Ranah Research
Journal of Multidisciplinary Research and Development
E-ISSN: 2655-0865
DINASTI RESEARCH
082170743613 ranahresearch@gmail.com https://jurnal.ranahresearch.com

DOI: https://doi.org/10.38035/rrj.v8i6
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Received: 11 September 2026 | **Revised:** 19 September 2026 | **Accepted:** 3 Oktober 2026

Karakteristik Semen Segar Sapi Angus, Limousin, Simmental pada Berbagai Fase Pengamatan Sebelum dan sesudah Vaksinasi Penyakit Mulut dan Kuku

Susiana Susiana[1], Sumartono Sumartono[2], Inggit Kentjonowaty[3]
[1]Universitas Islam Malang, Jawa Timur, Indonesia, susiana78euro@gmail.com
[2]Universitas Islam Malang, Jawa Timur, Indonesia, sumartono@unisma.ac.id
[3]Universitas Islam Malang, Jawa Timur, Indonesia, inggit.kentjowaty@unisma.ac.id

Corresponding Author: susiana78euro@gmail.com[1]

Abstract: *Foot-and-Mouth Disease (FMD) is a strategic contagious animal disease controlled through vaccination programs. This study aimed to analyze the effects of the observation phase (relative to the FMD vaccination period) and cattle breed, as well as the interaction between breed and observation phase, on the fresh semen quality of breeding bulls—specifically regarding sperm motility, sperm abnormality, sperm concentration, and semen volume. A quantitative method using a case study approach was employed. Three bulls per breed were used in the study. Data were analyzed using Repeated Measures ANOVA followed by a Bonferroni post-hoc test at a 5% significance level. The results showed that the observation phase significantly affected sperm motility, sperm abnormality, and semen volume, but did not significantly affect sperm concentration. The cattle breed factor did not significantly affect any of the semen quality parameters. Interaction analysis revealed a significant interaction between breed and observation phase regarding sperm motility and semen volume, but not regarding sperm abnormality or sperm concentration. Bonferroni post-hoc test results indicated that changes in motility across phases were significant for Angus cattle but not for Limousin and Simmental cattle; conversely, changes in semen volume across phases were significant for Limousin cattle but not for Angus and Simmental cattle. The novelty of this study lies in the use of three cattle breeds—Angus, Simmental, and Limousin—and the longitudinal assessment of parameters such as sperm motility, semen volume, sperm abnormalities, and sperm concentration before and after Foot-and-Mouth Disease vaccination.*

Keyword: *cattle breed, sperm quality, foot-and-mouth disease vaccination*

Abstrak: Penyakit Mulut dan Kuku (PMK) merupakan penyakit hewan menular strategis yang pengendaliannya dilakukan melalui program vaksinasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh fase pengamatan yang berkaitan dengan periode vaksinasi PMK, pengaruh bangsa sapi, serta interaksi antara bangsa sapi dan fase pengamatan terhadap kualitas semen segar sapi pejantan yang ditinjau dari motilitas spermatozoa, abnormalitas spermatozoa, konsentrasi spermatozoa, dan jumlah volume semen. Penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan studi kasus. Penelitian ini menggunakan 3 ekor pejantan per

masing-masing bangsa. Data dianalisis menggunakan Repeated Measures ANOVA dilanjutkan dengan uji lanjut Bonferroni pada taraf signifikansi 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fase pengamatan berpengaruh nyata terhadap motilitas spermatozoa, abnormalitas spermatozoa, dan volume semen, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap konsentrasi spermatozoa. Faktor bangsa sapi tidak berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter kualitas semen. Analisis interaksi menunjukkan bahwa bangsa sapi dan fase pengamatan berinteraksi nyata terhadap motilitas spermatozoa dan volume semen, tetapi tidak terhadap abnormalitas spermatozoa maupun konsentrasi spermatozoa. Hasil uji lanjut Bonferroni menunjukkan bahwa perubahan motilitas antar fase signifikan pada sapi Angus, sedangkan pada Limousin dan Simmental tidak signifikan; sementara perubahan volume semen antar fase signifikan pada sapi Limousin, sedangkan pada Angus dan Simmental tidak signifikan. Kebaruan dalam penelitian ini terletak pada penggunaan tiga bangsa sapi seperti Angus, Simmental, dan Limousin; menggunakan parameter motilitas spermatozoa, volume semen, abnormalitas dan konsentrasi spermatozoa yang dilakukan secara *longitudinal* sebelum dan setelah dilakukannya vaksinasi Penyakit Mulut dan Kuku.

Kata Kunci: bangsa sapi, kualitas spermatozoa, vaksinasi penyakit mulut dan kuku

PENDAHULUAN

Peternakan sapi memiliki peran yang strategis untuk mendukung ketahanan pangan nasional, terutama penyediaan protein hewani berupa daging dan susu (Andaruisworo, 2021; Nurtini & UM, 2018). Peningkatan populasi dan produktivitas ternak tidak terlepas dari keberhasilan program pembibitan dan inseminasi buatan (IB), yang sangat bergantung pada efisiensi reproduksi (Suprianto & Djuliansah, 2018). Salah satu faktor penting dalam keberhasilan reproduksi adalah kualitas semen pejantan, karena kualitas semen berhubungan dengan keberhasilan fertilisasi dan tingkat kebuntingan (Hasrin et al., 2022).

Secara fisiologis, kualitas spermatozoa dipengaruhi oleh proses spermatogenesis yang berlangsung optimal di dalam testis serta keseimbangan hormonal, kondisi fisiologis, serta faktor lingkungan (Azzahra et al., 2016; Sembiring et al., 2026). Parameter utama dalam evaluasi semen segar meliputi motilitas spermatozoa, konsentrasi spermatozoa, volume semen, dan abnormalitas spermatozoa. Motilitas spermatozoa sapi adalah kemampuan spermatozoa untuk bergerak secara aktif menggunakan flagelum, terutama kemampuan melakukan pergerakan progresif, yang merupakan salah satu indikator penting kualitas semen dan potensi fertilitas pejantan (Bollwein & Malama, 2023). Konsentrasi spermatozoa adalah jumlah spermatozoa yang terkandung dalam setiap satuan volume semen dan umumnya dinyatakan dalam juta spermatozoa per mililiter ($\times 10^6$ spermatozoa/mL) (Brito et al., 2025). Volume semen merupakan jumlah semen yang dihasilkan dalam satu kali ejakulasi dan merupakan salah satu parameter penting dalam evaluasi semen segar pejantan (Azad et al., 2024). Abnormalitas spermatozoa pada sapi merupakan perubahan morfologi yang dapat berhubungan dengan penurunan fertilitas pejantan (Barth et al., 2025).

Kualitas semen yang baik ditandai dengan motilitas dan konsentrasi spermatozoa yang memadai, tingkat abnormalitas yang rendah, serta volume semen yang mendukung proses pengolahan semen. Perubahan pada salah satu karakteristik tersebut dapat memengaruhi kualitas semen yang dihasilkan untuk kebutuhan inseminasi buatan. Kualitas spermatozoa juga dipengaruhi oleh kondisi fisiologis ternak, terutama suhu tubuh dan kesehatan reproduksi (Azzahra et al., 2016). Testis memerlukan suhu sekitar 2–6°C lebih rendah dari suhu tubuh agar proses spermatogenesis berlangsung optimal (Kastelic et al., 2018). Peningkatan suhu tubuh akibat stres atau penyakit (pireksia) dapat mengganggu proses spermatogenesis yang selanjutnya memengaruhi motilitas, konsentrasi, dan volume semen, serta meningkatkan abnormalitas spermatozoa. Menurut Yaeram et al. (2006), stres panas akut dapat mengganggu

fungsi sel Sertoli dan spermatid, menyebabkan kerusakan tubulus seminiferus serta meningkatkan apoptosis sel germinal. Dampaknya umumnya terlihat pada kualitas semen dalam 2–6 minggu setelah setelah terjadinya gangguan fisiologis, sesuai dengan proses spermatogenesis.

Salah satu kondisi kesehatan yang berpotensi memengaruhi status fisiologis ternak adalah Penyakit Mulut dan Kuku (PMK), yaitu penyakit menular yang menyerang hewan berkuku belah. PMK atau Penyakit mulut dan kuku merupakan salah satu penyakit hewan menular yang morbiditasnya tinggi dan kerugian ekonomi yang ditimbulkan sangat besar (Wulandani, 2022). Selain itu, PMK dapat mengganggu sistem reproduksi pada sapi (Setyo, 2024).

Sebagai bentuk pengendalian terhadap situasi epidemiologis, pemerintah menerbitkan Surat Keputusan Menteri Pertanian No. 403 Tahun 2022 melaksanakan program vaksinasi PMK secara massal, termasuk pada sapi pejantan donor semen di pusat pembibitan seperti Balai Besar Inseminasi Buatan (BBIB) Singosari (Indonesia, 2022). Vaksin PMK yang digunakan merupakan vaksin inaktif yang secara teoritis aman dan tidak menyebabkan infeksi. Respons imun setelah vaksinasi dapat menyebabkan perubahan fisiologis sementara pada ternak, sehingga perubahan karakteristik semen pada fase sebelum dan sesudah vaksinasi perlu diamati secara empiris. Vaksinasi PMK dapat memengaruhi kualitas semen secara sementara, kemungkinan melalui respons fisiologis seperti hipertermia sementara dan stres oksidatif (Sitali et al., 2026). Kondisi ini berpotensi memengaruhi sistem reproduksi, khususnya pada proses spermatogenesis dan kualitas spermatozoa. Dampak yang mungkin terjadi meliputi penurunan motilitas akibat gangguan metabolisme energi sel sperma, penurunan konsentrasi akibat gangguan produksi spermatozoa, peningkatan abnormalitas akibat kerusakan struktur sel, serta perubahan volume semen akibat gangguan fungsi kelenjar aksesoris reproduksi.

Bangsa sapi merupakan salah satu faktor yang dapat berhubungan dengan karakteristik semen (Rahmawati et al., 2015). Sapi Simmental, Limousin, dan Angus memiliki karakteristik genetik dan fisiologis yang berbeda sehingga dapat menunjukkan variasi dalam karakteristik semen maupun respons terhadap perubahan kondisi fisiologis. Oleh karena itu, pengamatan terhadap lebih dari satu bangsa sapi diperlukan untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai karakteristik semen segar pada berbagai fase pengamatan.

Hasil penelitian terkait pengaruh vaksinasi PMK terhadap kualitas semen menunjukkan hasil yang bervariasi. Kekhawatiran ini diperkuat oleh hasil penelitian pendahulu yang kontradiktif di mana sebagian besar melaporkan penurunan kualitas semen segar pasca-vaksinasi PMK (Bhakat et al., 2010). sementara beberapa penelitian lain tidak menunjukkan adanya pengaruh signifikan pada beberapa parameter semen. Perbedaan hasil ini kemungkinan disebabkan oleh variasi bangsa sapi, formulasi vaksin, status imun, manajemen pemeliharaan, serta faktor lingkungan. Inilah alasan pentingnya penelitian lanjutan yang lebih komprehensif pada pejantan donor semen dari berbagai bangsa di Indonesia, terlebih karena setiap bangsa sapi dapat menunjukkan respons imunologi dan fisiologis yang berbeda (Gupta et al., 2018).

Perbedaan hasil penelitian tersebut menunjukkan adanya kesenjangan ilmiah (*research gap*) yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain jenis dan formulasi vaksin, kondisi fisiologis ternak, manajemen pemeliharaan, serta faktor lingkungan. Selain itu, faktor bangsa sapi juga memiliki peran penting, karena setiap bangsa memiliki karakteristik fisiologis, adaptasi lingkungan, dan respons imun yang berbeda. Hal ini menyebabkan kemungkinan adanya variasi pengaruh vaksin PMK terhadap kualitas spermatozoa antar bangsa sapi. Dalam konteks praktis, BBIB Singosari sebagai pusat produksi semen beku nasional memiliki peran strategis dalam menjaga kualitas semen pejantan donor. Ketersediaan data kualitas semen sebelum dan sesudah vaksinasi memberikan peluang untuk dilakukan analisis retrospektif guna mengevaluasi dampak vaksinasi PMK terhadap kualitas spermatozoa secara lebih komprehensif. Pendekatan ini sesuai dengan metodologi penelitian observasional retrospektif,

di mana peneliti menganalisis data historis untuk menemukan pola dan hubungan antar variabel (Johnston, 2014).

Research gap dalam penelitian ini yaitu pada sapi jenis tertentu tidak menemukan perbedaan signifikan pada motilitas, abnormalitas, konsentrasi, dan volume semen sebelum dan sesudah vaksinasi, sedangkan penelitian lain menunjukkan adanya peningkatan abnormalitas spermatozoa pada periode tertentu setelah vaksinasi (Prihatin, 2023). *Research.* Hasil *systematic review* dan *meta-analysis* terbaru menunjukkan bukti mengenai pengaruh vaksinasi Penyakit Mulut dan Kuku terhadap kualitas semen pejantan yang masih heterogen. Perbedaan hasil dapat berkaitan dengan bangsa, jenis vaksin, metode pengumpulan semen, parameter yang digunakan, serta waktu pengamatan setelah vaksinasi (Sitali et al., 2026). *Review* tersebut secara khusus mengidentifikasi keterbatasan penelitian dalam standardisasi evaluasi semen dan kurangnya informasi mengenai pola perubahan serta pemulihan kualitas semen pada periode pascavaksinasi. Oleh karena itu, masih terdapat *research gap* berupa keterbatasan penelitian yang secara simultan membandingkan karakteristik semen segar sapi Angus, Limousin, dan Simmental pada berbagai fase sebelum dan sesudah vaksinasi Penyakit Mulut dan Kuku. Penelitian ini diarahkan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan mengamati dinamika karakteristik semen secara longitudinal, sehingga dapat diperoleh gambaran mengenai pola perubahan kualitas semen pada masing-masing bangsa sapi selama periode pengamatan sebelum dan sesudah vaksinasi PMK.

Penelitian ini memiliki beberapa kebaruan (*novelty*). Pertama yaitu membandingkan karakteristik semen segar pada tiga bangsa sapi, yaitu Angus, Limousin, dan Simmental, yang memiliki karakteristik genetik dan fisiologis berbeda. Kedua, penelitian dilakukan secara longitudinal sehingga penelitian dapat mengidentifikasi perubahan kualitas semen dari waktu ke waktu. Aspek yang paling kuat untuk dijadikan novelty adalah menguji apakah respons karakteristik semen setelah vaksinasi berbeda antarbangsa sapi pada fase pengamatan yang berbeda.

Berdasarkan uraian tersebut, masih diperlukan informasi yang lebih komprehensif mengenai karakteristik semen segar sapi Simmental, Limousin, dan Angus pada berbagai fase pengamatan sebelum dan sesudah vaksinasi PMK, khususnya pada pejantan donor semen di BBIB Singosari. Pengamatan terhadap beberapa fase memungkinkan identifikasi perubahan karakteristik semen dari waktu ke waktu dan memberikan gambaran mengenai pola respons masing-masing bangsa sapi. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis karakteristik semen segar sapi Simmental, Limousin, dan Angus pada berbagai fase pengamatan sebelum dan sesudah vaksinasi Penyakit Mulut dan Kuku (PMK), meliputi motilitas spermatozoa, abnormalitas spermatozoa, konsentrasi spermatozoa, dan volume semen. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai karakteristik semen pada berbagai fase pengamatan serta menjadi bahan pertimbangan dalam pemantauan kualitas semen pejantan dan pengelolaan produksi semen untuk mendukung keberlanjutan program inseminasi buatan.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan studi kasus. Dalam pendekatan ini, data dikumpulkan dalam bentuk angka dan diolah menggunakan teknik statistik untuk menghasilkan temuan yang objektif. Namun, berbeda dengan penelitian kuantitatif yang bersifat umum, studi kasus menitikberatkan pada konteks spesifik, seperti organisasi, kelompok, atau peristiwa tertentu, sehingga hasil penelitian tidak hanya memberikan bukti empiris, tetapi juga pemahaman yang lebih detail mengenai kondisi nyata. (Johnston, 2014).

Rancangan penelitian berupa analisis komparatif faktorial 3 × 3, yaitu bangsa sapi (Simmental, Limousin, Angus) × fase pengamatan (pra-vaksinasi, vaksinasi dan pasca-vaksinasi). Ketiga fase tersebut dibentuk berdasarkan enam titik waktu pengamatan, yaitu ((H–

14, H–7), (H+7, H+14) (H+56, H+69)). Dengan rancangan ini, peneliti dapat menilai pengaruh vaksinasi PMK terhadap kualitas spermatozoa berdasarkan bangsa sapi dan fase pengamatan.

Populasi penelitian adalah seluruh sapi pejantan dewasa yang dipelihara dan dikelola di Balai Besar Inseminasi Buatan (BBIB) Singosari, Jawa Timur, pada periode pengumpulan data (sekitar Januari–Desember 2025). Populasi mencakup pejantan dari berbagai bangsa sapi potong yang digunakan untuk produksi semen beku di unit tersebut. Sampel yang digunakan merupakan subset dari populasi berupa pejantan yang memenuhi kriteria inklusi dan dipilih dengan teknik *purposive sampling* berdasarkan pertimbangan ilmiah dan praktis. Adapun kriterianya yaitu masing-masing tiga ekor sapi Limousin, Simmental, dan Angus yang merupakan bangsa sapi potong serta digunakan untuk produksi semen beku di unit tersebut. Usia Sapi 3 hingga 7 tahun.

Pengambilan sampel semen dilakukan secara bertahap untuk memperoleh data kualitas semen segar pada kondisi sebelum, selama, dan setelah pemberian vaksin Penyakit Mulut dan Kuku (PMK). Waktu pengambilan sampel ditetapkan berdasarkan hari relatif terhadap waktu pemberian vaksin, sehingga data dapat menggambarkan perubahan kualitas semen pada setiap fase pengamatan. Pengambilan sampel dibagi menjadi tiga fase, yaitu fase pra-vaksinasi, fase vaksinasi, dan fase pascavaksinasi. Fase pra-vaksinasi merupakan periode sebelum pemberian vaksin, fase vaksinasi merupakan periode pengamatan setelah pemberian vaksin dalam rentang awal pascavaksinasi, sedangkan fase pascavaksinasi merupakan periode pengamatan lanjutan setelah vaksinasi.

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan metode dokumentasi, yaitu menyalin dan mengompilasi data sekunder dari arsip laboratorium dan laporan resmi BBIB Singosari. Selain itu, dilakukan studi pustaka untuk memperkuat analisis dengan literatur terkait vaksinasi PMK dan kualitas spermatozoa. Metode dokumentasi merupakan teknik yang lazim digunakan dalam penelitian retrospektif karena peneliti tidak melakukan pengukuran langsung, melainkan mengandalkan data historis.

Data penelitian adalah data sekunder yang diperoleh dari arsip laboratorium BBIB Singosari. Sumber data meliputi: (a) Laporan hasil pemeriksaan semen segar (volume, konsentrasi, motilitas, abnormalitas); (b) Catatan vaksinasi PMK (jenis vaksin, dosis, waktu pemberian); (c) Standar operasional pemeriksaan semen (CASA, photometer, tabung penampung). Penggunaan data sekunder dalam penelitian peternakan telah banyak dilakukan, terutama untuk mengevaluasi kualitas semen pejantan donor dan efektivitas program inseminasi buatan.

Analisis utama yang digunakan adalah Analisis Varian (ANOVA) Faktorial dengan Pengukuran Berulang (*Repeated Measures* ANOVA). Teknik ini dipilih karena desain penelitian mencakup faktor pertama (antara subjek / between-subject factor) meliputi bangsa sapi seperti Simmental, Limousin, Angus. Faktor kedua (dalam subjek / *within-subject factor*) yaitu fase pengamatan yang terdiri atas tiga taraf seperti fase pra-vaksinasi: H−14 dan H−7; fase awal pascavaksinasi: H+7 dan H+14; dan fase pascavaksinasi: H+56 dan H+69. Unit eksperimen yang sama diukur berulang kali pada titik waktu berbeda (*repeated measures*).

Tujuan penelitian adalah menganalisis pengaruh bangsa sapi terhadap kualitas spermatozoa, perubahan kualitas spermatozoa pada beberapa waktu pengamatan, interaksi antara bangsa sapi dan waktu pengamatan, serta perubahan kualitas spermatozoa sebelum dan setelah vaksinasi PMK. Berdasarkan tujuan ini, repeated measures ANOVA merupakan metode yang paling tepat dan secara luas digunakan dalam penelitian fisiologi reproduksi sapi jantan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Normalitas

Hasil uji normalitas menggunakan Shapiro Wilk menunjukkan bahwa parameter abnormalitas dan konsentrasi memenuhi asumsi normalitas pada seluruh fase ($p > 0,05$). Parameter motilitas menunjukkan penyimpangan normalitas pada fase vaksinasi ($p = 0,022$)

dan post-vaksinasi (p = 0,000), sedangkan volume semen menyimpang pada fase vaksinasi (p = 0,045). Meskipun terdapat pelanggaran normalitas, *Repeated Measures* ANOVA bersifat robust terhadap pelanggaran ringan ini terutama dengan ukuran kelompok yang seimbang (N = 6 per bangsa) (Field, 2013), sehingga analisis parametrik dapat dilanjutkan.

Uji Homogenitas Varians

Pelanggaran homogenitas varians terjadi pada motilitas fase vaksinasi dan post-vaksinasi, abnormalitas fase vaksinasi, serta volume fase pre-vaksinasi. Hal ini konsisten dengan besarnya variabilitas individual yang terjadi selama periode vaksinasi, terutama pada parameter motilitas (SD = 21,33%). Meski demikian, *Repeated Measures* ANOVA dengan desain seimbang (*balanced design*; N = 6 per kelompok) diketahui cukup robust terhadap pelanggaran heterogenitas varians (Field, 2018).

Uji Kesetaraan Matriks Kovarians

Uji kesetaraan matriks kovarians dilakukan untuk mengetahui kesamaan matriks kovarians antarbangsa sapi sebagai salah satu asumsi dalam analisis multivariat. Box's M Test menunjukkan ketidaksetaraan matriks kovarians hanya pada parameter motilitas (p = 0,005). Kondisi ini mengindikasikan perbedaan pola kovarians antar fase yang berbeda antara bangsa sapi untuk parameter motilitas. Oleh karenanya, interpretasi hasil motilitas mengacu pada *output multivariate tests* sebagai pendekatan yang lebih konservatif dan robust (Tabachnick & Fidell, 2013).

Uji Sphericity

Uji *sphericity* dilakukan untuk mengetahui terpenuhi atau tidaknya asumsi sphericity pada analisis *Repeated Measures* ANOVA. Asumsi *sphericity* menunjukkan bahwa varians dari selisih antara setiap pasangan fase pengamatan relatif sama. Dalam penelitian ini, hanya parameter abnormalitas yang melanggar asumsi sphericity (W = 0,590; p = 0,025), sehingga koreksi Greenhouse-Geisser (ε = 0,709) diterapkan pada parameter tersebut. Ketiga parameter lainnya seperti motilitas, konsentrasi dan volume memenuhi asumsi sphericity (p > 0,05) dan hasil *Sphericity Assumed* dapat digunakan langsung.

Pengaruh Fase Pengamatan terhadap Kualitas Semen Segar

Untuk mengetahui apakah perubahan kualitas semen pada setiap fase pengamatan berbeda secara statistik, dilakukan analisis Mixed ANOVA yang meliputi *Tests of Within-Subjects Effects, Within-Subjects Contrasts, Estimated Marginal Means,* dan *Pairwise Comparisons*. Hasil tersebut telah dirangkum sesuai dengan tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh Fase Vaksinasi PMK terhadap Kualitas Semen Segar

Parameter	Pra-vaksinasi	Vaksinasi	Pascavaksinasi	p-value
Motilitas (%)	70,994 ± 8,230	58,479 ± 21,332	69,555 ± 18,114	0,030*
Abnormalitas (%)	11,546 ± 3,649	9,527 ± 3,402	8,837 ± 3,357	0,034*
Konsentrasi (10^6 sel/mL)	1096,453 ± 346,572	1148,833 ± 397,721	1144,611 ± 351,253	0,860ns
Volume (mL)	6,255 ± 1,978	5,114 ± 1,605	5,774 ± 1,997	0,046*

signifikan pada p < 0,05.

Berbeda nyata jika p <0,05; ns = tidak berbeda nyata atau p> 0,05. Nilai p berasal dari hasil *Repeated Measures* ANOVA. Hasil uji lanjut Bonferroni menunjukkan tidak terdapat perbedaan nyata antar pasangan fase (p> 0,05). Berdasarkan hasil efek utama *within-subjects*, rumusan masalah pertama terjawab: terdapat perbedaan kualitas semen segar yang signifikan secara statistik antar fase pengamatan pada parameter motilitas spermatozoa (p = 0,030), abnormalitas spermatozoa (p = 0,034), dan volume semen (p = 0,046). Parameter konsentrasi

spermatozoa tidak menunjukkan perbedaan signifikan antar fase (p = 0,860). Dengan demikian, vaksinasi PMK berkaitan dengan perubahan sementara pada tiga dari empat parameter kualitas semen yang diteliti, sedangkan produksi jumlah spermatozoa (konsentrasi) tidak terpengaruh.

Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa vaksinasi memberikan pengaruh signifikan terhadap motilitas pasca-pencairan dan pengaruh negatif yang sangat signifikan terhadap hasil uji abnormalitas pada bagian kepala dan bagian tengah sperma; namun tidak ditemukan pengaruh terhadap volume ejakulat, konsentrasi sperma, motilitas awal, viabilitas, maupun abnormalitas ekor (Gupta et al., 2018). Hasil tersebut menunjukkan bahwa vaksinasi mengubah karakteristik semen pada pejantan sapi.

Perbedaan Kualitas Semen Segar Antar Bangsa Sapi

Analisis efek antar bangsa sapi dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan kualitas semen segar pada sapi Simmental, Limousin, dan Angus. Hasil analisis disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh Bangsa Sapi terhadap Kualitas Semen Segar

Parameter	Angus	Limousin	Simmental	p-value
Motilitas (%)	60,998 ± 3,611	68,309 ± 3,611	69,722 ± 3,611	0,219ns
Abnormalitas (%)	11,287 ± 1,010	10,154 ± 1,010	8,470 ± 1,010	0,174ns
Konsentrasi (10^6 sel/mL)	953,722 ± 93,824	1213,806 ± 93,824	1222,370 ± 93,824	0,104ns
Volume (mL)	5,01 ± 0,575	6,00 ± 0,575	5,80 ± 0,575	0,401ns

Sumber: Data primer diolah, (2026)

Data disajikan sebagai *Estimated Marginal Mean* ± *Standard Error* (SE) untuk faktor bangsa. ns = tidak berbeda nyata (p> 0,05). Berdasarkan hasil analisis, efek bangsa sapi terhadap motilitas, abnormalitas, konsentrasi spermatozoa, dan volume semen tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Meskipun terdapat variasi nilai rata-rata antar bangsa, perbedaan tersebut tidak cukup besar untuk menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna secara statistik. Penelitian sebelumnya menemukan bahwa terdapat perbedaan kualitas semen di antara bangsa sapi yang berbeda (Khan et al., 2018)

Interaksi Bangsa Sapi dan Fase Pengamatan terhadap Kualitas Semen Segar

Analisis interaksi dilakukan untuk mengetahui apakah respons kualitas semen terhadap fase pengamatan berbeda pada masing-masing bangsa sapi. Hasil analisis interaksi disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis Interaksi Bangsa × Fase

Parameter	F	Sig. (p)	Partial η^2	Keterangan
Motilitas (%)	4,354	0,007**	0,367	Signifikan
Abnormalitas (%)	0,898	0,477	0,107	Tidak Signifikan
Konsentrasi (jt/ml)	1,472	0,235	0,164	Tidak Signifikan
Volume (ml)	3,404	0,021*	0,312	Signifikan

Sumber: Data primer diolah, (2026)

Nilai F, *p-value*, dan *Partial Eta Squared* diperoleh dari hasil *Repeated Measures* ANOVA pada faktor interaksi Bangsa × Fase. Interaksi dinyatakan signifikan apabila p < 0,05. Hasil analisis menunjukkan bahwa interaksi antara bangsa sapi dan fase pengamatan signifikan pada parameter motilitas spermatozoa dan volume semen, sedangkan pada abnormalitas dan konsentrasi spermatozoa tidak ditemukan interaksi yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa pola perubahan motilitas dan volume semen setelah vaksinasi berbeda antar bangsa sapi, sementara perubahan pada abnormalitas dan konsentrasi relatif seragam. Oleh karena itu,

pembahasan selanjutnya difokuskan pada parameter yang menunjukkan interaksi signifikan, yaitu motilitas spermatozoa dan volume semen, sedangkan abnormalitas spermatozoa dan konsentrasi spermatozoa dibahas berdasarkan pengaruh utama fase pengamatan dan bangsa sapi.

Interaksi Bangsa Sapi dan Fase Pengamatan terhadap Motilitas Spermatozoa

Tabel 4. Interaksi Bangsa Sapi dan Fase Pengamatan terhadap Motilitas Spermatozoa (%)

Bangsa Sapi	Pre-Vaksinasi	Vaksinasi	Post-Vaksinasi	P-value
Angus	62,19 ± 7,68[a]	44,65 ± 27,93[a]	76,16 ± 10,17 [ab]	0,023
Limousin	75,29 ± 5,02[a]	72,77 ± 10,18[a]	56,87 ± 26,57[a]	0,077
Simmental	75,51 ± 2,57[a]	58,02 ± 13,75[a]	75,64 ± 4,10[a]	0,149

Sumber: Data primer diolah, (2026)

Berdasarkan Tabel 4, interaksi bangsa sapi dan fase pengamatan menunjukkan pola perubahan motilitas spermatozoa yang berbeda pada masing-masing bangsa sapi. Pada bangsa Angus, motilitas spermatozoa mengalami penurunan dari 62,19 ± 7,68% pada fase pre-vaksinasi menjadi 44,65 ± 27,93% pada fase vaksinasi, kemudian meningkat menjadi 76,16 ± 10,17% pada fase post-vaksinasi. Hasil analisis menunjukkan nilai $p = 0,023$ ($p < 0,05$), sehingga perubahan motilitas antar fase pada bangsa Angus dinyatakan berbeda nyata. Sementara itu, pada bangsa Limousin terjadi penurunan motilitas dari 75,29 ± 5,02% menjadi 72,77 ± 10,18% dan selanjutnya 56,87 ± 26,57%, dengan $p = 0,077$ ($p > 0,05$), sehingga perubahan tersebut tidak berbeda nyata. Pada bangsa Simmental, motilitas menurun dari 75,51 ± 2,57% pada pre-vaksinasi menjadi 58,02 ± 13,75% pada vaksinasi, kemudian meningkat menjadi 75,64 ± 4,10% pada post-vaksinasi. Nilai $p = 0,149$ ($p > 0,05$) menunjukkan bahwa perubahan tersebut tidak berbeda nyata. Dengan demikian, respons motilitas spermatozoa terhadap fase pengamatan cenderung berbeda menurut bangsa sapi, dengan perubahan yang nyata hanya ditemukan pada bangsa Angus.

Vaksinasi PMK dapat memicu demam dan stres oksidatif, yang menyebabkan kerusakan sel sperma, penurunan kualitas sperma, dan peningkatan abnormalitas sperma pada pejantan (Sitali et al., 2026). Temuan tersebut mendukung hasil penelitian ini di mana terdapat perubahan motilitas antar fase pengamatan pada bangsa Angus yang mendapatkan vaksinasi PMK.

Interaksi Bangsa Sapi dan Fase Pengamatan terhadap Volume Semen

Hasil *Repeated Measures* ANOVA menunjukkan bahwa interaksi antara bangsa sapi dan fase pengamatan juga berpengaruh nyata terhadap volume semen ($p < 0,05$). Oleh karena itu, interpretasi volume semen dilakukan berdasarkan kombinasi bangsa sapi dan fase pengamatan.

Tabel 5. Interaksi Bangsa Sapi dan Fase Pengamatan terhadap Volume Semen (mL)

Bangsa Sapi	Pra-vaksinasi	Vaksinasi	Pascavaksinasi	P-value
Angus	5,000 ± 0,792[a]	4,200 ± 1,916[a]	5,822 ± 1,144[a]	0,140
Limousin	7,044 ± 1,932[a]	6,166 ± 0,785[ab]	4,800 ± 2,504[b]	0,010
Simmental	6,722 ± 2,460[a]	4,977 ± 1,456[a]	6,700 ± 1,951[a]	0,122

Sumber: Data primer diolah, (2026)

Berdasarkan Tabel 5. volume semen menunjukkan respons yang berbeda pada setiap bangsa sapi selama fase pra-vaksinasi, vaksinasi, dan pascavaksinasi. Pada sapi Angus, volume semen mengalami penurunan dari 5,000 ± 0,792 mL pada pra-vaksinasi menjadi 4,200 ± 1,916 mL pada fase vaksinasi, kemudian meningkat menjadi 5,822 ± 1,144 mL pada pascavaksinasi. Namun, perbedaan tersebut tidak signifikan secara statistik ($p = 0,140$). Pada sapi Limousin,

volume semen menunjukkan penurunan dari 7,044 ± 1,932 mL pada pra-vaksinasi menjadi 6,166 ± 0,785 mL pada fase vaksinasi dan 4,800 ± 2,504 mL pada pascavaksinasi. Hasil analisis menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antar fase (p = 0,010). Berdasarkan uji lanjut, fase pra-vaksinasi berbeda nyata dengan fase pascavaksinasi, sedangkan fase vaksinasi berada pada kelompok yang sama dengan kedua fase tersebut. Sementara itu, pada sapi Simmental, volume semen menurun dari 6,722 ± 2,460 mL menjadi 4,977 ± 1,456 mL pada fase vaksinasi dan kembali meningkat menjadi 6,700 ± 1,951 mL pada pascavaksinasi, tetapi perbedaannya tidak signifikan (p = 0,122). Secara keseluruhan, perubahan volume semen yang signifikan hanya ditemukan pada bangsa Limousin, sedangkan Angus dan Simmental tidak menunjukkan perubahan yang signifikan antar fase pengamatan.

Hasil penelitian dari Sitali et al. (2026) menunjukkan bahwa meskipun vaksinasi PMK tidak menunjukkan pengaruh terhadap volume semen pada periode 7–14 hari pasca-vaksinasi, vaksinasi tersebut secara signifikan meningkatkan volume semen pada periode 28–35 hari pasca-vaksinasi. Menurut Khoshniyat (2023), dampak valsinasi PMK memiliki hasil yang berbeda-beda terhadap volume semen. Penelitian ini memiliki kebaruan (*novelty*) berupa penggunaan tiga bangsa sapi seperti Angus, Limousin, Simmental menggunakan parameter motilitas spermatozoa, volume semen, abnormalitas dan konsentrasi spermatozoa yang dilakukan secara *longitudinal* atau beberapa lini waktu.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil penelitian menyimpulkan bahwa terdapat perbedaan kualitas semen segar antar fase pengamatan, yaitu pada motilitas, abnormalitas, dan volume semen, sedangkan konsentrasi semen tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antar fase pengamatan. Tidak terdapat perbedaan kualitas semen segar antar bangsa sapi Angus, Limousin, dan Simmental pada parameter motilitas, abnormalitas, konsentrasi maupun volume semen.

Hasil analisis menunjukkan bahwa interaksi antara bangsa sapi dan fase pengamatan signifikan pada parameter motilitas spermatozoa dan volume semen, sedangkan pada abnormalitas dan konsentrasi spermatozoa tidak ditemukan interaksi yang signifikan. Respons motilitas spermatozoa terhadap fase pengamatan cenderung berbeda menurut bangsa sapi, dengan perubahan yang nyata hanya ditemukan pada bangsa Angus. Perubahan volume semen yang signifikan hanya ditemukan pada bangsa Limousin, sedangkan Angus dan Simmental tidak menunjukkan perubahan yang signifikan antar fase pengamatan.

Keterbatasan

Penelitian hanya menggunakan sapi Angus, Limousin, dan Simmental yang tersedia pada lokasi penelitian. Jumlah pejantan pada masing-masing bangsa dan karakteristik individual seperti kondisi tubuh serta riwayat reproduksi dapat memengaruhi kualitas semen sehingga generalisasi hasil penelitian perlu dilakukan secara hati-hati. Adanya keterbatasan faktor lingkungan di mana karakteristik semen tidak hanya dipengaruhi oleh vaksinasi Penyakit Mulut dan Kuku tetapi juga oleh pakan, suhu dan kelembapan lingkungan, manajemen pemeliharaan, stres, aktivitas fisik, serta kondisi kesehatan ternak. Faktor-faktor tersebut sulit dikendalikan sepenuhnya selama penelitian.

Saran

Pemantauan kualitas semen segar pada pejantan setelah vaksinasi PMK (penyakit mulut dan kuku) perlu dilakukan secara berkala, terutama pada parameter motilitas, abnormalitas dan volume semen, karena ketiga parameter tersebut menunjukkan adanya interaksi antara bangsa sapi dan fase pengamatan. Pengamatan pascavaksinasi sebaiknya dilakukan dengan periode yang lebih panjang dan interval yang lebih teratur, sehingga pola perubahan dan pemulihan kualitas semen setelah vaksinasi dapat diketahui dengan lebih jelas. Penelitian selanjutnya perlu

melibatkan jumlah pejantan dan bangsa sapi yang lebih banyak serta mempertimbangkan faktor lain seperti kondisi individu, pakan, lingkungan, dan manajemen penampungan semen untuk memperoleh gambaran respons yang lebih komprehensif.

Kontribusi Penulis

Penulis pertama bertanggung jawab dalam konseptualisasi penelitian, penyusunan metodologi, pengumpulan data karakteristik semen, pengolahan dan analisis data, interpretasi hasil, serta penyusunan dan revisi naskah. Penulis kedua dan ketiga berkontribusi dalam perancangan metodologi penelitian, supervisi pelaksanaan penelitian, validasi data, serta memberikan masukan terhadap interpretasi hasil penelitian

REFERENSI

Andaruisworo, S. (2021). Kebijakan pemerintah dalam upaya pengembangan sapi lokal (sapi bali) dalam menunjang pemenuhan kebutuhan protein hewani dan swasembada daging. *Prosiding Seminar Nasional Kesehatan, Sains Dan Pembelajaran*, *1*(1), 788–793.

Azad, C. S., Prasad, J. K., Sengupta, D., Sheetal, S. K., Kumar, A., & Rana, T. (2024). Characteristics of Bachaur bull semen. *Reproduction in Domestic Animals*, *59*(7), e14666.

Azzahra, F. Y., Setiatin, E. T., & Samsudewa, D. (2016). Evaluasi motilitas dan persentase hidup semen segar sapi PO Kebumen pejantan muda. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, *11*(2), 99–107.

Barth, A., Perry, V. E. A., Hamilton, L. E., Sutovsky, P., & Oko, R. (2025). Standardization of the Assessment of Bovine Spermatozoal Abnormalities, in Relation to Fertility, as Part of the Bull Breeding Soundness Examination. In *Abnormal Morphology of Bovine Spermatozoa* (pp. 349–369). Springer.

Bhakat, M., Mohanty, T. K., Gupta, A. K., Raina, V. S., Brahma, B., Mahapatra, R. K., & Sarkar, M. (2010). Effect of FMD vaccination on semen quality parameters in Karan Fries and Murrah buffalo bulls. *Tropical Animal Health and Production*, *42*(7), 1363–1366.

Bollwein, H., & Malama, E. (2023). *Review: Evaluation of bull fertility. Functional and molecular approaches. Animal 17: 100795*.

Brito, L. F. C., González-Marín, C., & Ross, P. J. (2025). Standardization of bovine sperm concentration analysis in a multi-laboratory setting. *Theriogenology*, *243*, 117472.

Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (Vol. 5). sage London.

Gupta, M. Das, Rathi, G., Sontakke, S. H., Vinod, S., Mushtaque, M., Kadam, H., Dash, S., & Khadse, J. R. (2018). Effect of foot and mouth disease vaccination on seminal traits in pure Holstein Friesian bulls. *Indian J Anim Res*, *52*, 1770–1773.

Hasrin, H., Toleng, A. L. T., & Hasbi, H. (2022). Kebuntingan sapi Bali yang diinseminasi buatan setelah menunjukkan birahi alami. *AVES: Jurnal Ilmu Peternakan*, *16*(1), 11–16.

Indonesia, K. P. R. (2022). *Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 403/KPTS/PK.300/M/05/2022 tentang penetapan daerah wabah Penyakit Mulut dan Kuku (Foot and Mouth Disease) pada beberapa kabupaten di Provinsi Jawa Timur*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Johnston, M. P. (2014). Secondary data analysis: A method of which the time has come. *Qualitative and Quantitative Methods in Libraries*, *3*(3), 619–626.

Kastelic, J. P., Rizzoto, G., & Thundathil, J. (2018). Testicular vascular cone development and its association with scrotal thermoregulation, semen quality and sperm production in bulls. *Animal*, *12*(s1), s133–s141.

Khan, I. M., Khan, R. U., Qureshi, M. S., Usman, T., Khan, A., Ullah, Z., & Rehman, H. (2018). Cross breeding promotes deterioration of semen quality in cattle bulls. *Pakistan Journal of Zoology*, *50*(1), 97–103.

Khoshniyat, M. R. (2023). Effect of foot and mouth disease vaccination on various semen characteristic in Holstein bulls. *Journal of Animal Science Research*, (4).

Nurtini, S., & UM, M. A. (2018). *Profil peternakan sapi perah rakyat di Indonesia*. Ugm Press.

Prihatin, K. W. (2023). Effect of foot and mouth diseases vaccination on basic semen quality parameter in Bali cattle. *Jurnal Medik Veteriner*.

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.

Sembiring, V. T., Aprisal, & Elisia, R. (2026). Pengaruh Musim Terhadap Kualitas Makroskopis Dan Mikroskopis Semen Segar Sapi Pesisir. *Jurnal Tropicalanimal, 4*(1), 33–41. https://doi.org/https://doi.org/10.24036/jeta.v4i1.150

Setyo, N. S. (2024). *Kajian Sapi Peranakan Friesian Holstein (PFH) dengan Riwayat Penyakit Mulut dan Kuku (PMK) terhadap Kejadian Gangguan Reproduksi*.

Sitali, M. C., Matumba, L., & Chelenga, M. (2026). Do foot and mouth disease vaccines affect bovine bull fertility? A systematic review and meta-analysis. *Veterinary and Animal Science*, 100677.

Suprianto, S., & Djuliansah, D. (2018). Kajian aplikasi teknologi inseminasi buatan dalam upaya peningkatan produktivitas dan pendapatan usaha ternak sapi potong di Kabupaten Tasikmalaya. *Mimbar Agribisnis: Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*, *1*(3), 211–226.

Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2013). *Using Multivariate Statistics*. Pearson Education. https://books.google.co.id/books?id=ucj1ygAACAAJ

Wulandani, I. (2022). Case Report: Penyakit Mulut dan Kuku (PMK) pada Ternak Sapi Potong di Kabupaten Bangka Tengah, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung: Case Report: Foot and Mouth Disease (FMD) in Beef Cattle in Central Bangka Regency, Bangka Belitung Islands Province. *Veterinary Biomedical and Clinical Journal*, *4*(2), 66–74.

Yaeram, J., Setchell, B. P., & Maddocks, S. (2006). Effect of heat stress on the fertility of male mice in vivo and in vitro. *Reproduction, Fertility and Development*, *18*(6), 647–653.