

Pemeriksaan Radiologi pada Tulang Maksila Untuk Deteksi *Alveolar Bone Loss* pada Kucing (*Felis catus*) Orkidektomi

Radiological Examination of The Maxillary Bone to Detect Alveolar Bone Loss in Orchidectomized Cats (Felis catus)

Annisa Almafitri Adrianus¹, Pranyata Tangguh Waskita^{1,2*}, Tyagita Hartady^{1,3}

¹Program Studi Kedokteran Hewan, Fakultas Kedokteran, Universitas Padjadjaran,

²Perhimpunan Dokter Hewan Indonesia (PDHI) Jawa Barat

³Departemen Ilmu Kedokteran Dasar, Fakultas Kedokteran, Universitas Padjadjaran

*Corresponding author; Email: pranyata0913@gmail.com

Naskah diterima: 5 Januari 2024, direvisi: 11 Juli 2024, disetujui: 13 Januari 2025

Abstract

This study aimed to determine the potential impact of orchidectomy on alveolar bone density in male cats, using an exploratory study design and CEJ-ABC distance measurement method. This study used four different groups based on the duration since orchidectomy, with maxillary radiographic images used to assess the level of alveolar bone loss. The results of the statistical test with one-way ANOVA showed no statistically significant difference (p value > 0.05) in the CEJ-ABC distance between orchidectomy groups for the measured surfaces (mesial PM3, distal PM3, mesial PM4, and distal PM4). The conclusion showed no substantial difference in alveolar bone density between orchidectomy groups.

Keywords: alveolar bone loss, CEJ-ABC distance, orchidectomy

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak potensial orkidektomi terhadap densitas tulang alveolar pada kucing jantan, menggunakan desain penelitian eksploratif dan metode pengukuran jarak CEJ-ABC. Penelitian ini menggunakan empat kelompok berbeda berdasarkan durasi sejak orkidektomi, dengan citra radiografi rahang atas digunakan untuk menilai tingkat *alveolar bone loss*. Hasil uji statistik dengan *one-way* ANOVA menunjukkan hasil tidak ada perbedaan signifikan secara statistik (p value > 0.05) dalam jarak CEJ-ABC di antara kelompok orkidektomi untuk permukaan yang diukur (mesial PM3, distal PM3, mesial PM4, dan distal PM4). Kesimpulan menunjukkan tidak ada perbedaan substansial dalam densitas tulang alveolar antara kelompok orkidektomi.

Kata kunci: *alveolar bone loss*, jarak CEJ-ABC, orkidektomi

Pendahuluan

Gonad merupakan kelenjar heterokrin pada vertebrata yang berperan dalam produksi gamet dan hormon seks. Testis menghasilkan sperma dan hormon androgen, sementara ovarium menghasilkan ovum dan hormon estrogen (Mohamad *et al.*, 2016; Chidi-Ogbolu & Baar, 2019). Tindakan pembedahan

pengangkatan gonad (gonadektomi) secara signifikan menurunkan produksi hormon seks, yang berperan penting dalam mempertahankan massa dan kekuatan tulang. Hormon estrogen dan testosteron memengaruhi turnover tulang, sehingga penurunan kadar hormon seks dapat meningkatkan risiko masalah densitas tulang, seperti osteoporosis. *Alveolar bone loss* – yang

sering dikaitkan dengan defisiensi hormon seks—dapat disebabkan oleh gonadektomi, cedera, infeksi, kemoterapi, atau penyakit pada kelenjar pituitari (Fletcher, 2022).

Beberapa studi telah mengaitkan gonadektomi dengan penurunan kesehatan tulang pada berbagai hewan model. Johnson *et al.*, (2002) menunjukkan bahwa ovariektomi pada domba menyebabkan penurunan densitas tulang pada radius/ulna dan alveolar mandibula. Sementara itu, penelitian oleh Wang *et al.*, (2016) pada makaka yang menjalani orkidektomi menunjukkan penipisan tulang kortikal dan densitas tulang alveolar. Temuan ini relevan, mengingat gonadektomi merupakan prosedur yang umum dilakukan pada hewan domestik, termasuk kucing, baik untuk tujuan kontrol populasi maupun kesehatan.

Namun, penelitian tentang dampak gonadektomi terhadap kesehatan tulang kucing masih sangat terbatas, meskipun kucing merupakan salah satu hewan peliharaan yang paling sering menjalani prosedur ini. Studi pada kucing dapat memberikan wawasan yang lebih spesifik mengingat perbedaan metabolisme tulang antara spesies. Sebagai contoh, kucing memiliki sistem metabolisme kalsium dan fosfor yang unik dibandingkan dengan hewan model lainnya, sehingga efek hormonal pada tulang mereka mungkin tidak sepenuhnya sebanding dengan hewan lain atau manusia (Catunda *et al.*, 2021). Selain itu, kepadatan tulang alveolar secara langsung memengaruhi kesehatan gigi dan mulut, yang merupakan aspek penting dalam perawatan kesehatan kucing.

Studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi dampak gonadektomi terhadap densitas tulang trabekular pada maksila dan potensi alveolar bone loss pada kucing jantan. Temuan ini diharapkan dapat memperkaya pemahaman tentang metabolisme tulang pada kucing sekaligus memberikan kontribusi signifikan pada pendekatan pencegahan atau perawatan kesehatan tulang pada kucing domestik. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar untuk eksplorasi lebih lanjut mengenai dampak intervensi hormonal terhadap kesehatan tulang pada kucing, yang mungkin juga relevan untuk spesies lain, termasuk manusia.

Materi dan Metode

a. Sertifikat Persetujuan Etik Hewan

Seluruh prosedur pemakaian hewan coba telah mendapat persetujuan dari Komite Etik Penelitian Universitas Padjadjaran Bandung yang menyatakan prosedur penelitian telah sesuai dengan prinsip penggunaan dan asas kesejahteraan hewan dengan surat persetujuan etik hewan nomor 1476/UN6.KEP/EC/2023.

b. Alat dan Bahan

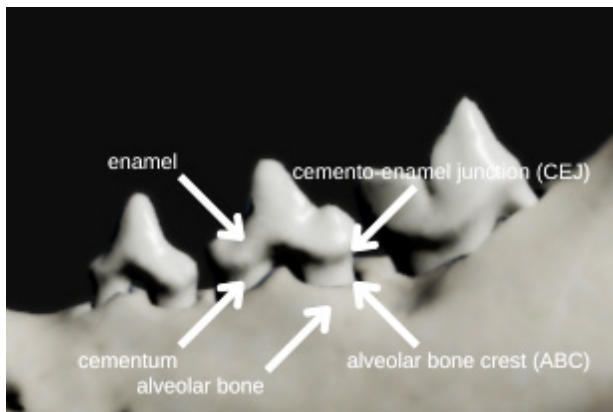
Peralatan utama yang digunakan dalam studi ini adalah mesin radiografi dental untuk mengambil citra tulang alveolar pada sampel. Secara spesifik, mesin yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin X-ray digital CR7 VET oleh iM3. Mesin ini dipilih karena memiliki pencitraan beresolusi tinggi dan memiliki kemampuan mengambil gambar berstruktur kecil dan rumit di dalam mulut kucing. Alat dan bahan lain yang digunakan dalam studi ini adalah pelat pencitraan beresolusi tinggi serta ketamine dan xylazine sebagai agen anestesi general untuk *restraint*.

c. Metode Penelitian

Rancangan studi ini membagi sampel menjadi empat kelompok:

- i. Kelompok non-orkidektomi (kontrol)
- ii. Kelompok orkidektomi jangka pendek (dikastrasi <6 bulan yang lalu)
- iii. Kelompok orkidektomi jangka menengah (dikastrasi 6-12 bulan yang lalu)
- iv. Kelompok orkidektomi jangka panjang (dikastrasi >12 bulan yang lalu)

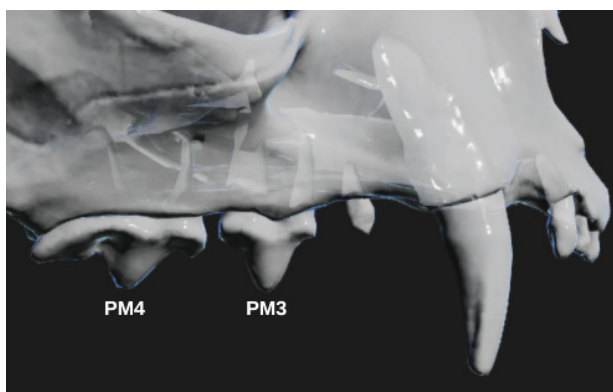
Penulis kemudian menggunakan mesin radiografi dental untuk memindai maksila kucing-kucing tersebut dan memeriksa densitas tulang alveolarnya menggunakan metode pengukuran jarak CEJ-ABC. Tujuan dari penelitian eksploratif ini untuk menyelidiki pengaruh orkidektomi pada *alveolar bone loss* pada kucing jantan. Perbandingan radiografi kucing-kucing tersebut bertujuan untuk menentukan ada tidaknya perbedaan densitas tulang alveolar antara keempat kelompok. Studi



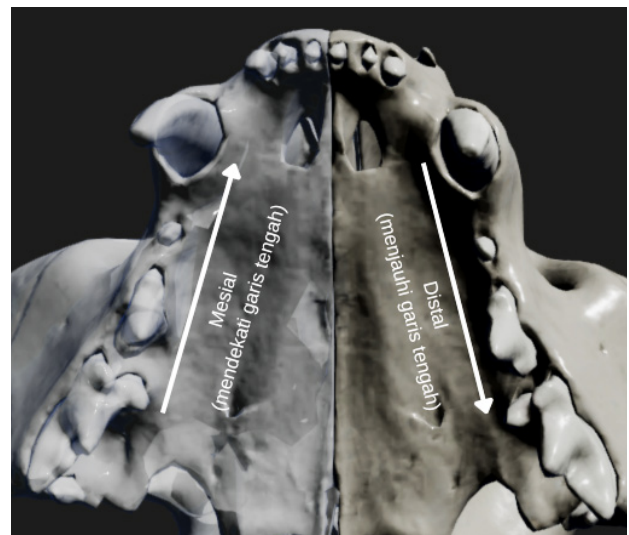
Gambar 1. Cemento-enamel junction (CEJ) dan alveolar bone crest (ABC) pada kucing (VIN 3D Anatomical Models)

ini memberikan wawasan penting tentang efek potensial dari orkidektomi pada kesehatan gigi dan tulang kucing jantan.

Setelah didapatkan citra radiografi maksila, dilakukan pengukuran jarak CEJ-ABC menggunakan perangkat lunak pencitraan bawaan dari CR7 VET. Kucing memiliki tiga gigi premolar pada maksila, pengukuran dilakukan pada permukaan mesial dan distal dari premolar kedua (secara anatomis dikodekan sebagai PM3) dan ketiga (secara anatomis dikodekan sebagai PM4) maksila, sehingga ada delapan pengukuran per kucing (mesial PM3 kanan, distal PM3 kanan, mesial PM4 kanan, distal PM4 kanan, mesial PM3 kiri, distal PM3 kiri, mesial PM4 kiri, distal PM4 kiri). Kemudian, dihitung jarak rata-rata untuk mesial PM3, distal PM3, mesial PM4, dan distal PM4 pada tiap kelompok orkidektomi. Data yang diperoleh kemudian ditabulasi untuk analisis lebih lanjut.



Gambar 2. Gigi premolar pada tulang maksila kucing (VIN 3D Anatomical Models)



Gambar 3. Permukaan mesial dan distal pada gigi kucing (VIN 3D Anatomical Models)

Uji one way ANOVA digunakan untuk mengetahui perbedaan signifikan pada rata-rata jarak CEJ-ABC antara keempat kelompok. Jika ditemukan perbedaan, tes Tukey post-hoc digunakan untuk menentukan kelompok mana yang berbeda. Hasil p-value di bawah 0,05 menunjukkan perbedaan yang signifikan, sedangkan di atas 0,05 menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan.

d. Kriteria Hewan Uji

Kriteria inklusi:

1. Kucing jantan
2. BCS lima (5) dari sembilan (9)
3. Pernah orkidektomi (pada kelompok jangka pendek, jangka menengah, atau jangka panjang) atau tidak menjalani orkidektomi (pada kelompok non-orkidektomi)
4. Memiliki gigi premolar maksila yang lengkap

Kriteria eksklusi:

1. Memiliki penyakit periodontal
2. Sedang mengonsumsi obat-obatan yang dapat mempengaruhi densitas tulang

Hasil dan Pembahasan

a. Hasil

Penelitian ini menggunakan 16 ekor kucing yang dibagi menjadi empat 4 kelompok; kelompok non-orkidektomi (kontrol), kelompok

orkidektomi jangka pendek (dikastrasi <6 bulan yang lalu), kelompok orkidektomi jangka menengah (dikastrasi 6-12 bulan yang lalu) dan kelompok orkidektomi jangka panjang (dikastrasi >12 bulan yang lalu). Citra radiografi rahang atas (maksila) diambil dan jarak CEJ-ABC dari tiap kucing telah dihitung (Lampiran 1).

Hasil pengujian dengan one way ANOVA, didapatkan p-value untuk mesial PM3 sebesar 0,073, distal PM3 sebesar 0,977, mesial PM4 sebesar 0,699, dan distal PM4 sebesar 0,373. Terlihat semua p-value melebihi 0,05, hipotesis null dapat diterima menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan dari densitas tulang alveolar antar kelompok orkidektomi.

Antara kelompok non-orkidektomi pada sisi mesial PM3 dengan ketiga kelompok orkidektomi (jangka pendek, jangka menengah, dan jangka panjang), didapatkan semua p-value

melebihi 0,05, dengan nilai 0,199, 0,069, dan 0,199.

Antara kelompok non-orkidektomi pada sisi distal PM3 dengan ketiga kelompok orkidektomi (jangka pendek, jangka menengah, dan jangka panjang), semua p-value melebihi 0,05, dengan nilai 0,995, 1,00, dan 0,983.

Pada sisi mesial PM4, antara kelompok non-orkidektomi dengan ketiga kelompok orkidektomi (jangka pendek, jangka menengah, dan jangka panjang), didapatkan semua p-value melebihi 0,05, dengan nilai 0,918, 0,995, dan 0,682.

Pada sisi distal PM4, antara kelompok non-orkidektomi dengan ketiga kelompok orkidektomi (jangka pendek, jangka menengah, dan jangka panjang), didapatkan semua p-value melebihi 0,05, dengan nilai 1,00, 0,562, dan 0,990.

(I) Durasi	(J) Durasi	Mean		Sig.	95% Confidence Interval	
		Difference (I-J)	Std. Error		Lower Bound	Upper Bound
Kontrol	<6bln	.18750	.09204	.199	-.0638	.4388
	6-12bln	.23750	.09204	.069	-.0138	.4888
	>12bln	.18750	.09204	.199	-.0638	.4388

Tabel 1 Hasil tes Tukey post-hoc mesial PM3

(I) Durasi	(J) Durasi	Mean		Sig.	95% Confidence Interval	
		Difference (I-J)	Std. Error		Lower Bound	Upper Bound
Kontrol	<6bln	.02500	.10313	.995	-.2566	.3066
	6-12bln	.00000	.10313	1.000	-.2816	.2816
	>12bln	.03750	.10313	.983	-.2441	.3191

Tabel 2 Hasil tes Tukey post-hoc distal PM3

(I) Durasi	(J) Durasi	Mean		Sig.	95% Confidence Interval	
		Difference (I-J)	Std. Error		Lower Bound	Upper Bound
Kontrol	<6bln	.10000	.15652	.918	-.3273	.5273
	6-12bln	.03750	.15652	.995	-.3898	.4648
	>12bln	.17500	.15652	.682	-.2523	.6023

Tabel 3 Hasil tes Tukey post-hoc mesial PM4

(I) Orkidektomi	(J) Orkidektomi	Mean		Sig.	95% Confidence Interval	
		Difference (I-J)	Std. Error		Lower Bound	Upper Bound
Kontrol	<6bln	-.012	.124	1.000	-.35	.32
	6-12bln	.162	.124	.562	-.17	.50
	>12bln	-.038	.124	.990	-.37	.30

Tabel 4 Hasil tes Tukey post-hoc distal PM4

b. Pembahasan

Penelitian ini mengevaluasi dampak orkidektomi terhadap densitas tulang alveolar pada kucing jantan. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan dalam densitas tulang alveolar antara kelompok orkidektomi dan non-orkidektomi, baik secara keseluruhan maupun berdasarkan durasi sejak prosedur dilakukan. Hasil ini dapat diinterpretasikan dari beberapa perspektif biologis dan metodologis.

Meski secara statistik tidak signifikan, mesial PM3 menunjukkan tren perbedaan densitas tulang yang lebih besar dibandingkan distal PM3, dengan p-value mendekati batas signifikan (0,073). Hal ini mungkin disebabkan oleh distribusi gaya mastikasi yang tidak merata, di mana mesial gigi cenderung menanggung lebih banyak tekanan mekanis selama proses pengunyahan (Cheng *et al.*, 2021). Variasi jarak CEJ-ABC (cemento-enamel junction to alveolar bone crest) yang tercatat dalam rentang 0,1–0,9 mm pada kelompok orkidektomi juga memperlihatkan potensi perubahan densitas tulang yang mungkin memerlukan waktu lebih lama untuk berkembang menjadi perbedaan yang signifikan.

Ketidaksesuaian hasil teoritis, di mana kelompok jangka panjang diharapkan memiliki jarak CEJ-ABC terbesar namun tidak terjadi, menyoroti pengaruh multifaktorial pada metabolisme tulang. Faktor hormonal, seperti regulasi melalui hypothalamic-pituitary axis, serta pengaruh mikrobiota oral terhadap inflamasi lokal, kemungkinan besar memengaruhi hasil ini (Simon *et al.*, 2017; Cheng *et al.*, 2021). Sebagai contoh, resorpsi tulang dapat dipicu oleh peningkatan aktivitas osteoklas melalui signaling factor seperti RANKL dan RUNX2, yang mungkin dimodulasi oleh mikrobiota atau faktor inflamatori lainnya (Lin *et al.*, 2023).

Durasi hidup kucing yang relatif singkat dibandingkan manusia atau model hewan lainnya, seperti domba dan primata, juga mungkin menjadi alasan mengapa tidak ditemukan perbedaan signifikan. Penurunan

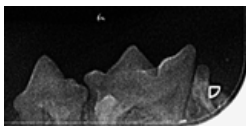
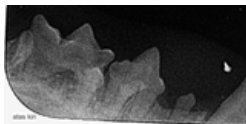
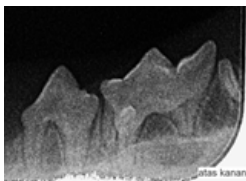
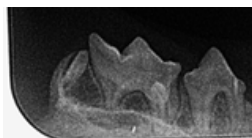
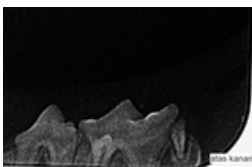
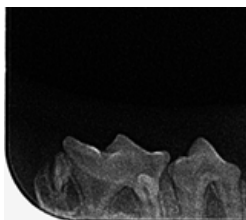
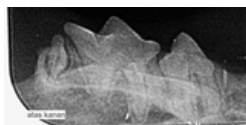
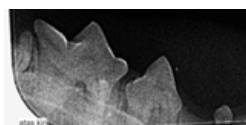
testosteron akibat orkidektomi pada kucing mungkin tidak memiliki cukup waktu untuk menyebabkan kerusakan tulang yang signifikan. Hal ini konsisten dengan penelitian oleh Hapsari (2016), yang menunjukkan bahwa kastrasi tidak secara langsung menyebabkan osteoporosis pada kucing, meskipun dapat memengaruhi parameter tulang lainnya.

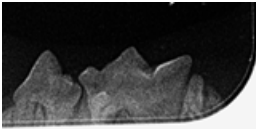
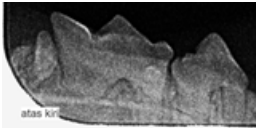
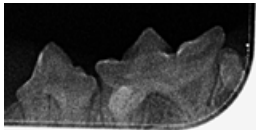
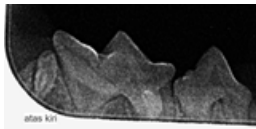
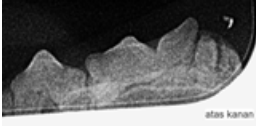
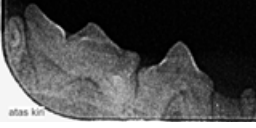
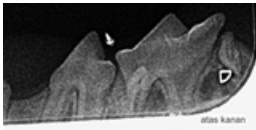
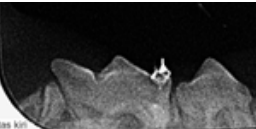
Faktor lain, seperti resorpsi gigi dan osteomielitis kronis, juga dapat berperan dalam memengaruhi hasil ini. Penelitian sebelumnya oleh Bell dan Soukup (2015) menunjukkan bahwa kondisi patologis lokal pada mulut sering kali memiliki dampak yang lebih besar terhadap densitas tulang alveolar dibandingkan pengaruh sistemik hormonal. Selain itu, faktor genetik, yang memengaruhi respons individu terhadap defisiensi hormon, dapat menjadi sumber variabilitas antar-individu dalam penelitian ini (Rubio-Gutierrez *et al.*, 2022).

Keterbatasan metodologi juga harus diperhatikan. Ukuran sampel yang kecil (16 kucing) membatasi kemampuan penelitian ini untuk mendeteksi perbedaan kecil tetapi bermakna secara statistik. Kriteria seleksi kucing yang spesifik dan metode pengukuran yang digunakan juga dapat memengaruhi generalisasi hasil. Studi ini menggunakan jarak CEJ-ABC sebagai indikator densitas tulang alveolar, tetapi parameter lain, seperti volume trabekular dan mineralisasi tulang, dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif.

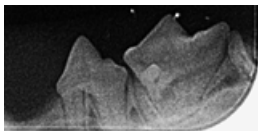
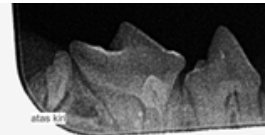
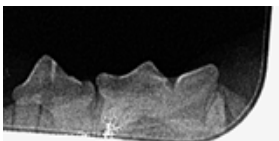
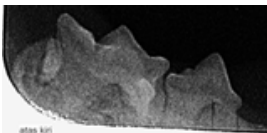
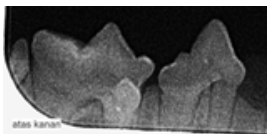
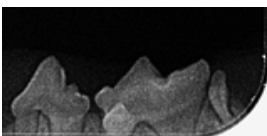
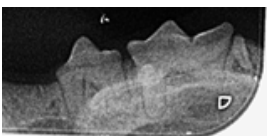
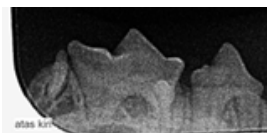
Meskipun tidak menemukan perbedaan signifikan, penelitian ini memberikan wawasan awal tentang hubungan antara orkidektomi dan kesehatan tulang alveolar pada kucing. Temuan ini menekankan perlunya penelitian lebih lanjut dengan sampel yang lebih besar, durasi observasi yang lebih panjang, serta metode pengukuran yang lebih komprehensif untuk mengeksplorasi dampak defisiensi hormon seks terhadap metabolisme tulang kucing. Selain itu, pendekatan intervensi hormonal seperti terapi penggantian testosteron dapat dievaluasi untuk memahami potensi pencegahan kerusakan tulang akibat gonadektomi.

Tabel 1. Hasil Pengambilan Citra Radiografi dan Pengukuran Jarak CEJ-ABC

Kelompok Orkidektomi	Nama Kucing	Citra Radiografi	Jarak CEJ-ABC (mm)			
			Mesial PM3	Distal PM3	Mesial PM4	Distal PM4
Kontrol	Belang Belang	Kanan	0,5	0,3	1,3	1,5
						
	Kiri	0,3	0,7	1,5	1,3	
						
Francis	Kanan	Kanan	0,8	0,4	0,7	0,9
						
	Kiri	0,9	0,3	0,5	1,2	
						
Mao	Kanan	Kanan	0,3	0,4	0,7	1,5
						
	Kiri	0,4	0,9	1,1	1,5	
						
Tiny	Kanan	Kanan	0,8	0,4	1,0	1,0
						
	Kiri	0,7	0,3	0,8	0,9	
						
	Rata-Rata (mm)		0,59	0,46	0,95	1,22
	Simpangan Baku		0,242	0,220	0,338	0,266
	Jangkauan (mm)		0,6	0,6	1	0,6

Kastrasi <6 bln lalu	Ganteng	Kanan	0,3	0,7	1,1	1,4
						
		Kiri	0,2	0,5	0,7	1,3
						
Hitam		Kanan	0,3	0,3	1,0	1,4
						
		Kiri	0,7	0,4	1,2	1,5
						
Nyako		Kanan	0,1	0,2	0,6	0,8
						
		Kiri	0,5	0,2	0,6	1,0
						
Putih		Kanan	0,5	0,3	0,7	1,0
						
		Kiri	0,6	0,9	0,9	1,5
						
Rata-Rata (mm)			0,40	0,44	0,85	1,24
Simpangan Baku			0,207	0,250	0,233	0,267
Jangkauan (mm)			0,6	0,7	0,6	0,7

Kastrasi 6-12 bln lalu	Omes	Kanan	0,4	0,4	0,5	1,0
		Kiri	0,5	0,9	1,4	1,1
	Oren	Kanan	0,4	0,3	0,9	0,9
		Kiri	0,3	0,3	1,0	1,5
	Wario	Kanan	0,3	0,4	1,3	1,1
		Kiri	0,4	0,5	1,0	0,7
	Yoshi	Kanan	0,3	0,4	0,9	1,0
		Kiri	0,2	0,5	0,3	1,2
Rata-Rata (mm)			0,35	0,46	0,91	1,06
Simpangan Baku			0,093	0,192	0,368	0,233
Jangkauan (mm)			0,3	0,6	1,1	0,8

Kastrasi >1thn lalu	Kecil	Kanan	0,6	0,4	1,0	1,5
						
		Kiri	0,5	0,6	1,0	1,4
						
	Oned	Kanan	0,2	0,3	0,8	0,9
						
		Kiri	0,3	0,6	1,2	1,3
						
	Pendek	Kanan	0,4	0,6	0,8	1,3
						
	Kiri	0,4	0,3	0,3	1,5	
						
Yujin	Kanan	0,2	0,3	0,6	1,2	
						
	Kiri	0,6	0,3	0,5	1,0	
						
Rata-Rata (mm)			0,40	0,42	0,77	1,26
Simpangan Baku			0,160	0,149	0,296	0,220
Jangkauan (mm)			0,4	0,3	0,9	0,6

Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dampak potensial orkidektomi terhadap densitas tulang alveolar pada kucing jantan dengan menggunakan metode pengukuran jarak CEJ-ABC. Dengan melibatkan empat kelompok berbeda berdasarkan durasi sejak orkidektomi, hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan signifikan secara statistik dalam tingkat *alveolar bone loss* di antara kelompok orkidektomi untuk permukaan yang diukur (mesial PM3, distal PM3, mesial PM4, dan distal PM4), dengan seluruh nilai p melebihi 0,05. Oleh karena itu, hipotesis null yang menyatakan tidak adanya perbedaan substansial dalam densitas tulang alveolar antara kelompok orkidektomi dapat diterima.

Daftar Pustaka

- Bell, C. M., & Soukup, J. W. (2015). Histologic, Clinical, and Radiologic Findings of Alveolar Bone Expansion and Osteomyelitis of the Jaws in Cats. *Veterinary Pathology*, 52(5), 910–918. doi:10.1177/0300985815591079
- Catunda, R. Q., Ho, K. K., Patel, S., & Febbraio, M. (2021). A 2-plane micro-computed tomographic alveolar bone measurement approach in mice. *Imaging science in dentistry*, 51(4), 389–398. doi:10.5624/isd.20210058
- Charlier, C. (2022, Juni 15). *Intraoral Radiographs: Identifying Common Pathology*. *Today's Veterinary Practice*. Diambil kembali dari Today's Veterinary Practice: <https://www.todaysveterinarypractice.com/dentistry/intraoral-radiographs-identifying-common-pathology/>
- Cheng, X., Zhou, X., Liu, C., & Xu, X. (2021). Oral Osteomicrobiology: The Role of Oral Microbiota in Alveolar Bone Homeostasis. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 11. doi:10.3389/fcimb.2021.751503
- Chidi-Ogbolu, N., & Baar, K. (2019). Effect of Estrogen on Musculoskeletal Performance and Injury Risk. *Frontiers in physiology*, 9, 1834. doi:10.3389/fphys.2018.01834
- Fletcher, J. (2022, Januari 26). *What are the symptoms of low testosterone, and how to increase it*. Diambil kembali dari MedicalNewsToday: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/322647>
- Hapsari, I. P. M. (2016). *Radiology based detection of osteoporosis in castrated cat (felis catus)* (Doctoral dissertation, Universitas Airlangga).
- Johnson, R. B., Gilbert, J. A., Cooper, R. C., Parsell, D. E., Stewart, B. A., Dai, X., Nick, T. G., Streckfus, C. F., Butler, R. A., & Boring, J. G. (2002). Effect of estrogen deficiency on skeletal and alveolar bone density in sheep. *Journal of periodontology*, 73(4), 383–391. doi:10.1902/jop.2002.73.4.383
- Lin, Y., Fu, M. L., Harb, I., Ma, L. X., & Tran, S. D. (2023). Functional Biomaterials for Local Control of Orthodontic Tooth Movement. *Journal of Functional Biomaterials*, 14(6), 294. doi:10.3390/jfb14060294
- Mizuno, S., Ikeda, K., & Kajiwarra, N. (2021). Effects of estrogen on bone loss induced by ovariectomy in mice. *Journal of Bone and Mineral Research*, 36(5), 847–855.
- Mohamad, N. V., Soelaiman, I. N., & Chin, K. Y. (2016). A concise review of testosterone and bone health. *Clinical interventions in aging*, 11, 1317–1324. doi:10.2147/CIA.S115472
- Rubio-Gutierrez, J. C., Mendez-Hernández, P., Guéguen, Y., et al. (2022). Overview of Traditional and Environmental Factors Related to Bone Health. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(31), 31042–31058. doi:10.1007/s11356-022-19024-1
- Simon, M. J. K., Beil, F. T., Pogoda, P., Vettorazzi, E., Clarke, I., Amling, M., & Oheim, R. (2017). Is centrally induced alveolar bone loss in a large animal model preventable by peripheral hormone substitution? *Clinical Oral Investigations*, 22(1), 495–503. doi:10.1007/s00784-017-2138-7

- Sun, H., Zhao, Y., & Li, X. (2023). The protective role of testosterone in bone loss after orchietomy in male rats. *Endocrinology*, *164*(2), bqad072.
- Veterinary Information Network. (t.thn.). *3D Anatomical Models*. Diambil kembali dari Veterinary Information Network: <https://www.vin.com/members/3DLearning>
- Wang, C.-W., & McCauley, L. K. (2016). Osteoporosis and Periodontitis. *Current Osteoporosis Reports*, *14*(6), 284–291. doi:10.1007/s11914-016-0330-3
- Wang, Q., Kessler, M. J., Kensler, T. B., & Dechow, P. C. (2016). The mandibles of castrated male rhesus macaques (*Macaca mulatta*): The effects of orchidectomy on bone and teeth. *American journal of physical anthropology*, *159*(1), 31–51. doi:10.1002/ajpa.22833.