



Studi Kasus: Pengaruh Umur terhadap Kuantitas dan Kualitas Semen Segar Pejantan Belgian Blue di BBIB Singosari

Case Study: The Effect of Age on the Quantity and Quality of Fresh Semen from Belgian Blue Bulls at BBIB Singosari

Maulidya Ulya Alfani^{1*}, Himmatul Khasanah^{1*}, Putrika Suryandari¹, Nur Widodo¹, Gayuh Syaikhullah², Susiana³

¹ Animal Husbandry Study Programme, Faculty of Agriculture, University of Jember. Jl. Kalimantan Tegalboto 37, Jember, 68121

² Poultry Business Management Study Program, Department of Animal Husbandry, Polytechnic State of Jember. Mastrip Street, Krajan Timur, Sumbersari District, Jember Regency, East Java 68121, Indonesia

³ Singosari Artificial Insemination Centre, BBIB Street No. 1, Toyomarto Village, Singosari District, Malang Regency, East Java 65153, Indonesia

* Corresponding Author. E-mail address: himma@unej.ac.id

ARTICLE HISTORY:

Submitted: 22 August 2025

Revised: 11 February 2026

Accepted: 13 February 2026

Published: 1 July 2026

KATA KUNCI:

Kualitas semen segar
Kuantitas semen segar
Pejantan Belgian Blue
Umur sapi

KEYWORDS:

Belgian Blue bulls
Cattle age
Fresh semen quality
Fresh semen quantity

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini guna menganalisis kuantitas maupun kualitas sperma segar pejantan Belgian Blue pada umur berbeda. Sampel yang digunakan yakni seekor pejantan Belgian Blue dengan catatan penampungan semen segar pada usia 2, 3, 4, 6, dan 7 tahun. Variabel yang diamati meliputi konsentrasi, volume, pH, motilitas dan abnormalitas. Analisis data dilakukan secara statistik menggunakan ANOVA dan dilanjutkan uji DMRT. Hasil menyatakan bahwa konsentrasi, volume, dan motilitas sperma segar menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P < 0,05$). Nilai konsentrasi tertinggi terjadi pada usia 4, 6, dan 7 tahun (1.131,2 juta/ml, 1.147,9 juta/ml, dan 1.152,6 juta/ml), volume tertinggi pada usia 6 tahun (5,51 ml), dan motilitas tertinggi pada usia 3 tahun (80,93%). pH dan abnormalitas spermatozoa pada semen segar menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan ($P > 0,05$). Berdasarkan penelitian, dapat disimpulkan bahwa umur mempengaruhi kuantitas dan kualitas semen segar pejantan Belgian Blue. Konsentrasi sperma meningkat secara progresif hingga usia 7 tahun. Demikian pula volume semen segar meningkat secara progresif hingga usia 6 tahun, sementara kualitas motilitas sperma terbaik terjadi pada usia 3 tahun.

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyse the quantity and quality of fresh semen from Belgian Blue males at different ages. The sample used was a Belgian Blue male with records of fresh semen collection at ages 2, 3, 4, 6, and 7 years. The variables observed included concentration, volume, pH, motility, and abnormalities. Data analysis was performed statistically using ANOVA, followed by the DMRT test. The results indicated that the concentration, volume, and motility of fresh semen showed significant differences ($P < 0.05$). The highest concentration values occurred at ages 4, 6, and 7 years (1,131.2 million/ml, 1,147.9 million/ml, and 1,152.6 million/ml), the highest volume at age 6 years (5.51 ml), and the highest motility at age 3 years (80.93%). The pH and sperm

© 2026 The Author(s). Published by Department of Animal Husbandry, Faculty of Agriculture, University of Lampung in collaboration with Indonesian Society of Animal Science (ISAS).

This is an open access article under the CC BY 4.0 license:

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

abnormalities in fresh semen showed no significant differences ($P>0.05$). It can be concluded that age affects the quantity and quality of fresh semen in Belgian Blue males. Sperm concentration increases progressively up to 7 years of age. Similarly, fresh semen volume increases progressively up to 6 years of age, while the best sperm motility quality occurs at 3 years of age.

1. Pendahuluan

Belgian Blue merupakan salah satu rumpun sapi potong dari bangsa *Bos taurus* yang memiliki kelebihan yakni otot ganda akibat adanya gen yang bermutasi (Aminurrahman *et al.*, 2021). Mutasi gen yang terjadi yakni mutasi gen myostatin yang menyebabkan terjadinya *muscular hypertrophy* atau pembesaran sel-sel otot dan *hyperplasia* atau peningkatan jumlah serat otot (Residiwati *et al.*, 2023). Dalam SK Menteri Pertanian No. 73 Tahun 2018 tertuang tujuan pengembangan sapi Belgian Blue di Indonesia yaitu meningkatkan keanekaragaman hayati jenis sapi dan mendukung pemenuhan kebutuhan protein hewani. Pemerintah menjadikan sapi Belgian Blue pilihan dalam pengembangan, dikarenakan sifat unggul yang dimiliki yaitu otot-otot yang besar (*double muscle*), memiliki temperamen jinak serta penanganan yang mudah (Residiwati *et al.*, 2023). Karakteristik paling menonjol dari sapi Belgian Blue adalah memiliki karkas berkualitas tinggi, dengan potensi karkas yang dihasilkan yakni 70–80%, hal ini menjadikan sapi Belgian Blue cukup terkenal di Belgia (Residiwati *et al.*, 2023; Kementerian Pertanian, 2018). Kontribusi sifat-sifat unggul sapi Belgian Blue diharapkan dapat terus dikembangkan di Indonesia, salah satunya melalui teknis perkawinan secara Inseminasi Buatan.

Inseminasi buatan (IB) adalah bioteknologi dibidang peternakan melalui teknik kawin buatan dengan memasukkan sperma ke dalam saluran reproduksi betina dibantu oleh manusia atau inseminator. Program IB di Indonesia memiliki dampak positif, diantaranya peningkatan mutu genetik ternak, efisiensi anggaran pemeliharaan pejantan dan pencegahan penularan penyakit kelamin (Setiawan, 2018). Adapun faktor pendukung kesuksesan program inseminasi buatan yaitu semen yang berkualitas, kondisi betina akseptor, manajemen pemeliharaan serta keterampilan inseminator. Kualitas semen dapat dipengaruhi oleh bangsa (Rahmawati *et al.*, 2015), umur ternak, bobot badan, tinggi badan, konsentrasi hormon testosteron (Oliveira *et al.* 2014; Budhiyadnya *et al.*, 2021), libido (Iskandar *et al.*, 2022), frekuensi koleksi semen (Pimprasert *et al.*, 2023), pakan yang diberikan (Zhang *et al.*, 2024), dan musim (Pimprasert *et al.*, 2023). Pada kategori umut yang berbeda, sapi Belgian Blue

dilaporkan lebih sensitif terhadap heatstress dibanding sapi lainnya, dan hal ini berdampak pada kualitas spermatozoa seperti peningkatan jumlah sperma abnormal dan perkembangan embrio (Hoflack *et al.*, 2006). Bertambahnya umur ternak akan mempengaruhi produksi hormon testosteron mengakibatkan peningkatan kuantitas dan kualitas semen (Barbosa *et al.*, 2022). Pengaruh umur terhadap kualitas semen yang dihasilkan berkaitan dengan kondisi fisik pejantan, dewasa tubuh, dewasa seksual dan peningkatan kinerja organ reproduksi pejantan (Rawlings *et al.*, 2008). Saat masih muda atau terlalu tua ternak cenderung memproduksi semen segar dengan kualitas tergolong rendah. Hal ini terjadi karena pejantan usia muda peran organ reproduksinya belum mencapai tingkat maksimal atau baru memasuki masa pubertas, sedangkan pada usia terlalu tua terjadi penurunan peran organ reproduksinya (Hafez & Hafez, 2000). Hasil laporan dari Brillianti *et al.* (2021) dan Nyuwita *et al.* (2015) menunjukkan dampak umur memberikan pengaruh terhadap parameter volume, konsentrasi dan motilitas pada semen ternak. Sebagian besar penelitian pada semen pejantan Belgian Blue berfokus pada perbandingan antar-breed (Hoflack *et al.*, 2006), pengaruh lingkungan (suhu/*heat stress*) (Seifi-Jamadi *et al.*, 2020; Gloria *et al.*, 2022), serta kondisi patologis atau infeksi (Kemel *et al.*, 2022), sementara kajian sistematis mengenai perubahan kuantitas dan kualitas semen sepanjang peningkatan umur pejantan terutama pada sapi Belgian Blue di Indonesia masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kuantitas dan kualitas semen segar pejantan Belgian Blue pada umur yang berbeda di BBIB Singosari Malang.

2. Materi dan Metode

2.1. Materi dan Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Balai Besar Inseminasi Buatan (BBIB) Singosari, Malang. Adapun sampel yang digunakan adalah satu ekor pejantan Belgian Blue yang ada di BBIB Singosari. Data kualitas semen yang digunakan adalah hasil *recording* penampungan dan pemeriksaan kualitas semen sapi tersebut dari umur 2–7 tahun. Data diambil melalui teknik *purposive sampling* menggunakan data sekunder berupa *recording* penampungan dan uji semen segar sapi Belgian Blue pada ejakulat pertama bulan Januari sampai dengan Mei setiap tahunnya dari tahun 2019 sampai dengan 2024 dengan total data sebanyak 25 data setiap tahun (umur). Data yang

dikumpulkan meliputi data volume, pH, konsentrasi, motilitas, dan abnormalitas pejantan Belgian Blue umur 2, 3, 4, 6 dan 7 tahun. Pada penelitian ini tidak mencakup pengukuran kondisi fisiologis individual pejantan, sehingga analisis lebih berfokus pada performa semen secara praktis dan operasional yang merupakan keterbatasan dari penelitian ini.

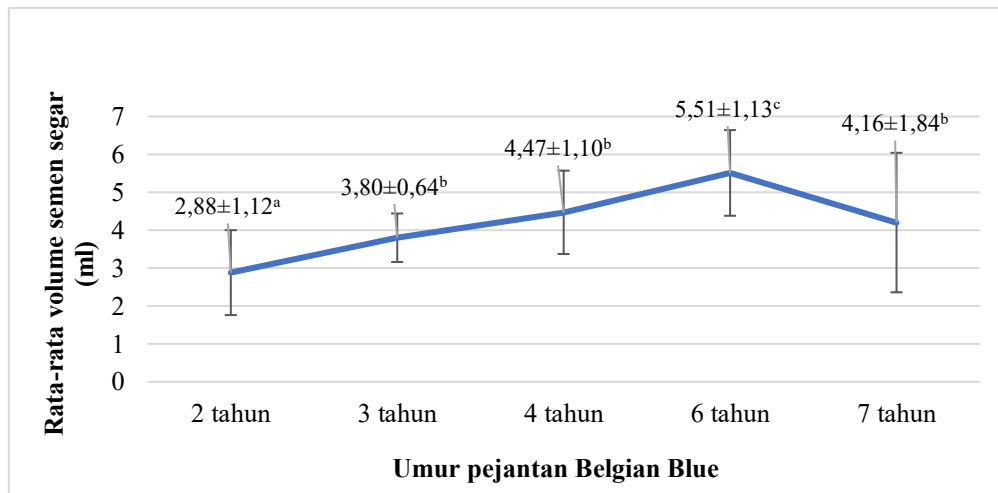
2.2 Analisis Data

Analisis data menggunakan uji *analysis of variance* (ANOVA) dengan bantuan aplikasi SPSS 25 dengan umur sebagai variabel independen (faktor) dan data volume, pH, konsentrasi, motilitas, dan abnormalitas sebagai variabel dependen (respon). Jika ada perbedaan dilanjutkan dengan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) dengan signifikansi 95%.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Volume Semen Segar

Berdasarkan data yang disajikan pada Gambar 1, hasil analisis data menyatakan bahwa umur berpengaruh signifikan ($P < 0,05$) terhadap volume semen segar pejantan Belgian Blue. Hal tersebut didukung penelitian Nyuwita *et al.* (2015) dan Prastowo *et al.* (2018) menunjukkan bahwa umur pejantan berpengaruh signifikan ($P < 0,05$) terhadap volume semen segar baik pada sapi Simmental maupun Bali. Umur berperan dalam perkembangan organ reproduksi pejantan. Seiring dengan peningkatan umur terjadi perkembangan dan pematangan organ reproduksi pejantan sehingga menghasilkan peningkatan kapasitas produksi volume semen segarnya. Menurut Hafez dan Hafez (2020) pada umur 2 sampai 5 tahun sapi pejantan berada pada usia optimal untuk memproduksi semen segar. Pada rentang usia tersebut telah terjadi pematangan organ reproduksi dan kestabilan hormon yang dapat terjadi setelah ternak mengalami pubertas. Hal tersebut sesuai dengan hasil analisis, terjadi peningkatan volume semen pejantan Belgian Blue secara berturut-turut dari umur 2 tahun sampai 6 tahun.



Gambar 1. Grafik volume semen segar sapi Belgian Blue dari berbagai umur

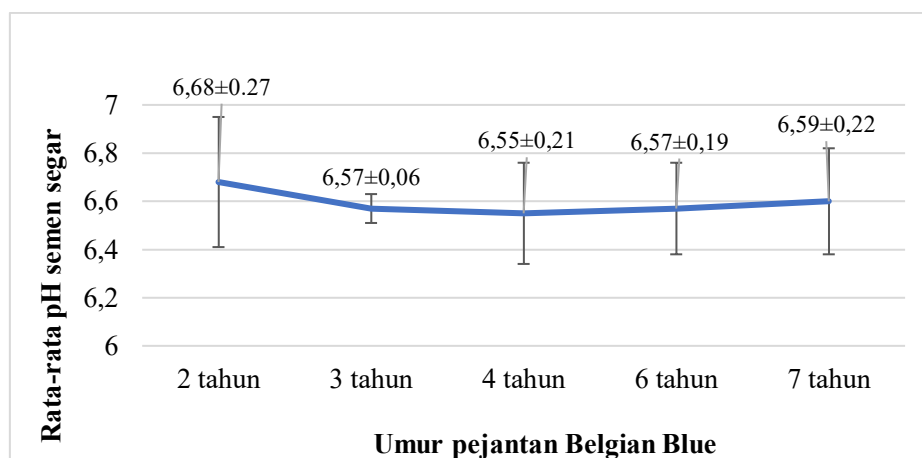
Keterangan: Huruf superskrip (^{a,b,c}) pada perlakuan umur sapi Belgian Blue menunjukkan adanya perbedaan ($P < 0,05$)

Pada Gambar 1, dapat dilihat perbedaan superskrip serta didapatkan volume semen segar terendah terdapat pada umur 2 tahun dengan nilai sebesar 2,88 ml, sedangkan volume semen segar tertinggi terdapat pada umur 6 tahun dengan nilai sebesar 5,51 ml. Nilai volume yang didapat sesuai dengan pernyataan Anwar *et al.* (2022) bahwa produksi semen pada setiap ejakulasi berkisar 2–15 ml. Tingginya volume semen segar pada umur 6 tahun menunjukkan peningkatan ataupun stabilitas organ reproduksi pada tingkat yang optimal. Hasil penelitian menunjukkan semakin tua pejantan volume semen segar yang dihasilkan semakin tinggi sampai dengan umur 6 tahun, kemudian pada umur 7 tahun mengalami penurunan volume. Hal tersebut tidak sejalan dengan laporan penelitian Bhave *et al.* (2024) bahwa volume semen cenderung meningkat dengan bertambahnya umur yaitu terjadi peningkatan pada umur 72–84 bulan dan mengalami penurunan pada umur 96–108 bulan. Volume semen dipengaruhi oleh komponen-komponen semen seperti spermatozoa, air, fruktosa, protein, enzim, mineral, ion anorganik dan hormon (Nuryadi, 2014). Komponen tersebut akan optimal ketika testis dan kelenjar aksesori optimal yaitu kisaran umur 4–6 tahun dan pada umur 7 tahun, volume mengalami penurunan dimungkinkan karena adanya degenerasi sel Leydig, penurunan produksi testosteron, stres oksidatif serta atrofi sekretorik kelenjar aksesoris yang dapat mengganggu spermatogenesis dan pematangan sel, sedangkan rendahnya volume semen segar pada umur 2 tahun dapat terjadi karena perkembangan dan fungsi organ reproduksi belum sepenuhnya optimal. Hal tersebut terjadi karena

pejantan masih muda sehingga fungsi testis belum maksimal, sistem hormonal belum stabil dan kapasitas sekresi kelenjar belum sempurna. Didukung oleh pernyataan Yekti *et al.* (2017) bahwa pejantan baru memasuki masa pubertas pada kisaran 6 – 18 bulan dan fungsi organ reproduksi akan berkembang seiring bertambahnya umur. Umur ternak signifikan mempengaruhi volume semen, sebagaimana penelitian Prastowo *et al.* (2018) yang menyatakan umur mempengaruhi ($P < 0,05$) volume semen dan pada umur 4 tahun volume semen berada pada kisaran $4,48 \pm 0,91$ ml.

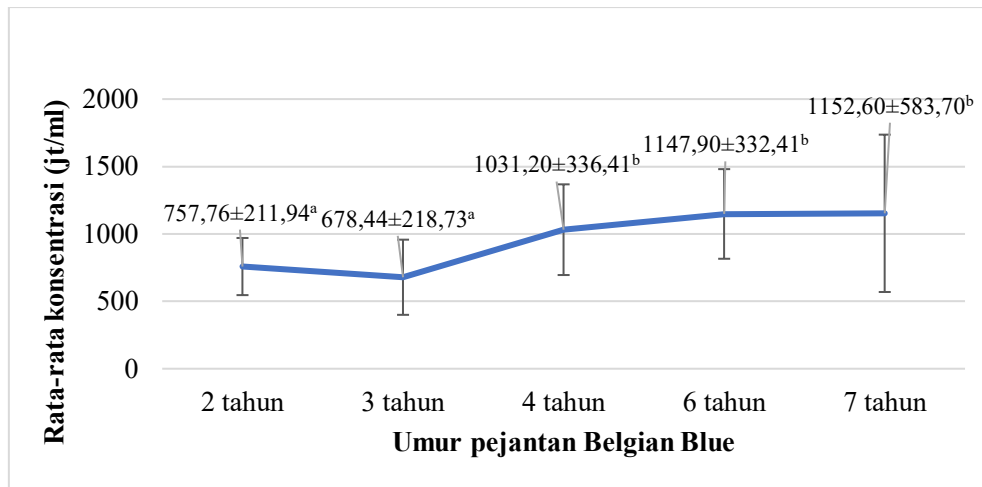
3.2. pH Semen Segar

Berdasarkan data yang disajikan pada Gambar 2, hasil analisis data menyatakan bahwa umur tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap pH semen segar pejantan Belgian Blue. Hal tersebut didukung oleh penelitian Brillianti *et al.* (2021) dan Prastowo *et al.* (2018) yang menunjukkan hasil uji pH semen segar pejantan tidak berpengaruh signifikan ($P > 0,05$) pada umur yang berbeda. Nilai pH yang diperoleh dapat dikategorikan sebagai nilai normal. Hal ini selaras dengan pernyataan Susilawati (2011) yang menyatakan normalnya nilai pH berada pada kisaran 6,4 hingga 7,8. Kestabilan atau konsistensi nilai pH dapat terjadi akibat sekresi kelenjar aksesori yang mengandung larutan *buffer* yaitu fosfat dan ion bikarbonat. Larutan *buffer* tersebut berfungsi mempertahankan pH semen agar tetap stabil, sehingga mampu menjaga fertilitas spermatozoa (Nuryadi, 2014). Adapun ion bikarbonat dan fosfat membantu menjaga kestabilan pH dengan menetralkan kelebihan ion H^+ pada lingkungan asam (Bernardino *et al.*, 2019).



Gambar 2. Grafik pH semen segar sapi Belgian Blue dari berbagai umur

3.3. Konsentrasi Spermatozoa



Gambar 3. Grafik konsentrasi spermatozoa sapi Belgian Blue dari berbagai umur

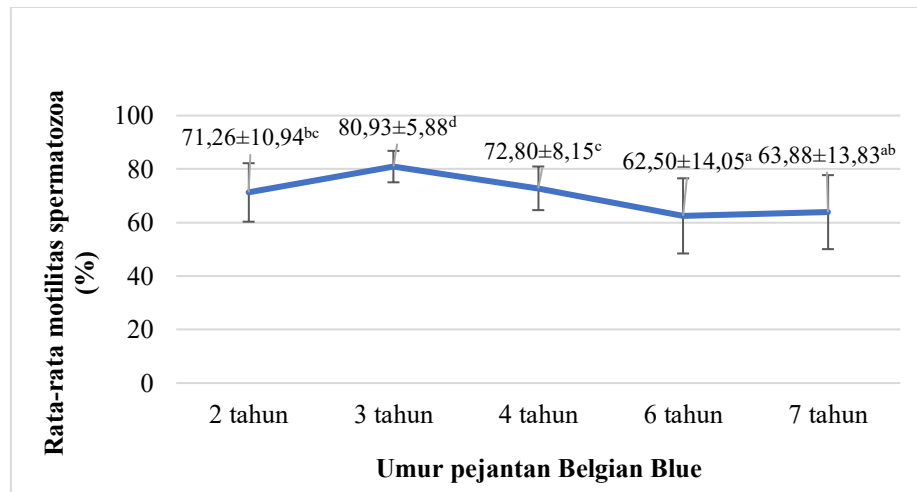
Keterangan: Huruf superskrip (^{a,b,c}) pada perlakuan umur sapi Belgian Blue menunjukkan adanya perbedaan ($P < 0,05$)

Berdasarkan data yang disajikan pada Gambar 3, hasil analisis data menyatakan bahwa umur berpengaruh signifikan ($P < 0,05$) terhadap konsentrasi spermatozoa pada pejantan Belgian Blue. Hal tersebut selaras dengan penelitian Nyuwita *et al.* (2015) yang menyatakan bahwa umur secara nyata mempengaruhi konsentrasi spermatozoa sapi Simmental ($P < 0,01$). Umur menjadi faktor yang memiliki pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap konsentrasi spermatozoa. Pertambahan umur pejantan memberikan pengaruh terhadap perkembangan organ reproduksi. Dijelaskan lebih lanjut oleh Prastowo *et al.* (2018) bahwa peningkatan umur mengakibatkan pertambahan jumlah tubulus seminiferus dalam testis sehingga terjadi peningkatan pada spermatozoa yang dihasilkan. Brilliantti *et al.* (2021) menjelaskan bahwa hal tersebut berlaku juga pada perkembangan kelenjar aksesoris mengakibatkan kemajuan proses spermatogenesis sehingga produksi spermatozoa meningkat. Pertumbuhan ukuran testis meningkat pesat hingga mencapai kematangan seksual penuh pada umur 24 bulan, setelahnya pertumbuhan ukuran testis cenderung melambat.

Pada Gambar 3, dapat dilihat perbedaan superskrip serta didapatkan nilai konsentrasi terendah terjadi pada umur 2 dan 3 tahun dengan nilai sebesar 678,44 jt/ml dan 757,76 jt/ml, sedangkan nilai konsentrasi spermatozoa tertinggi secara berurutan terjadi pada umur 7, 6 dan 4 tahun dengan besarnya nilai secara berurutan yakni 1152,6 jt/ml, 1147,9 jt/ml dan 1031,2 jt/ml. Konsentrasi sperma pada umur 2 dan 3 tahun tidak

sesuai dengan pernyataan Susilawati (2011) bahwa nilai konsentrasi spermatozoa berada pada kisaran 800–2000 jt spermatozoa pada tiap mililiter. Berbeda dengan pernyataan Gloria *et al.* (2023) bahwa konsentrasi spermatozoa berada pada kisaran $0,5-2,0 \times 10^9$ pada tiap mililiter. Tingginya nilai konsentrasi pada umur 7, 6 dan 4 tahun dapat terjadi seiring dengan kematangan testis, keseimbangan hormonal dan stabilitas sistem reproduksi organ. Bhave *et al.* (2024) menyatakan konsentrasi semen cenderung meningkat pada umur 72–84 bulan, kemudian mengalami penurunan pada umur 96–108 bulan. Gilbert *et al.* (1978) menyatakan bahwa peningkatan pada total spermatozoa yang diproduksi seiring dengan peningkatan ukuran testis sampai 5–6 tahun pasca pubertas.

3.4. Motilitas Spermatozoa



Gambar 4. Grafik motilitas spermatozoa sapi Belgian Blue dari berbagai umur

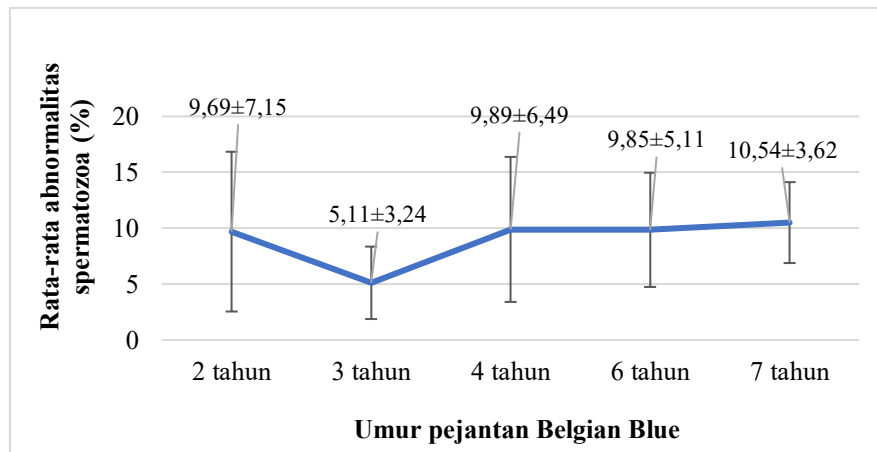
Keterangan: Huruf superskrip (^{a,b,c}) pada perlakuan umur sapi Belgian Blue menunjukkan adanya perbedaan ($P<0,05$)

Berdasarkan data yang disajikan pada Gambar 4, hasil analisis data menyatakan bahwa umur berpengaruh signifikan ($P<0,05$) terhadap motilitas spermatozoa pejantan Belgian Blue. Hal tersebut sejalan dengan laporan Brillianti *et al.* (2021) yang menyatakan terdapat perbedaan nyata ($P<0,05$) pada motilitas spermatozoa pejantan dalam kelompok umur yang berbeda. Penelitian Nyuwita *et al.* (2015) mendukung dengan pernyataan umur berpengaruh nyata ($P<0,01$) terhadap motilitas spermatozoa pada sapi Simmental. Pengaruh umur terhadap motilitas spermatozoa terjadi disebabkan peningkatan dan perkembangan organ reproduksi seiring dengan bertambahnya umur.

Pada Gambar 4 dapat dilihat perbedaan superskrip serta didapatkan persentase motilitas terendah terjadi pada umur 6 dan 7 tahun dengan nilai sebesar 62,5% dan 63,88%, sedangkan volume semen segar tertinggi terjadi pada umur 3 tahun dengan nilai sebesar 80,93%. Nilai motilitas spermatozoa pada umur 6 dan 7 tahun dibawah persyaratan semen beku Standar Nasional Indonesia (SNI) dengan besar persentase motilitas semen segar minimum 70% (SNI 4869-1:2024). Tingginya motilitas pada umur 3 tahun dapat terjadi seiring dengan perkembangan kematangan testis, keseimbangan hormonal dan stabilitas sistem reproduksi organ. Brillianti *et al.* (2021) melaporkan bahwa pejantan umur muda (3–4 tahun) memiliki persentase motilitas lebih tinggi dari umur sedang (5–6 tahun) dan tua (7–8 tahun). Hal tersebut terjadi karena maturasi spermatozoa berjalan dengan maksimal. Pematangan spermatozoa dipengaruhi oleh faktor hormonal, lingkungan epididimis, dan sebagainya. Menurut Gautam *et al.* (2024) pejantan usia ≥ 6 tahun menunjukkan penurunan progresif motilitas spermatozoa, yang berkorelasi dengan degenerasi organ reproduksi. Degerasi organ reproduksi menyebabkan penurunan kualitas semen segar yang disebabkan oleh degerasi sel leydig, penurunan fungsi hormonal, atrofi kelenjar aksesoris dan degerasi testis. Adapun semen segar umur 6 dan 7 tahun dapat diproses lanjut bila *recovery rate* (RR) bernilai minimum 60% atau *post thawing motility* (PTM) bernilai minimum 40% (SNI 4869-1:2024).

3.5. Abnormalitas Spermatozoa

Berdasarkan data yang disajikan pada Gambar 5, hasil analisis data menyatakan bahwa umur tidak berpengaruh signifikan ($P>0,05$) terhadap abnormalitas spermatozoa pejantan Belgian Blue. Hal ini selaras dengan penelitian Prastowo *et al.* (2018) yang menyatakan abnormalitas primer spermatozoa sapi Bali tidak berbeda nyata ($P>0,05$) pada kelompok umur yang berbeda. Abnormalitas spermatozoa dapat terjadi akibat kesalahan penanganan pasca ejakulasi yang tidak tepat, sehingga faktor umur tidak mempengaruhi abnormalitasnya (sekunder). Berdasarkan hasil analisis, abnormalitas spermatozoa pejantan Belgian Blue masih tergolong baik dan dapat diuji lanjut karena tingkat persentase abnormalitasnya di bawah 20%. Hal tersebut sesuai dengan persyaratan mutu semen beku bahwa semen segar memiliki abnormalitas maksimum 20% (SNI 4869-1:2024).



Gambar 5. Grafik abnormalitas spermatozoa sapi Belgian Blue dari berbagai umur

4. Kesimpulan

Faktor umur berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap kuantitas dan kualitas semen segar pejantan Belgian Blue pada variabel konsentrasi, volume dan motilitas. Peningkatan kuantitas konsentrasi spermatozoa terjadi berturut-turut sampai umur 7 tahun, hal tersebut juga terjadi pada kuantitas volume semen segar yang mengalami peningkatan berturut-turut sampai umur 6 tahun, sedangkan pada motilitas spermatozoa kualitas terbaik terjadi pada umur 3 tahun. Selain itu, umur tidak memiliki pengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap variabel pH dan abnormalitas.

Daftar Pustaka

- Aminurrahman, A., Priyanto, R., & Jakaria, J. (2021). Evaluasi ukuran-ukuran tubuh pada sapi Belgian Blue, Peranakan Ongole, dan silangannya. *Jurnal Agripet*, 21(1). <https://doi.org/10.17969/agripet.v21i1.17684>
- Anwar, R. P. M. (2022). Korelasi lingkaran skrotum terhadap kuantitas dan kualitas semen pejantan sapi Simmental di BBIB Singosari Kabupaten Malang. *Aves: Jurnal Ilmu Peternakan*, 16(2). <https://doi.org/10.35457/aves.v16i2.2750>
- Barbosa, F. C., Oliveira, W., Faria, J. G. K., Vieira, D. S., Guimarães, E. C., & Mundim, A. V. (2022). Influence of age and sex on blood biochemical profile of Bonsmara cattle breed up to two years. *Ciência Animal Brasileira*, 23, e73054. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v23e-73054>
- Bernardino, R. L., Carrageta, D. F., Sousa, M., Alves, M. G., & Oliveira, P. (2019). pH and male fertility: Making sense of pH homeodynamics throughout the male reproductive tract. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 76(19), 3783–3800. <https://doi.org/10.1007/s00018-019-03170-w>
- Bhave, K. G., Jawahar, K. T. P., Kumarasamy, P., Sivakumar, T., Joseph, C., Shirsath, T., & Venkataramanan, R. (2020). Genetic and non-genetic factors affecting semen production and quality characteristics of Gir cattle breed under semi-arid climate. *Veterinary World*, 13(8), 1714–1718.

- <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.1714-1718>
- Brillianti, F. F., Sianto, P., Sardjito, T., Suprayogi, T. W., Triana, I. N., & Rahardjo, D. (2021). Kualitas semen sapi pejantan berdasarkan umur, suhu, dan kelembaban. *Ovozoa: Journal of Animal Reproduction*, 10(3), 81–89. <https://doi.org/10.20473/ovz.v10i3.2021.81-89>
- Badan Standardisasi Nasional. (2024). *Standar nasional semen Indonesia: Semen beku—Bagian 1: Sapi (SNI 4869-1:2024)*. BSN.
- Budhiyadnya, I. G. E., Udin, Z., Purwati, E., & Yellita, Y. (2021). The effect of age, body height, weight, testosterone hormone concentration, and semen quality on libido level of pesisir cattle. *Journal of Animal Health and Production*, 9(1), 78–87. <https://doi.org/10.17582/journal.jahp/2021/9.1.78.87>
- Gautam, A., Singh, P. K., Ranganatha Sriranga, K., & Arya, S. (2024). Effect of age on semen quality and freezability in Sahiwal bulls. *International Journal of Bio-Resource and Stress Management*, 15(12), 1–6. <https://doi.org/10.23910/1.2024.5735a>
- Gilbert, G. R., & Almquist, J. O. (1978). Effects of processing procedures on post-thaw acrosomal retention and motility of bovine spermatozoa. *Journal of Animal Science*, 46(1), 225–231. <https://doi.org/10.2527/jas1978.461225x>
- Gloria, A., Bracco, C., Antenucci, E., & Contri, A. (2023). Validation of volumetric flow cytometry for bovine sperm concentration. *Scientific Reports*, 13, 16560. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-43678-7>
- Gloria, A., Candeloro, L., Wegher, L., Robbe, D., Carluccio, A., & Contri, A. (2021). Environmental temperature and relative humidity differently affect sperm characteristics in Brown Swiss and Belgian Blue bulls. *International Journal of Biometeorology*, 65(12), 2189–2199. <https://doi.org/10.1007/s00484-021-02184-z>
- Hafez, E. S. E., & Hafez, B. (2000). Reproductive cycles. In *Reproduction in farm animals* (pp. 55–67).
- Hafez, E. S. E., & Hafez, B. (Eds.). (2020). *Reproduction in farm animals* (8th ed.). Wiley-Blackwell.
- Hoflack, G., Opsomer, G., Van Soom, A., Maes, D., de Kruif, A., & Duchateau, L. (2006). Comparison of sperm quality of Belgian Blue and Holstein Friesian bulls. *Theriogenology*, 66(8), 1834–1846. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.05.007>
- Iskandar, H., Sonjaya, H., Arifiantini, R. I., & Hasbi, H. (2022). Correlation between semen quality, libido, and testosterone concentration in Bali bulls.
- Kemel, C., Salamone, M., Van Loo, H., Latour, C., Vandeputte, S., Callens, J., & Opsomer, G. (2022). Unaffected semen quality parameters in *Neospora caninum* seropositive Belgian Blue bulls. *Theriogenology*, 191, 10–15. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2022.07.013>
- Kementerian Pertanian. (2018). *SK Mentan: Pokja pengembangan sapi Belgian Blue di Indonesia (No. 73)*.
- Nuryadi. (2014). *Ilmu reproduksi ternak*. Universitas Brawijaya Press.
- Nyuwita, A., Susilawati, T., & Isnaini, N. (2015). Kualitas semen segar dan produksi semen beku sapi Simmental pada umur yang berbeda. *Ternak Tropika*, 16(1), 61–68. <https://doi.org/10.21776/ub.jtapro.2015.016.01.10>
- Oliveira, J. B. A., Petersen, C. G., Mauri, A. L., Vagnini, L. D., Baruffi, R. L., & Franco, J. G. (2014). The effects of age on sperm quality: An evaluation of 1,500 semen samples. *JBRA Assisted Reproduction*, 18(2), 34.

- <https://doi.org/10.5935/1518-0557.20140002>
- Pimprasert, M., Kheawkanha, T., Boonkum, W., & Chankitisakul, V. (2023). Influence of semen collection frequency and seasonal variations on semen quality in Thai native roosters. *Animals*, 13(4), 573. <https://doi.org/10.3390/ani13040573>
- Prastowo, S., Dharmawan, P., Nugroho, T., Bachtiar, A., & Pramono, A. (2018). Kualitas semen segar sapi Bali (*Bos javanicus*) pada kelompok umur yang berbeda. *Jurnal Ilmu Ternak Universitas Padjadjaran*, 18(1), 1–7.
- Rahmawati, M. A., Susilawati, T., & Ihsan, M. N. (2015). Kualitas semen dan produksi semen beku pada bangsa sapi dan bulan penampungan yang berbeda. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*, 25(3), 25–36. <https://doi.org/10.21776/ub.jiip.2015.025.03.04>
- Rawlings, N., Evans, A. C. O., Chandolia, R. K., & Bagu, E. T. (2008). Sexual maturation in the bull. *Reproduction in Domestic Animals*, 43, 295–301.
- Residiwati, G., Tuska, H. S. A., Asfiya, N. L., Zuhria, F. P., & Khalmat, N. (2023). *Belgian Blue Indonesia*. Universitas Brawijaya Press.
- Seifi-Jamadi, A., Zhandi, M., Kohram, H., Luceño, N. L., Leemans, B., Henrotte, E., & Van Soom, A. (2020). Influence of seasonal differences on semen quality and embryo development of Belgian Blue bulls. *Theriogenology*, 158, 8–17. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.08.037>
- Setiawan, D. (2018). Artificial insemination of beef cattle UPSUS SIWAB program. *International Journal of Tropical Veterinary and Biomedical Research*, 3(1), 7–11. <https://doi.org/10.21157/ijtvbr.v3i1.11339>
- Susilawati, T. (2011). *Spermatology*. Universitas Brawijaya Press.
- Yekti, A. P. A., Susilawati, T., Ihsan, M. N., & Wahyuningsih, S. (2017). *Fisiologi reproduksi ternak*. Universitas Brawijaya Press.
- Zhang, D., Raza, S. H. A., Du, X., Wang, J., Wang, M., Ma, J., & Zan, L. (2024). Effect of feeding corn silage on semen quality and spermatogenesis of bulls. *Veterinary Research Communications*, 48(1), 391–401. <https://doi.org/10.1007/s11259-023-10218-7>