keterlambatan pendewasaan kelamin, dan menurunnya jumlah spermatozoa yang dihasilkan (Lake 1983). Oleh karena itu, ketersediaan bahan pakan yang mendukung perkembangan alat reproduksi ternak jantan selama proses *breeding* merupakan hal yang harus dipenuhi. Selain ketersediaan pakan, upaya *breeding* juga menuntut ketersediaan bibit puyuh jantan berkualitas, yaitu yang memiliki kualitas produksi maupun reproduksi yang tinggi. Sayangnya belum ada pabrik pakan ternak yang memproduksi pakan unggas dengan menerapkan prinsip dasar fisiologi reproduksi unggas, misalnya dengan mempertimbangkan perbedaan kebutuhan pakan antara unggas jantan dan betina. Dalam budi daya unggas jantan untuk tujuan pembibitan, mempertimbangkan perbedaan kebutuhan pakan seperti yang dimaksud, merupakan hal yang perlu dilakukan.

Produktivitas puyuh jantan dapat diketahui dari performan reproduksinya, antara lain dari kualitas suara, kecemerlangan warna bulu dada, kadar hormon testosteron dalam darah, dan dari kualitas spermatozoanya (Anonim 2006a). Kadar hormon testosteron yang meningkat dapat mempengaruhi tanda-tanda berahi, sehingga burung puyuh jantan berkicau lebih sering dengan suara lebih merdu, mendekati puyuh betina dengan

frekuensi lebih tinggi, dan warna bulu semakin mengkilat. Semua faktor tersebut dapat mempengaruhi perkembangan dan jumlah folikel serta berahi paya burung puyuh betina.

Catchpole dan Slater (1995) menyatakan bahwa emisi suara (nyanyian) burung dikontrol oleh kadar hormon testosteron yang tinggi. Testosteron merupakan salah satu anggota kelompok hormon steroid dan merupakan hormon terpenting dalam perkembangan organ reproduksi (perkembangan seksual) hewan jantan (Hardjosubroto & Astuti 1993, Nalbandov 1990). Testosteron berfungsi dalam proses spermatogenesis, juga mampu memperpanjang daya hidup spermatozoa di dalam epididymis, mempengaruhi perkembangan alat reproduksi luar, dan memelihara perkembangan alat kelamin sekunder pada hewan jantan. Perubahan warna bulu dada pada puyuh jantan menjadi berwarna coklat kemerahan dimulai pada umur 3 minggu (Hartono 2004). Perubahan ini berlangsung terus sampai pada keadaan tertentu, yaitu keadaan yang bisa menjadi petunjuk bahwa puyuh jantan tersebut telah dewasa kelamin. Yang dimaksud dengan bulu dada puyuh jantan ialah bulu dari pangkal paruh sampai dadanya.

Mengacu kepada uraian tersebut dapat dikemukakan bahwa kadar testosteron yang tinggi merupakan tanda berahi yang terpenting pada hewan (puyuh) jantan, karena hal itu juga akan mendorong munculnya tanda berahi lainnya seperti suara burung yang merdu dan warna bulu dada yang cemerlang. Tanda berahi dapat digunakan sebagai indikator kualitas reproduksi burung (puyuh) jantan yang dapat diobservasi secara langsung.

Dalam biosintesis hormon testosteron dan hormon androgen pada umumnya, diperlukan prekursor hormon berupa kolesterol. Kolesterol dan asam lemak esensial seperti omega-3 dan omega-6 berfungsi sebagai prekursor hormon testosteron (Harper *et al.* 1979, Tranggono 2001, Linder 1985, Muryanti 2005). Contoh bahan sumber asam lemak esensial adalah bahan yang mengandung omega-3 dan omega-6 (Estiasih 1996, Clarke

*et al.* 1977). Asam lemak ini merupakan asam lemak tidak jenuh, dan banyak dikandung dalam tepung serta minyak ikan dari ikan yang hidup pada perairan dalam (Anonim 2005). Di dalam tubuh, asam lemak tidak jenuh (misalnya omega-3/asam linoleat) akan dimetabolisasi melalui proses oksidasi beta menjadi linoleoil Ko-A, yang akan diproses lebih lanjut menjadi asetik Ko-A (Martin *et al.* 1987), dan akhirnya akan diubah menjadi kolesterol (Murray *et al.* 2009).

Beberapa jenis asam lemak omega-3 (Anonim 1996), antara lain asam linolenat (18:3;9,12,15) atau *all-cis* 9,12,15 *octadecatrienoic acid*., asam *timnodonat* (20:5;5,8,11,14,17) atau *all-cis* 5,8,11,14,17-*eicosapentaenoic acid* (EPA), asam *klupanodonat* (22:5;7,10,13,16,19) atau *all-cis* 7,10,13,16,19-*decosapentaenoic acid*, dan asam *servonat* (22:6;4,7,10,13,16,19), atau *all-cis* 4,7,10,13,16,19-*decosahexaenoic acid* (DHA). Beberapa jenis asam lemak yang mengandung omega-6 (Anonim 2006b) antara lain linoleic acid (18:2n-6) atau 9,12-*octadecadienoic acid*, gamma-linolenic acid (18:3n-6) atau 6,9,12-*octadecatrienoic acid*, eicosadienoic acid (20:2n-6) atau 11,14-*eicosadienoic acid*, dihomogamma-linolenic acid (20:3n-6) atau 8,11,14-*eicosatrienoic acid*, arachidonic acid (20:4n-6) atau 5,8,11,14-*eicosatetraenoic acid*, docosadienoic acid (22:2n-6) atau 13,16-*docosadienoic acid*, adrenic acid (22:4n-6) atau 7,10,13,16-*docosatetraenoic acid*, dan docosapentaenoic acid (22:5n-6) atau 4,7,10,13,16-*docosapentaenoic acid*.

Hormon testosteron disintesis dari kolesterol, dan prosesnya berlangsung dalam sel *Leydig* dan kelenjar adrenal (Austin dan Short 1979). Kelenjar adrenal memperoleh pasokan kolesterol dari darah yang diangkut dalam bentuk HDL (*high density lipoprotein*). HDL merupakan salah satu komponen plasma darah yang akan memberikan kolesterol. Bila kolesterol yang diambil dari darah meningkat, maka sintesis kolesterol pada kelenjar adrenal di hambat, demikian juga

jika sebaliknya. Apabila kolesterol tidak segera digunakan untuk sintesis testosteron dan steroid lainnya, maka kolesterol disimpan dalam kelenjar adrenal sebagai ester kolesterol, dan akan digunakan untuk sintesis testosteron melalui kerja *Adenosin Mono Pospat siklik* (AMP siklik). Pengambilan kolesterol dari HDL dipacu oleh hormon *Interstitial Cell Stimulating Hormone* (ICSH). Jadi, fungsi utama ICSH adalah menstimulir sel-sel *Leydig* pada testis untuk menghasilkan hormon testosteron (Hardjosubroto dan Astuti, 1993).

ICSH merangsang sel *Leydig* melalui peningkatan AMP siklik (Ganong 1996). AMP siklik meningkatkan pembentukan kolesterol dari ester kolesterol dan melalui pengaktifan protein kinase, dengan mengubahnya menjadi *pregnenolon*, yang selanjutnya oleh enzim *3 $\beta$  dehidrogenase* dan *17 $\pm$  hidroksilase* diubah menjadi *androstenedion*, yang akhirnya dikonversi menjadi testosteron.

Asam lemak esensial terdapat dalam konsentrasi tinggi pada organ-organ reproduksi, dan berperan sebagai prekursor pembentukan kolesterol (Harper *et al.* 1979, Tranggono 2001). Kekurangan asam linoleat (omega-6) pada tikus akan menyebabkan kemampuan reproduksi menurun, daya tahan terhadap stress menurun, dan gangguan transpor lipid. Asam linoleat dapat diubah menjadi asam lemak tidak jenuh lainnya, terutama asam linolenat (C18:3) dan (C20:4) arakhidonat (Harper *et al.* 1979). Hal tersebut sesuai dengan penemuan Surai *et al.* (2000), bahwa penambahan minyak *Arasco* yang banyak mengandung asam lemak omega-6 (*arachionat*/20:4n-6) pada ayam ternyata dapat meningkatkan kandungan asam-asam lemak pada testis, terutama DHA (22:4n-6) dan EPA (20:5n-3), juga meningkatkan berat testis, serta meningkatkan massa testis jumlah sperma. Peningkatan massa/bobot testis tersebut dikarenakan adanya peningkatan proses spermatogenesis.

Peningkatan hormon testosteron pada ayam selaras dengan peningkatan berat testis, yang mulai mengalami peningkatan

pada umur 20 minggu dan mencapai berat maksimal pada umur sekitar 30 sampai 34 minggu (Cecil dan Baks 1990). Ditinjau dari segi struktur histologisnya, testis tersusun atas *tubulus seminiferus* yang dibatasi oleh jaringan *tunica proparia* (Yuwanta 1993). *Tubulus seminiferus* menyusun 90% dari massa testis, dan struktur histologi *tubulus seminiferus* akan berubah cepat sesuai dengan perkembangan umur (Nalbandov 1990). Memperhatikan uraian di atas, maka jelas bahwa asam lemak terutama asam lemak tidak jenuh seperti omega merupakan bahan yang penting untuk mendukung spermatogenesis dan meningkatkan kualitas reproduksi hewan pada umumnya.

Unggas biasa mengkonsumsi biji yang berminyak yang kaya asam lemak linoleat (omega-6), sehingga unggas yang menerima makanan alam akan mendapat asam lemak esensial lebih dari cukup (Hardini 2002). Penambahan minyak ikan lemuru dan minyak sawit (yang banyak mengandung omega-3 dan omega-6) ternyata mampu meningkatkan kinerja dan reproduksi ayam kampung jantan secara bermakna, dengan cara meningkatkan kualitas dan kuantitas spermatozoa (Fitriyah 2004). Dalam penelitian tersebut, kualitas dan kuantitas spermatozoa dievaluasi menggunakan berbagai indikator, antara lain ukuran testis dan motilitas spermatozoa. Sayangnya, pengaruh pemberian bahan-bahan tersebut terhadap pola reproduksi burung puyuh jantan sampai saat ini belum terungkap.

Contoh bahan pakan yang diharapkan dapat mendukung peningkatan kualitas reproduksi hewan/burung adalah bahan yang mengandung prekursor hormon steroid/testosteron, yaitu kolesterol, dan omega-3, serta omega-6. Bahan-bahan tersebut dapat diberikan bersama pakan, dapat pula diberikan secara khusus (per oral) menggunakan alat *gavage*. Pemberian kolesterol, omega-3, dan omega-6 diduga mampu menjamin kelancaran biosintesis dan ketersediaan testosteron dalam tubuh hewan jantan (burung puyuh), yang selanjutnya akan meningkatkan kualitas

reproduksinya secara keseluruhan. Berdasar kepada hal-hal tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk menguji efek pemberian omega-3, omega-6, dan kolesterol (prekursor steroid) terhadap kualitas reproduksi puyuh jantan, dengan indikator kadar hormon testosteron, kualitas darah, kecemerlangan warna bulu dada, kualitas suara, dan ukuran testis. Penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk menemukan level prekursor steroid/testosteron (khususnya yang berasal dari sumber sintetis), yang mampu meningkatkan kualitas reproduksi burung puyuh jantan.

### Bahan dan Metode

Pada penelitian ini digunakan 35 ekor puyuh jantan umur empat minggu dengan berat badan antara 60 sampai 98 gram, yang dikelompokkan secara acak menjadi tujuh kelompok perlakuan, yaitu R0, R1, R2, R3, R4, R5, dan R6. Kelompok R-0 ditetapkan sebagai kelompok kontrol, sedangkan kelompok R1 hingga R6 ditetapkan sebagai kelompok perlakuan, yang masing-masing diperlakukan dengan omega-3 sebesar 0,163 mg/100 g berat badan (bb), omega-3 sebesar 0,326 mg/100 g bb, omega-6 sebesar 0,163 mg/100 g bb, omega-6 dosis 0,326 mg/100 g bb, kolesterol 20 mg/100 g bb, dan R6 diperlakukan dengan kolesterol sintetis 40 mg/per 100 g bb.

Bahan pakan pokok untuk puyuh yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari jagung kuning, tepung ikan, bekatul, bungkil kedelai, *meat bone meal*, premix dengan kadar protein kasar sekitar 20,5% dan kandungan energi metabolis 2600 kcal/kg, yang selanjutnya disebut sebagai bahan pakan basal. Susunan bahan pakan dan komposisi kimia bahan pakan dasar disajikan pada tabel 1 (NRC,1994). Pemberian pakan dilakukan pada pagi hari pukul 06:00 dan sore hari pukul 16:00 WIB sesuai kebutuhan masing-masing puyuh, yaitu sebanyak 20 g/hari. Air minum diberikan secara *ad libitum*.

Selain bahan pakan basal, dalam penelitian ini juga digunakan prekursor hormon steroid/testosteron dari bahan sintetis,

Tabel 1. Komposisi kimia bahan pakan yang digunakan pada penelitian ini.

Bahan Pakan	Komposisi (%)	PK (%)	LK (%)	SK (%)	Ca (%)	P (%)	EM (Kcal/kg)
Jagung kuning	56	5,64	2,05	1,18	0,11	0,07	1622,02
Bekatul	13	1,65	1,54	1,52	0,11	0,2	304,50
Bungkil kedelai	18	9,57	0,26	1,52	0,17	0,19	494,63
Meat bone meal	5,5	3,65	0,61	0,16	0,61	0,31	180,86
CaCO <sub>3</sub>	6	-	-	-	0,54	-	-
DL-metionin	0,30	-	-	-	-	-	-
L-Lysin	0,35	-	-	-	-	-	-
NaCl	0,22	-	-	-	-	-	-
Premix	0,55	-	-	-	-	-	-
Choline	0,08	-	-	-	-	-	-
Jumlah	100,00	20,51	4,46	4,38	1,54	0,77	2602,01

Keterangan: EM = Energi Metabolisme; (Sumber: NRC, 1994).

yaitu kolesterol sintetis, omega-3 sintetis, dan omega-6 sintetis. Dosis prekursor hormon testosteron yang digunakan pada penelitian ini didasarkan kepada rekomendasi WHO. Menurut rekomendasi WHO, ternak (sapi) dengan berat badan 400 kg membutuhkan asam lemak omega-3 dan omega-6 sebesar 650 mg/kg bb/hari serta 200 sampai 300 mg kolesterol/kg bb/hari. Dari proses konversi yang dilakukan dari sapi ke burung puyuh (dengan berat badan 100 g, melalui angka konversi) diperoleh dosis asam lemak omega untuk puyuh sebesar 0,163 mg. Sementara itu, dosis kolesterol untuk puyuh yang diperoleh ialah sebesar 20 mg kolesterol per hari (hasil konversi dengan cara penentuan yang sama seperti sebelumnya). Dalam penelitian ini digunakan 2 peringkat dosis, yaitu 0,163 mg dan 0,325 mg untuk asam lemak omega, serta 20 mg dan 40 mg untuk kolesterol, untuk tiap 100 gram berat badan puyuh.

Penelitian ini dilakukan selama 8 minggu, dan selama masa tersebut burung puyuh diberi ransum berupa pakan basal. Pemberian perlakuan kolesterol dan omega sintetis dilaksanakan secara per oral (menggunakan jarum *gavage*) pada tiga periode pemberian, masing-masing selama lima hari berturut-turut, diikuti dengan jeda waktu 7 hari. Pada tiap masa jeda antar periode

tersebut dilakukan pengamatan kualitas suara dan kecemerlangan bulu dada. Sedangkan pengamatan kadar testosteron, kualitas darah, dan ukuran testis dilakukan pada akhir penelitian, tepatnya pada hari ketujuh setelah pemberian perlakuan periode tiga.

Pengawasan terhadap pemeliharaan pejantan dan konsumsi pakan dilakukan selama 8 minggu terus-menerus di kandang dan Laboratorium Ternak Unggas Fakultas Peternakan UGM. Pengamatan bulu dada dilakukan sejak sebelum pemberian perlakuan (saat puyuh berumur empat minggu), dengan cara mengambil/mencabut bulu dada yang telah berwarna memerah, lalu bulu tersebut ditempelkan pada album photo dan diberi label. Hal ini dilakukan hingga akhir periode tiga. Selanjutnya, dilakukan perbandingan warna/kecemerlangan bulu dada antar kelompok perlakuan, dan memberikan nilai/skor dengan angka 1 sampai 5, mulai dari bulu yang paling kusam/gelap hingga bulu yang paling cemerlang/terang.

Pemeriksaan kualitas darah meliputi kadar kolesterol, *High Density Lipoprotein* (HDL), dan *Low Density Lipoprotein* (LDL) di analisis dengan metode CHOD-PAP. Pengukuran kadar kolesterol, HDL dan LDL dilakukan di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) UGM. Pengamatan

ukuran testis puyuh dilakukan dengan mengukur panjang, lingkar, dan berat testis. Perbandingan ukuran testis dilakukan di Laboratorium Histologi dan Embriologi Hewan Fakultas Biologi UGM.

Pengukuran kadar hormon testosteron dilakukan di Laboratorium Pramita Yogyakarta. Kadar hormon di ukur dengan teknik RIA (*Radio Immuno Assay*) teknik fase padat dengan menggunakan KIT Testosteron (*Diagnostic Product Corporation/DPC, Los Angeles CA*). Untuk keperluan ini, darah diambil melalui jantung menggunakan spuit sebanyak 1 ml, dan ditempatkan pada tabung ependrof (dibiarkan semalam), kemudian disentrifuge pada 5000 rpm selama 10 menit. Cairan bening yang terkumpul merupakan serum darah, kemudian dianalisis dengan metode RIA (*Radio Immuno Assay*) menggunakan KIT testosteron.

Pengamatan kualitas suara dimulai dengan merekam suara burung puyuh menggunakan 'MP3 player' (alat perekam). Hasil rekaman tersebut ditransfer ke komputer dan dianalisis menggunakan software Adobe Audition 1.5 untuk mengetahui kualitas 'kotek'/kokok pada burung puyuh, dan menggunakan software Raven 1.2.1 untuk mengetahui frekuensi dominan, frekuensi maksimum, jumlah puncak frekuensi, delta frekuensi dan delta time. Data kualitas suara dianalisis menggunakan RAL, dilanjutkan uji kontras orthogonal. Indikator kualitas suara meliputi durasi kotek (DK), frekuensi dominan (FD), frekuensi maksimum (FM), dan jumlah puncak frekuensi (JPK). Sedangkan data lainnya dianalisis secara deskriptif, dengan cara membandingkan nilai atau gambaran hasil amatan antara kelompok kontrol (R-0) dan kelompok perlakuan (R-1 hingga R-6).

## Hasil dan Pembahasan

### 1. Kualitas Suara

Hasil analisis kualitas suara disajikan pada Tabel 2. Dari data pada Tabel 2 dapat diketahui bahwa di antara indikator kualitas suara yang diteliti, ditemukan adanya indikator kualitas suara yang tidak terpengaruh sama

sekali, namun ada pula yang terpengaruh secara signifikan oleh perlakuan yang diberikan. Indikator kualitas suara yang tidak terpengaruh secara signifikan ialah jumlah suku kotek (JSK), durasi kotek tengah (DKT), dan delta frekuensi kotek (DF). Sedangkan indikator kualitas suara yang terpengaruh secara signifikan ialah indikator durasi kotek (DK awal dan akhir: DKA dan DKK), frekuensi dominan (FD), frekuensi maksimum (FM), dan jumlah puncak frekuensi (JPF) serta *delta time* (selisih waktu/DT).

Secara umum hasil analisis data secara keseluruhan dapat dirinci sebagai berikut.

a. Perlakuan yang diberikan tidak berpengaruh sama sekali terhadap jumlah suku kata kotek (JSK), durasi kotek tengah (DKT), dan delta frekuensi (DF).

b. Perlakuan yang diberikan berpengaruh secara nyata terhadap DKA puyuh yang diperlakukan dengan kelompok R-2 (0, 326 mg omega-3), R-3 (0, 163 mg omega-6), dan R-6 (40 mg kolesterol), juga terhadap DKK puyuh kelompok R-2, R-4 (0, 326 mg omega-6), dan R-6. Dengan demikian, kelompok puyuh yang DKA dan DKK-nya terpengaruh ialah puyuh kelompok R-2 dan R-6. Sedangkan puyuh kelompok R-4 DKA tidak dipengaruhi perlakuan, tetapi DKK terpengaruh. Pada puyuh kelompok R-4, durasi kotek awal yang kecil (= DKA puyuh kelompok kontrol) diikuti dengan durasi kotek akhir yang lebih besar/lama (berarti selisih waktu yang lebih besar). Hal ini berarti bahwa puyuh kelompok R-4 berkotek dengan waktu yang lebih lama. Puyuh kelompok R-2 dan R-6 memiliki DKA dan DKK lebih besar dari kontrol, namun selisih antara DKK-DKA dari kedua kelompok tersebut ternyata tidak berbeda jauh dari selisih DKK-DKA puyuh kontrol (R-2: 6,4; R-6: 5,1; kontrol: 5,2). Durasi kotek yang terpengaruh ialah durasi kotek pada puyuh yang diperlakukan dengan 0,326 mg omega-6. Dengan demikian secara umum dapat dinyatakan bahwa perlakuan yang mempengaruhi durasi kotek puyuh adalah perlakuan dengan omega-6 0,326 mg/100 g

Tabel 2. Hasil analisis kualitas suara burung puyuh jantan setelah diperlakukan dengan omega-3 sintetis, omega-6 sintetis, dan kolesterol sintetis.

Parameter <sup>1</sup>	Perlakuan <sup>2)</sup>						
	R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6
JSK <sup>3)</sup>	13	14	13	13	18	12	12
DKA (menit)	0,73 <sup>a</sup>	0,77 <sup>a</sup>	2,72 <sup>b</sup>	1,64 <sup>b</sup>	1,15 <sup>a</sup>	0,94 <sup>a</sup>	3,40 <sup>b</sup>
DKK (menit)	5,95 <sup>a</sup>	5,51 <sup>a</sup>	9,12 <sup>b</sup>	6,73 <sup>a</sup>	10,07 <sup>b</sup>	5,36 <sup>a</sup>	8,51 <sup>b</sup>
DKT (menit) <sup>4)</sup>	5,06	4,53	5,30	5,25	8,73	4,22	5,64
FD (kHz)	2,01 <sup>a</sup>	3,25 <sup>c</sup>	4,04 <sup>d</sup>	4,02 <sup>d</sup>	4,79 <sup>d</sup>	3,09 <sup>b</sup>	3,71 <sup>c</sup>
FM (kHz)	4,48 <sup>a</sup>	5,80 <sup>d</sup>	5,91 <sup>d</sup>	5,10 <sup>c</sup>	4,84 <sup>b</sup>	4,98 <sup>b</sup>	4,96 <sup>b</sup>
JPF	6 <sup>a</sup>	8 <sup>b</sup>	10 <sup>c</sup>	8 <sup>b</sup>	16 <sup>d</sup>	9 <sup>b</sup>	9 <sup>b</sup>
DT (detik)	2,21 <sup>a</sup>	1,57 <sup>b</sup>	1,38 <sup>b</sup>	1,73 <sup>b</sup>	1,42 <sup>b</sup>	1,93 <sup>c</sup>	2,09 <sup>c</sup>
DF (kHz) <sup>5)</sup>	4,46	5,09	4,48	5,46	4,21	4,34	4,05

<sup>1)</sup> JSK=Jumlah suku kata kotek; DKA=Durasi Kotek Awal; DKK=Durasi Kotek Akhir; DKT=Durasi Kotek Tengah; FD=Frekuensi dominan; FM=Frekuensi maksimum; JPF=Jumlah puncak frekuensi; DT=Delta time; DF=Delta frekuensi; Superskrip yang berbeda dalam baris yang sama menunjukkan adanya beda nyata; ns = non signifikan.

x): R0 = Kontrol; R-1 = 0,163 mg omega-3; R-2 = 0,326 mg omega-3; R-3 = 0,163 mg omega-6; R-4 = 0,326 mg omega-6; R-5 = 20 mg kolesterol; R-6 = 40 mg kolesterol, per 100 g berat badan.

c. Perlakuan yang diberikan berpengaruh secara sangat nyata terhadap frekuensi dominan (FD) dengan kisaran frekuensi 2,01 sampai 4,79 kHz, dan terhadap frekuensi maksimum (FM) dengan kisaran frekuensi 4,48 sampai 5,91 kHz. Nilai FD yang tinggi ditunjukkan oleh puyuh kelompok R-2 (0,326 mg omega-3), R-3 (0,163 mg omega-6), dan R-4 (0,326 mg omega-6). Sedangkan nilai FM yang tinggi ditunjukkan oleh puyuh kelompok R-1 (0,163 mg omega-3), R-2 (0,326 mg omega-3), dan R-3 (0,163 mg omega-6). Nilai FD dan FM yang lebih besar menunjukkan bahwa burung puyuh berkotek dengan frekuensi tinggi. Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa pemberian omega-3, omega-6, dan kolesterol sintetis mampu meningkatkan frekuensi dominan dan frekuensi maksimum pada suara puyuh jantan.

d. Perlakuan yang diberikan berpengaruh secara sangat nyata terhadap jumlah puncak frekuensi (JPF) dengan kisaran antara 6 sampai 16, dan terhadap delta waktu/time (DT) dengan kisaran delta waktu antara 1,38

dan DT yang rendah menunjukkan bahwa puyuh berkotek lebih sering, dengan jarak antar kotek yang pendek. JPF yang lebih tinggi dari DT yang lebih rendah dari JPF dan DT puyuh kontrol tampak pada puyuh dari semua kelompok perlakuan. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa pemberian omega-3, omega-6, dan kolesterol sintetis mampu meningkatkan JPF dan memperkecil DT.

Burung puyuh jantan yang diperlakukan dengan omega-3, omega-6, dan kolesterol sintetis ternyata berkotek lebih sering, dengan jarak antar kotek yang pendek. Kicauan burung yang lebih sering dan suara yang lebih merdu merupakan sebagian tanda berahi pada burung jantan (Anonim, 2006a). Kicauan burung jantan dengan suara yang merdu juga merupakan tanda bahwa burung jantan telah mencapai dewasa kelamin dan menunjukkan kekuasaan yang dimilikinya. Keadaan tersebut ternyata dikontrol oleh adanya kadar testosteron yang tinggi, seperti yang dinyatakan oleh Catchpole dan Slater

(1995). Dalam penelitian ini, pemberian omega-3 dan omega-6 sintetis serta kolesterol sintetis diperkirakan mampu mempengaruhi perkembangan pita suara puyuh pada puyuh kelompok perlakuan, sehingga pada akhirnya menyebabkan puyuh-puyuh tersebut memiliki kualitas suara yang lebih tinggi. Hal ini dapat dimengerti, karena kolesterol adalah komponen penting dalam biosintesis testosteron, yang berperan sebagai prekursor hormon testosteron (salah satu dari hormon steroid; Harper *et al.*, 1979; Tranggono, 2001; Linder, 1985; Muryanti, 2005). Sementara itu, omega-3 dan omega-6 yang merupakan asam

dapat meningkatkan kualitas suara puyuh jantan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pemberian omega-3, omega-6, dan kolesterol sintetis mampu meningkatkan kualitas suara burung puyuh jantan.

## 2. Kecemerlangan Warna Bulu Dada

Hasil analisis statistik deskriptif terhadap data kecemerlangan warna bulu dada pada burung puyuh jantan disajikan pada Tabel 3. Hasil analisis tersebut menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan pada rerata skor kecemerlangan warna bulu antara tiap kelompok perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian perlakuan dengan omega-3

Tabel 3. Hasil analisis data kecemerlangan warna bulu dada burung puyuh jantan setelah diperlakukan dengan omega-3 sintetis, omega-6 sintetis, dan kolesterol sintetis

Umur (Minggu)	Perlakuan <sup>*)</sup>						
	R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6
6	3,50	2,25	4,50	2,00	3,75	3,00	3,75
7	3,25	4,00	3,50	3,50	5,00	4,50	5,00
8	3,00	3,25	3,50	2,75	4,75	3,75	5,00
9	2,75	4,00	4,00	2,00	3,50	4,50	4,50
10	3,00	3,75	5,00	2,50	4,00	3,50	4,00
11	3,25	3,25	3,75	2,50	3,25	3,50	4,50
12	2,25	3,50	4,50	2,75	3,50	3,50	4,00
Rerata <sup>*)</sup>	3,00	3,43	4,11	2,57	3,96	3,75	4,39
SD	0,41	0,61	0,57	0,51	0,67	0,56	0,49

<sup>\*)</sup> R0 = Kontrol; R-1 = 0, 163 mg omega-3; R-2 = 0, 326 mg omega-3; R-3 = 0, 163 mg omega-6; R-4 = 0, 326 mg omega-6; R-5 = 20 mg kolesterol; R-6 = 40 mg kolesterol

lemak esensial (Estiasih, 1996; Clarke, 1977) yang diberikan kepada puyuh, diperkirakan berperan sebagai suplemen, yang dalam tubuh puyuh dimetabolisai lebih lanjut menjadi asetil Ko-A dan kemudian menjadi kolesterol, sehingga ketersediaan kolesterol di dalam tubuh dapat lebih menjamin. Ketersediaan kolesterol selanjutnya menjamin ketersediaan bahan baku untuk biosintesis testosteron, sehingga hal tersebut akan meningkatkan kadar testosteron dalam tubuh, yang pada akhirnya

sintetis, omega-6 sintetis, dan kolesterol sintetis tidak berpengaruh terhadap skor kecemerlangan warna bulu dada burung puyuh jantan.

Perubahan warna bulu dada (yaitu bulu dari pangkal paruh sampai dada) pada puyuh jantan menjadi coklat kemerahan terjadi sejak puyuh berumur 3 minggu (Hartono 2004), dan akan berlangsung terus sampai saat tercapainya masa dewasa kelamin. Pada penelitian ini pengamatan warna atau



kecemerlangan bulu dada berlangsung 8 minggu, sejak puyuh berumur 4 minggu hingga 12 minggu, dan ternyata ditemukan bahwa warna/kecemerlangan bulu dada puyuh tidak dipengaruhi oleh pemberian omega-3 sintetis, omega-6 sintetis, dan kolesterol sintetis. Jadi, secara statistik tidak ditemukan adanya beda signifikan antara kecemerlangan warna bulu dada puyuh kelompok kontrol dan warna bulu dada puyuh kelompok perlakuan.

Sekalipun hasil analisis statistik tidak menunjukkan adanya pengaruh perlakuan yang diberikan, namun dari data pada Tabel 3 dapat diketahui bahwa beberapa

puyuh berumur 12 minggu, pemberian omega dan kolesterol sintetis belum mampu mempengaruhi kecemerlangan warna bulu dada puyuh jantan. Bulu burung menjadi cemerlang, selain karena pengaruh hormon juga dapat disebabkan oleh aktivitas burung yang secara rutin mengolesi bulu-bulu mereka menggunakan minyak dari kelenjar minyak pada pangkal ekornya. Diperkirakan, peningkatan kadar hormon testosteron yang terjadi dalam tubuh puyuh pada saat puyuh berumur 12 minggu masih belum memadai, sehingga belum berpengaruh maksimal terhadap kecemerlangan warna bulu dada

Tabel 4. Kadar hormon testosteron, kolesterol, HDL dan LDL pada burung puyuh jantan yang diperlakukan dengan omega-3 sintetis, omega-6 sintetis, dan kolesterol sintetis.

No	Dosis *) (mg/100 g bb/hari)	Kadar Testosteron (ng/ml)	Kadar kolesterol (mg/dl)	Kadar HDL (mg/dl)	Kadar LDL (mg/dl)
1.	RO	1,68	202.5	67.1	4.24
2.	R-1	0,42	237.0	78.4	8.1
3.	R-2	4,92	174.1	46.3	18.04
4.	R-3	1,39	182.6	53.7	9.54
5.	R-4	2,44	195.0	58.9	20.36
6.	R-5	3,08	220.1	71.0	6.12
7.	R-6	2,02	164.2	50.0	6.48

\*) RO = Kontrol; R-1 = 0,163 mg omega-3; R-2 = 0,326 mg omega-3; R-3 = 0,163 mg omega-6; R-4 = 0,326 mg omega-6; R-5 = 20 mg kolesterol; R-6 = 40 mg kolesterol.

kelompok puyuh memiliki bulu dada yang cenderung lebih cemerlang dibandingkan puyuh kelompok kontrol. Kelompok yang dimaksud ialah kelompok R-6, R-2, dan R-4, yaitu kelompok-kelompok yang diperlakukan dengan kolesterol 40 mg/100 g bb, omega-3 dosis 0,326 mg /100 g bb, dan omega-6 dosis 0,326 mg/100 g bb. Secara berturut-turut, ketiga kelompok tersebut memiliki tingkat kecemerlangan warna bulu sebesar 4,39 untuk R-6, 4,11 untuk R-2, dan 3,96 untuk puyuh kelompok R-4, sedangkan skor kecemerlangan bulu puyuh kelompok kontrol adalah 3,00.

Mengapa tidak ditemukan adanya beda warna bulu yang bermakna? Berbagai kemungkinan dapat menjadi penyebabnya, namun yang pasti ialah bahwa sampai dengan

mereka. Keadaan tersebut mungkin juga terjadi karena kelenjar minyak belum memproduksi secara optimal, jumlah minyak yang dapat digunakan untuk meminyaki bulu pun masih terbatas. Akibatnya, pada umur 12 minggu bulu burung mencapai tingkat kecemerlangan sempurna. Apakah pemberian omega dan kolesterol sintetis dalam waktu lebih dari 8 minggu akan mempengaruhi kecemerlangan warna bulu dada antar kelompok puyuh? Untuk menjawab pertanyaan ini, perlu dilakukan penelitian tersendiri.

3. Kadar hormon testosteron dan kualitas darah  
Hasil uji kadar hormon testosteron dan kualitas darah (kadar kolesterol, HDL dan LDL) burung puyuh jantan setelah diberi perlakuan omega-3, omega-6 dan

kolesterol sintetis menunjukkan hasil yang beragam (Tabel 4). Dari data pada Tabel 4 dapat ditunjukkan adanya kadar hormon testosteron yang tinggi, yaitu yang ditemukan pada kelompok R-2 (0,326 mg omega-3), R-4 (0,326 mg omega-6), dan R-5 (20 mg kolesterol). Puyuh kelompok tersebut ialah kelompok yang diperlakukan dengan omega-3 dan omega-6 dosis tinggi (0,326 mg/100 g bb), serta kolesterol dosis rendah (20 mg/100 g bb). Sementara itu, pada kelompok puyuh yang diperlakukan dengan kolesterol dosis tinggi (40 mg mg/100 g bb), ternyata memiliki kadar hormon testosteron yang lebih rendah.

Tingginya kadar hormon testosteron pada kelompok yang diperlakukan dengan omega-3 dosis tinggi (0,326 mg/100 g bb, yaitu R-2 dan R-4) ternyata dibarengi dengan adanya kadar kolesterol total dan HDL yang secara relatif lebih rendah, namun memperlihatkan kadar LDL yang lebih tinggi dari kadarnya pada puyuh kelompok kontrol. Hal ini dapat dilihat dari angka-angka dalam tabel pada lajur nomor tiga dan nomor lima, dari arah kiri ke kanan. Keadaan tersebut terjadi karena kolesterol (sebagai prekursor steroid) yang ada dalam darah telah diambil dan digunakan untuk biosintesis hormon testosteron, yang prosesnya berlangsung dalam sel *Leydig* dan kelenjar adrenal (Austin dan Short, 1979). Kolesterol dalam darah diangkut dalam bentuk HDL. Oleh karena itu, dapat dipahami dengan mudah bahwa tingginya kadar testosteron dalam darah akan dibarengi dengan kadar kolesterol dan HDL darah yang relatif rendah.

Kadar kolesterol yang relatif rendah juga dapat terjadi sebagai akibat dari banyaknya kolesterol yang berikatan dengan molekul lain, membentuk LDL. LDL adalah lipoprotein yang banyak mengandung kolesterol. Kadar LDL yang jauh lebih tinggi pada puyuh kelompok R-2 dan R-4, yang memiliki kadar testosteron tinggi. Kadar LDL yang tinggi dalam darah dapat memberikan jaminan pemenuhan kebutuhan kolesterol untuk sintesis testosteron. Oleh karena itu, kelompok puyuh yang kadar testosteronnya tinggi

memiliki kadar kolesterol dan HDL darah yang relatif rendah serta kadar LDL yang jauh lebih tinggi daripada kadarnya pada puyuh kelompok kontrol.

Berbeda dengan omega, dosis kolesterol yang menyebabkan kadar testosteron pada darah puyuh jantan menjadi tinggi adalah kolesterol dosis yang lebih rendah, yaitu 20 mg/100 g bb. Pemberian kolesterol kepada puyuh kelompok ini sedikit meningkatkan kadar kolesterol darah dan HDL, tetapi tidak membentuk LDL. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pemberian omega-3 dan omega-6 sintetis dosis 0,326/100 g bb serta kolesterol sintetis dosis 20 mg/100 g bb dapat meningkatkan kadar hormon testosteron.

#### 4. Ukuran/berat testis

Data ukuran testis burung puyuh jantan yang telah diperlakukan dengan omega-3 sintetis, omega-6 sintetis, dan kolesterol sintetis disajikan pada Tabel 5.

Dari data pada Tabel 5 tampak bahwa burung puyuh kelompok R-2 yang diberi perlakuan 0,326 mg omega-3/100 g bb menunjukkan ukuran testis paling tinggi dibandingkan puyuh kelompok lain. Setelah itu, ukuran testis yang relatif besar berikutnya ialah testis puyuh kelompok R-5 (20 mg kolesterol) dan R-4 (0,326 mg omega-6). Ukuran testis tertinggi ternyata diperlihatkan oleh kelompok puyuh memiliki kadar hormon testosteron tertinggi, sebagaimana yang diperlihatkan oleh data pada Tabel 4, dengan urutan kadar hormon tertinggi sampai rendah dari kelompok R-2, R-5, kemudian R-4, yaitu kelompok puyuh yang diberi omega dosis tinggi dan kolesterol dosis rendah. Keadaan ini sesuai dengan pendapat Surai *et al.* (2000), bahwa penambahan minyak *Arasco* yang banyak mengandung asam lemak omega-6 yaitu *arachionat* (20:4n-6) ternyata dapat meningkatkan kandungan asam-asam lemak pada testes ayam, terutama DHA (22:4n-6) dan EPA (20:5n-3). Hal tersebut menjamin berlangsungnya biosintesis testosteron, sehingga meningkatkan kadar testosteron dalam darah. Kadar testosteron

Tabel 5. Ukuran testis burung puyuh jantan dipedulakukan dengan omega-3 sintetis, omega-6 sintetis, dan kolesterol sintetis.

Kelompok (*)	Berat testis (g)			Panjang testis (g)			Lingkar testis (cm)			Volume testis (ml)	
	Total (g)	Kanan (g)	Kiri (g)	Total (cm)	Kanan (cm)	Kiri (cm)	Total (cm)	Kanan (cm)	Kiri (cm)	Kanan (ml)	Kiri (ml)
R0	2,84	1,42	1,42	3,50	1,60	1,90	7,90	3,80	4,10	1,00	1,00
R1	2,68	1,72	0,96	3,20	1,60	1,60	7,40	3,80	3,60	1,00	0,90
R2	5,27	2,34	2,93	4,00	1,90	2,10	9,40	5,00	4,40	2,00	2,00
R3	2,87	1,40	1,47	3,90	1,80	2,10	7,30	3,70	3,60	1,00	0,90
R4	3,23	1,49	1,74	4,00	1,80	2,20	7,50	3,90	3,60	1,50	1,80
R5	3,32	1,70	1,62	4,00	1,80	2,10	7,75	4,00	3,75	2,00	1,00
R6	3,00	1,45	1,55	3,40	1,60	1,80	7,70	4,50	3,20	1,30	1,50

\*) R0 = Kontrol; R-1 = 0,163 mg omega-3; R-2 = 0,326 mg omega-3; R-3 = 0,163 mg omega-6; R-4 = 0,326 mg omega-6; R-5 = 20 mg kolesterol; R-6 = 40 mg kolesterol.

yang tinggi akan mendukung perkembangan testis dengan baik, sehingga berat/massa testes pun meningkat seiring dengan peningkatan produksi sperma. Jadi, Peningkatan peningkatan testosteron menyebabkan peningkatan proses spermatogenesis, yang berakibat pada peningkatan bobot testes (Cecil dan Baks, 1990). Pada ayam peningkatan hormon testosteron yang sejalan dengan peningkatan berat testes, mulai terjadi saat mereka berumur 20 minggu, dan mencapai berat maksimal antara 30-34 minggu. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian ini, yang memperlihatkan bahwa peningkatan berat testis ternyata seiring dengan peningkatan kadar hormon testosteron. Berdasarkan kepada uraian di atas, maka dapat dinyatakan bahwa pemberian omega-3, dan omega-6 sintetis serta kolesterol sintetis dapat meningkatkan berat testis.

Berdasar kepada uraian di atas, maka dapat dinyatakan bahwa pemberian omega-3, dan omega-6 sintetis serta kolesterol sintetis selama 8 minggu (sejak puyuh berumur 4 hingga 12 minggu) ternyata tidak berpengaruh kepada kecemerlangan warna bulu dada puyuh, namun mampu dapat meningkatkan kadar hormon testosteron, meningkatkan berat testis dan meningkatkan kualitas suara puyuh jantan (khususnya dalam hal peningkatan

frekuensi berkotek dengan jarak antar kotek yang pendek). Peningkatan kadar testosteron dan berat testis yang menonjol terjadi pada kelompok puyuh yang dipedulakukan dengan omega dosis tinggi (0,326 mg/100 g bb) dan kolesterol 20 mg/100 g bb.

## Penutup

Berdasar hasil penelitian ini disimpulkan bahwa pemberian omega-3 sintetis dan omega-6 sintetis (dosis 0,326 mg/100 g bw) serta kolesterol sintetis (dosis 20 mg/100 g bw) dapat meningkatkan kualitas reproduksi burung puyuh jantan. Saran: Omega dan kolesterol sintetis merupakan bahan yang baik untuk digunakan sebagai bahan untuk meningkatkan kualitas reproduksi puyuh jantan. Namun harga dari bahan-bahan tersebut sangat mahal, sehingga perlu bahan sumber omega dan sumber kolesterol yang murah, antara lain dengan memanfaatkan bahan dari alam sekitar.

## Daftar Pustaka

- Anonim. 1996. *Majalah Kedokteran Indonesia*. 46 (6). <http://www.ilovejesus.com/sinto/sunhope.html>
- Anonim. 2005. *Omega-3 fatty acid*. <http://www.cfsan.fda.gov/~rdb/opag105.html>.
- Anonim. 2006a. Puyuh : Si Mungil Penuh

- Potensi. *Equator Indonesian book gallery*. The Ultimate Indonesian Online Book Resource-Microsoft Internet explorer. © 2000 -2005 Ekuator. layanan@ekuator.web.id.
- Anonim. 2006b. *Omega-6 Fatty acid*. [http://en.wikipedia.org/wiki/Omega-6\\_fatty\\_acid](http://en.wikipedia.org/wiki/Omega-6_fatty_acid).
- Austin CR & Short RV. 1979. *Mechanism of Hormone Action. Reproduction in Mammals*. Melbourne, Sidney: Cambridge University Press.
- Catchpole & Slater. 1995. *Birdsong: Biological Themes and Variations*. Sydney: Cambridges University Press.
- Cecil HC & Baks MR. 1990. Correlation of organ weights, hematocrit, and testosterone with sexual maturity of the male turkey. *Poult. Sci.* 72 : 1252-1257.
- Clarke SD, Romsos DR & Leveille GA. 1977. Differential Effects of Dietary Methyl Ester of Long-Chain Saturated and Polyunsaturated Fatty Acid on Rat Liver and Adipose Tissue Lipogenesis. *Am. J. Nutrition.* 107: 1170-1181.
- Estiasih T. 1996. Mikroenkapsulasi Konsentrat Asam Lemak Omega-3 dari Limbah Cair Pengan-lengan Ikan Lemuru (*Sardinella longiceps*). *Tesis*. Yogyakarta: Program Pascasarjana UGM.
- Ganong, W.F. 1996. *Review of Medical Physiology*, 16<sup>th</sup> ed. Lange Medical Book, Prentice-Hall International Inc., New Jersey USA, pp.387-394 ; 422-424.
- Fitriyah A. 2004. Pengaruh Pemberian Minyak Ikan Lemuru dan Minyak Jagung terhadap Kuantitas dan Kualitas Semen Ayam Lokal. *Tesis*. Yogyakarta: Program Pascasarjana UGM.
- Hardini, D. 2002. Penggunaan Minyak Ikan Lemuru dan Minyak Sawit Dalam Pakan Terhadap Kandungan Asam Lemak Omega-3, Omega-6 dan Omega-9 pada Telur Itik Segar dan Asin. *Tesis*. Yogyakarta: Program Pascasarjana UGM.
- Hardjosubroto W & Astuti JM. 1993. *Buku Pintar Peternakan*. Jakarta: PT Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Harper HA, Rodwel VW & Mayes PA. 1979. *Biokimia*. Edisi 17. Terjemahan M. Muliawan. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Hartono T. 2004. *Ada Tujuh Kiat Pemeliharaan Puyuh Pembibitan*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Lake PE. 1983. *The Male in Reproduction in Physiology and Biochemistry of The Domestic Fowl*. Vol 3. London-New York: Academic Press. Hlm.1413-1417.
- Linder MC. 1985. *Biokimia Nutrisi dan Metabolisme dengan Pemakaian Secara Klinis*. Jakarta: UI Press.
- Martin D.W., Peter A.M., Victor W.R., Daryl K.G. 1987. *Biokimia (Harper's Review of Biochemistry)*. Edisi 20. Alih Bahasa: Iyan Darmawan. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Murray RK., Daryl K.G., Victor W.. 2009. *Biokimia Harper*. Edisi 27. Alih Bahasa: Brahm U.P. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Muryanti Y. 2005. Kadar Testosteron Serum Darah dan Kualitas Spermatozoa Mencit (*Mus musculus L.*) setelah diberi Ekstrak Biji Saga (*Abrus precatorius L.*) *Tesis*. Yogyakarta: Program Pascasarjana UGM.
- Nalbandov AV. 1990. *Fisiologi Reproduksi pada Mamalia dan Unggas*. Alih Bahasa Sunaryo Keman. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- NRC. 1994. *Nutrien Requirement of Poultry*. The 9th Ed. National Academic Press, Washington D. C., USA.
- Nugroho & Mayun IGK. 1981. *Beternak Burung Puyuh (Quail)*. Cetakan I. Semarang: Eka Offset.
- Surai, P.F., R.C. Noble, N.H.C. Sparks and B.K. Speake. 2000. Effect of Long-term Supplementation With Arachidonic or Docosahexaenoic Acids on Sperm Production in The Broiler Chicken. *Journal of Reproduction and Fertility*. 120 : 257-264.
- Tranggono. 2001. Lipid dalam Perspektif Ilmu dan Teknologi Pangan. *Pidato Pengukuhan*

*Guru Besar.* Fakultas Teknologi Pertanian UGM.

Yuwanta T. 1993. Perencanaan dan Tata Laksana Pembibitan Unggas Sub Bagian Inseminasi Buatan Pada Unggas. *Hand Out Kuliah*. Yogyakarta: Program Studi Ilmu Ternak, Fakultas Pascasarjana Universitas Gadjah Mada.