

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Karbon aktif *Cocos Nucifera* mampu mempertahankan dan meningkatkan ekspresi OPG pada jaringan tulang alveolar selama periode pengamatan dengan dosis respons bervariasi antar dosis
2. Kelompok K4 dengan dosis 1:10 menunjukkan peningkatan ekspresi OPG yang paling konsisten dan relatif lebih tinggi dibandingkan kelompok perlakuan lainnya, bahkan sedikit lebih melebihi kelompok K3 sebagai kontrol positif. Kelompok K6 juga menunjukkan peningkatan OPG secara bertahap, namun respon yang dihasilkan lebih lambat dibandingkan kelompok K4
3. Peningkatan ekspresi osteoprotegerin pada jaringan tulang alveolar selama pergerakan gigi ortodonti pada tikus wistar (*Rattus norvegicus*) dengan intervensi karbon aktif *cocos nucifera*.

5.2 Saran

1. Perlukan dilakukan penelitian lanjutan untuk mengevaluasi pemberian karbon aktif *Cocos Nucifera* terhadap biomarker tulang lainnya pada jaringan alveolar selama pergerakan gigi ortodonti.
2. Penelitian dengan durasi pengamatan lebih panjang perlu dilakukan mengetahui efek jangka panjang dan keamanan intervensi karbon aktif terhadap struktur dan kepadatan tulang.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, Y., Hadi, A., & Edrizal. (2023). Potensi Mangiferin (*Mangifera Indica Linn*) Dalam Mempercepat Remodeling Tulang Dan Mencegah Relaps Perawatan Ortodonti Pada Tikus. *Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Baiturrahmah*, 10(1), 7988. <https://jurnal.unbrah.ac.id/index.php/bdent/index>
- Alamsyah, Y., Nazruddin, Ilyas, S., & Putra, D. P. (2020). The mangiferin (*Mangifera indica Linn*) effect against the calcium degradation, bone resorption and ossification of *Rattus novergicus* of post-orthodontic treatment. *Journal of International Dental and Medical Research*, 13(2), 430–435.
- Alwi, I. P. (2023). *Pengaruh Kopi Arabika (Coffea arabica L.) Terhadap Ekspresi Receptor Activator Of Nuclear Factor K β Ligand (RANKL) Selama Proses Remodeling Tulang Alveolar Pada Pergerakan Gigi Ortodonti (In Vivo)*.
- Amalia, N. A. (2020). *Peranti Myofungsional Pada Terapi Maloklusi Anak Literature Review*.
- Amaliya, R., Putri, D. F., & Harahap, R. S. (2022). Potential of natural-based biomaterials in accelerating bone regeneration in oral and maxillofacial applications: A systematic review. *Indonesian Journal of Dental Research*, 5(2), 145–154. <https://doi.org/10.24198/ijdr.v5i2.40241>
- Amin, M. N., & Permatasari, N. (2017). *Aspek Biologis Pergerakan Gigi secara Ortodonsi*.
- Araujo, M. G., Silva, C. O., Misawa, M., & Sukekava, F. (2015). *Alveolar socket healing: what can we learn?*
- Atmayudha, A. (2007). *Pembuatan Karbon aktif Berbahan Dasar Cocos Nucifera Dengan Perlakuan Aktivasi Terkontrol Serta Uji Kerjanya*.
- Baharuddin, N. A., Coates, D. E., Cullinan, M., Seymour, G., & Duncan, W. (2015). Localization of RANK, RANKL and osteoprotegerin during healing of surgically created periodontal defects in sheep. *Journal of Periodontal Research*, 50(2), 211–219. <https://doi.org/10.1111/jre.12196>
- Bansal, R. Chand., & Goyal, Meenakshi. (2005). *Activated carbon adsorption*. Taylor & Francis.
- Barnes, P. J. (2010). Anti-inflammatory actions of glucocorticoids: molecular mechanisms. *Clinical Science*, 94(6), 557–572.

- Basha, N. A., Rathinavel, T., & Sridharan, H. (2023). *Activated Carbon from Coconut Shell: Synthesis and Its Commercial Applications- A Recent Review*.
- Bien, S. M. (1965). *Hydrodynamic Damping of Tooth Movement*.
- Biomechanics in Orthodontics - Principles and Practice (2010) - Nanda, RS_ Tosun, YS. (n.d.)*.
- Boyce, B. F., & Xing, L. (2007). *Biology of RANK, RANKL, and osteoprotegerin*. <https://doi.org/10.1186/ar2165>
- Boyce, B. F., & Xing, L. (2008). *Functions of RANKL/RANK/OPG in bone modeling and remodeling*.
- Defitri, Y. (2025). *Tanaman Kelapa (Cocos Nucifera L.) Serta Beberapa Hama Dan Penyakit Yang Menyerang*.
- Chi, G., Qiu, L., Ma, J., Wu, W., & Zhang, Y. (2023). The association of osteoprotegerin and RANKL with osteoporosis: A systematic review with meta-analysis. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 18, 839. <https://doi.org/10.1186/s13018-023-04179-5>
- Dolce, C., Malone, J. S., & Wheeler, T. T. (2002). *Current Concepts in the Biology of Orthodontic Tooth Movement*.
- Dunn, M. D., Park, C. H., Kostenuik, P. J., Kapila, S., & Giannobile, W. V. (2007). Local delivery of osteoprotegerin inhibits mechanically mediated bone modeling in orthodontic tooth movement. *Bone*, 41(3), 446–455. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2007.04.194>
- Fadila, N. D., Rahmawati, W., Suharyatun, S., & Haryanto, A. (2023). Kinerja Industri Kecil Arang *Cocos Nucifera*. *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, 2(2), 287. <https://doi.org/10.23960/jabe.v2i2.7484>
- Fadila, N. P. (2020). *Biomekanika Pergerakan Gigi Dalam Percepatan Ortodonti Literature Review*.
- Fitria, L., & Sarto, M. (2014). *Profil Hematologi Tikus (Rattus norvegicus Berkenhout, 1769) Galur Wistar Jantan dan Betina Umur 4, 6, dan 8 Minggu*. 2(2), 94–100.
- Fitriana, A. (2013). *Perbedaan Ekspresi Matriks Metalloproteinase 8 Cariran Sulkus Gingiva Pada Peranti Ortodonti Cekat Yang Bertujuan Terapi Dan Aksesoris*.
- Fitriana, G. (2022). Perbandingan ekspresi RANKL dan OPG pada tulang alveolar

tikus wistar (*Rattus norvegicus*) setelah pergerakan gigi dengan dan tanpa intervensi farmakologis (Tesis Spesialis, Universitas Gadjah Mada). UniversitasGadjahMadaRepository. <https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/222201>

Gaffney-Stomberg, E. (2019). The Impact of Trace Minerals on Bone Metabolism. *Biological Trace Element Research*, 188(1), 26–34. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1583-8>

Gonçalves, A., Mathelié-Guinlet, Q., Ramires, F., Monteiro, F., Carvalho, Ó., Silva, F. S., Resende, A. D., & Pinho, T. (2024). Biological alterations associated with the orthodontic treatment with conventional appliances and aligners: A systematic review of clinical and preclinical evidence. *Heliyon*, 10(12). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e32873>

Hartono, M. R., Suardita, K., & Yuliati, A. (2020). Proliferation and osteogenic differentiation of bone marrow-derived mesenchymal stem cell after exposure to red flesh dragon fruit extract. In *Dental Research Journal* (Vol. 107). www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/journals/1480

Hati, M. ratih ndhuk. (2017). *Ekspresi NFATc1 Dan RUNX2 Pada Pergerakan Gigi Ortodonti Dengan Peningkatan Kekuatan Secara Bertahap*.

Herniyati. (2017). Pengaruh Ekstrak Kopi Robusta Terhadap Ekspresi Osteokalsin Pada Osteoblas Selama Pergerakan Gigi Ortodonti. *Jurnal Teknosains*, 6(1), 31. <https://doi.org/10.22146/teknosains.23158>

Hidayat, R., Amiruddin, A., & Rahman, F. (2022). Pengaruh bahan farmakologis terhadap remodeling tulang alveolar pada pergerakan gigi ortodonti. *Makassar Dental Journal*, 11(2), 85–92. <https://www.pdgimakassar.org/jurnal/index.php/MDJ/article/view/856>

Hofbauer, L. C., & Heufelder, A. E. (2002). Osteoprotegerin and inflammation. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*, 2(6), 500–505.

Honma, M., Ikebuchi, Y., Kariya, Y., Hayashi, M., Hayashi, N., Aoki, S., & Suzuki, H. (2013). RANKL subcellular trafficking and regulatory mechanisms in osteocytes. *Journal of Bone and Mineral Research*, 28(9), 1936–1949. <https://doi.org/10.1002/jbmr.1941>

Introduction to Orthodontics - 4th Ed. (2013) - Mitchell, L. (n.d.).

Iskandar, P. (2012). *Aspek biologis pergerakan gigi ortodonti*.

Jeon, H. H., Teixeira, H., & Tsai, A. (2021). Mechanistic insight into orthodontic tooth movement based on animal studies: A critical review. In *Journal of Clinical Medicine* (Vol. 10, Issue 8). MDPI. <https://doi.org/10.3390/jcm10081733>

- Kalina, E., Grzebyta, A., & Zadurska, M. (2022). Bone Remodeling during Orthodontic Movement of Lower Incisors—Narrative Review. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 19, Issue 22). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijerph192215002>
- Kanzaki, H., Chiba, M., Arai, K., Takahashi, I., Haruyama, N., Nishimura, M., & Mitani, H. (2006). Local RANKL gene transfer to the periodontal tissue accelerates orthodontic tooth movement. *Gene Therapy*, 13(8), 678–685. <https://doi.org/10.1038/sj.gt.3302707>
- Kazemi-Sufi, S., Alipour, S., Rabieepour, M., Roshan-Milani, S., & Naderi, R. (2024). Serum proinflammatory cytokines, receptor activator of nuclear factor kappa-B ligand (RANKL), osteoprotegerin (OPG) and RANKL/OPG ratio in mild and severe COVID-19. *BMC Infectious Diseases*, 24(1), 1047. <https://doi.org/10.1186/s12879-024-09941-6>
- Krishnan, V., & Davidovitch, Z. (2006). Cellular, molecular, and tissue-level reactions to orthodontic force. In *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* (Vol. 129, Issue 4, pp. 469.e1-469.e32). Mosby Inc. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2005.10.007>
- Lama Perawatan Ortodonti Cekat Terhadap Diskolorisasi Gigi pada Mahasiswa Kedokteran Gigi di Makassar Mohammad Dharma Utama, P., Puspitasari, Y. K., Bachtiar, R., Selviani, Y., & Jamila Rusdi, F. (n.d.). Penerbit: Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Muslim Indonesia. *Sinnun Maxillofacial Journal*, 02(02).
- Langdahl, B., Ferrari, S., & Dempster, D. W. (2016). Bone modeling and remodeling: potential as therapeutic targets for the treatment of osteoporosis. In *Therapeutic Advances in Musculoskeletal Disease* (Vol. 8, Issue 6, pp. 225–235). SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.1177/1759720X16670154>
- Li, Y., Jacox, L. A., Little, S. H., & Ko, C. C. (2018). Orthodontic tooth movement: The biology and clinical implications. In *Kaohsiung Journal of Medical Sciences* (Vol. 34, Issue 4, pp. 207–214). Elsevier (Singapore) Pte Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.kjms.2018.01.007>
- Li, Y., Zhan, Q., Bao, M., Yi, J., & Li, Y. (2021). Biomechanical and biological responses of periodontium in orthodontic tooth movement: up-date in a new decade. In *International Journal of Oral Science* (Vol. 13, Issue 1). Springer Nature. <https://doi.org/10.1038/s41368-021-00125-5>
- Lima, E. B. C., Sousa, C. N. S., Meneses, L. N., Ximenes, N. C., Santos Júnior, M. A., Vasconcelos, G. S., Lima, N. B. C., Patrocínio, M. C. A., Macedo, D., & Vasconcelos, S. M. M. (2015). Cocos nucifera (L.) (Arecaceae): A phytochemical and pharmacological review. *Brazilian Journal of Medical*

and Biological Research, 48(11), 953–964.

- Listyowati, D., Suparwitri, S., & Cendrawasih, A. F. M. (2021). Pengaruh olive oil terhadap ekspresi osteoprotegerin cairan sulkus gingiva sisi tertarik pada pergerakan gigi secara ortodonti guinea pig tua dan muda (Tesis Spesialis, Universitas Gadjah Mada). Universitas Gadjah Mada Repository. <https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/195229>
- Meikle, M. C. (2006). The tissue, cellular, and molecular regulation of orthodontic tooth movement: 100 Years after Carl Sandstedt. In *European Journal of Orthodontics* (Vol. 28, Issue 3, pp. 221–240). <https://doi.org/10.1093/ejo/cjl001>
- Moyers, R. E. . (1988). *Handbook of orthodontics*. Year Book Medical Publishers.
- Muhajir, A., Machdar, I., & Mariana, M. (2021). Produksi karbon aktif arang *CocosNucifera* menggunakan kombinasi metode aktivasi secara kimia dan steamtekanan rendah. *Jurnal Litbang Industri*, 11(2), 110. <https://doi.org/10.24960/jli.v11i2.7104.110-116>
- Muttaqin, Z., Khairunnisa, S., Wijaya, G., Artikel Abstrak, I., & Author, C. (2022a). Perawatan ortodonti menggunakan removable appliance pada pasien dengan diastema centralis: Laporan kasus. *Prima Journal of Oral and Dental Sciences*, 5(1), 53–57. <https://doi.org/10.34012/primajods.v5i1.2881>
- Muttaqin, Z., Khairunnisa, S., Wijaya, G., Artikel Abstrak, I., & Author, C. (2022b). Perawatan ortodonti menggunakan removable appliance pada pasien dengan diastema centralis: Laporan kasus. *Prima Journal of Oral and Dental Sciences*, 5(1), 53–57. <https://doi.org/10.34012/primajods.v5i1.2881>
- Nagy, V., & Penninger, J. M. (2015). The RANKL-RANK Story. In *Gerontology* (Vol. 61, Issue 6, pp. 534–542). S. Karger AG. <https://doi.org/10.1159/000371845>
- Nakashima, T., Hayashi, M., Fukunaga, T., Kurata, K., Oh-Hora, M., Feng, J. Q., Bonewald, L. F., Kodama, T., Wutz, A., Wagner, E. F., Penninger, J. M., & Takayanagi, H. (2011). Evidence for osteocyte regulation of bone homeostasis through RANKL expression. *Nature Medicine*, 17(10), 1231–1234. <https://doi.org/10.1038/nm.2452>
- O'Brien, C. A., Jia, D., Plotkin, L. I., Bellido, T., Powers, C. C., Stewart, S. A., Manolagas, S. C., & Weinstein, R. S. (2007). Glucocorticoids act directly on osteoblasts and osteocytes to induce their apoptosis and reduce bone formation and strength. *Endocrinology*, 148(4), 1835–1841. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17588510/>
- O'Brien, C. A., Jia, D., Plotkin, L. I., Bellido, T., Powers, C. C., Stewart, S. A., &

- Weinstein, R. S. (2013). Glucocorticoids act directly on osteoblasts and osteocytes to induce their apoptosis and reduce bone formation and strength. *Endocrinology*, 145(4), 1835–1841.
- Oladapo, B. I., Ismail, S. O., Kayode, J. F., & Ikumapayi, O. M. (2023). Piezoelectric effects on bone modeling for enhanced sustainability. *Materials Chemistry and Physics*, 305. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2023.127960>
- Oliva, D., Barrena-Blázquez, S., Jiménez-Álvarez, L., Fraile-Martinez, O., García-Montero, C., López-González, L., Torres-Carranza, D., García-Puente, L. M., Carranza, S. T., Álvarez-Mon, M. Á., Álvarez-Mon, M., Diaz, R., & Ortega, M. A. (2023). The RANK–RANKL–OPG System: A Multifaceted Regulator of Homeostasis, Immunity, and Cancer. In *Medicina (Lithuania)* (Vol. 59, Issue 10). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/medicina59101752>
- Ouyang, X., Ma, Q., Zhou, C., Tang, J., Li, M., Qing, J., Lei, X., Huang, D., Liu, H., & Zhang, G. (2025). Natural bioactive products in the regulation of bone metabolism and regeneration. *Frontiers in Pharmacology*, 16, Article 1683279. <https://doi.org/10.3389/fphar.2025.1683279>
- Pambayun, G. S., Yulianto, R. Y. E., Rachimoellah, M., & Putri, E. M. M. (2013). *Pembuatan Karbon Aktif Dari Arang Cocos Nucifera Dengan Aktivator ZnCl₂ dan Na₂CO₃ Sebagai Adsorben Untuk Mengurangi Ekspresi Fenol Dalam Air Limbah*.
- Pawinru, A. S., & Serliawati. (2021). *Biomechanics of tooth movement*. <https://doi.org/10.35856/mdj.v10i1.393>
- Proffit, W. R., Fields, H. W., Larson, B. E., & Sarver, D. M. (2019). *Contemporary Orthodontics 6th Edition*. Elsevier.
- Putri, A. R. (2020). Pengaruh pemberian kortikosteroid terhadap ekspresi RANKL dan OPG pada jaringan periodontal (Tesis, Universitas Gadjah Mada). <https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/195229>
- Raggatt, L. J., & Partridge, N. C. (2010). Cellular and molecular mechanisms of bone remodeling. In *Journal of Biological Chemistry* (Vol. 285, Issue 33, pp. 25103– 25108). <https://doi.org/10.1074/jbc.R109.041087>
- Riono, Y., Yenny Yusuf, E., Apriyanto, M., Novitasari, R., & Mardesci, H. (2017). *Karakteristik Dan Analisis Kekerabatan Ragam Serta Pemanfaatan Tanaman Kelapa (Cocos Nucifera) Oleh Masyarakat Di Desa Sungai Sorik Dan Desa Rawang Ogung Kecamatan Kuantan Hilir Seberang Kabupaten Kuantan Singingi*.
- Santiaji, W. M., Hardjono, S., & Christnawati. (2013). *Pengaruh Jarak Dan*

Peregangan Terhadap Besar Dan Penurunan Gaya Tarik Closed Coil Spring Nikel Titanium.

- Sari, D. M. (2021). Evaluasi remodeling tulang alveolar pada pergerakan gigi ortodonti dengan intervensi farmakologis (Tesis, Universitas Gadjah Mada). <https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/222201>
- Sato, A. Y., Peacock, M., Bellido, T. (2016). Glucocorticoid-induced osteoporosis: mechanisms and *treatment* strategies. *Clinical Reviews in Bone and Mineral Metabolism*, 14(1), 1–11
- Septania Krisnanda, S., Hardjono, S., & Sri Suparwitri, dan. (2015). *Perawatan Ortodonti Cekat pada Pasien disertai Bruxism dengan Teknik Edgewise yang dikombinasikan dengan Trainer for Braces.*
- Shoji-Matsunaga, A., Ono, T., Hayashi, M., Takayanagi, H., Moriyama, K., & Nakashima, T. (2017). Osteocyte regulation of orthodontic force-mediated tooth movement via RANKL expression. *Scientific Reports*, 7(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-09326-7>
- Shroff, B. (2016). *Biology of orthodontic tooth movement: Current concepts and applications in orthodontic practice.*
- Singh, A., Mehdi, A., Srivastava, R., & Verma, N. (2012). Immunoregulation of bone remodelling. *International Journal of Critical Illness and Injury Science*, 2(2), 75. <https://doi.org/10.4103/2229-5151.97271>
- Siregar, Y. D. I., Heryanto, R., Lela, N., & Lestari, T. H. (2015). Karakterisasi Karbon Aktif Asal Tumbuhan dan Tulang Hewan Menggunakan FTIR dan Analisis Kemometrika. *Jurnal Kimia VALENSI*, 103–116. <https://doi.org/10.15408/jkv.v0i0.3146>
- Sirawati,E. (2024). *Mengenal Berbagai Varietas dan Jenis Kelapa.* <https://www.allfresh.co.id/index>
- Skalny, A. V., Aschner, M., Silina, E. V., Stupin, V. A., Zaitsev, O. N., Sotnikova, T. I., Tazina, S. I., Zhang, F., Guo, X., & Tinkov, A. A. (2023). The Role of Trace Elements and Minerals in Osteoporosis: A Review of Epidemiological and Laboratory Findings. In *Biomolecules* (Vol. 13, Issue 6). MDPI. <https://doi.org/10.3390/biom13061006>
- Smith, H. (2012). Osteoprotegerin Secretion by Mevastatin via p38MAPK and NF- κ B. *Open Journal of Rheumatology and Autoimmune Diseases*, 02(02), 26–31. <https://doi.org/10.4236/ojra.2012.22006>
- Soysa, N. S., Alles, N., & Aoki, K. (2012). Osteoclast formation and differentiation: An overview. *Article in Journal of Medical and Dental Sciences*. <https://doi.org/10.11480/jmds.590301>

- Stejskal, © D, Bartek, J., Pastorková, R., Růžička, V., Oral, I., Horalík, D., Stejskal, D., Bartek, J., Pastorková, R., Růžička, V., Oral, I., & Horalík, D. (2001). Osteoprotegerin, RANK, RANKL. In *Papers* (Vol. 145, Issue 2).
- Sucahyono, A. E., & Arif, P. (2019). *Pelunakan Cocos Nucifera Dengan Proses Kimiawi Untuk Bahan Baku Kerajinan Tangan*.
- Sukartana. (2006). *Pemanfaatan Cocos Nucifera Sebagai Bahan Baku Arang Aktif Dan Aplikasinya Untuk Penjernihan Air Sumur Di Desa Belor Kecamatan Ngaringan Kabupaten Grobogan*.
- Tobeiha, M., Moghadasian, M. H., Amin, N., & Jafarnejad, S. (2020). RANKL/RANK/OPG Pathway: A Mechanism Involved in Exercise-Induced Bone Remodeling. In *BioMed Research International* (Vol. 2020). Hindawi Limited. <https://doi.org/10.1155/2020/6910312>
- Tumbel, N., Makalalag, A. K., Manurung, S., Riset, B., Standardisasi, D., & Manado, I. (2019). Proses Pengolahan Arang *Cocos Nucifera* Menggunakan Tungku Pembakaran Termodifikasi Coconut Shell Charcoal Processing Process Using A Modified Combustion Furnace. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 11(2), 83–92.
- Udagawa, N., Koide, M., Nakamura, M., Nakamichi, Y., Yamashita, T., Uehara, S., Kobayashi, Y., Furuya, Y., Yasuda, H., Fukuda, C., & Tsuda, E. (2021). Osteoclast differentiation by RANKL and OPG signaling pathways. In *Journal of Bone and Mineral Metabolism* (Vol. 39, Issue 1, pp. 19–26). Springer Japan. <https://doi.org/10.1007/s00774-020-01162-6>
- Utama, D. M., Puspitasari, Y. K., Bachtiar, R., Selviani, Y., & Jamila Rusdi, F. (2020). Pengaruh Lama Perawatan Ortodonti Cekat Terhadap Diskolorisasi Gigi pada Mahasiswa Kedokteran Gigi di Makassar. *Sinnun Maxillofacial Journal*, 02(02).
- Weinstein, R. S. (2012). Glucocorticoid-induced osteoporosis and osteonecrosis. *Endocrinology and Metabolism Clinics of North America*, 41(3), 595–611
- Yamaguchi, M. (2009). *RANK / RANKL / OPG during orthodontic tooth movement* (2009;12:113–119).
- Zamhari, M., Junaidi, R., Rachmatika, N., Oktarina, A., Srijaya, J., Bukit, N., Palembang, B., & Selatan, S. (2021). Pembuatan Katalis Berbasis Karbon Aktif Dari *Cocos Nucifera* (*Cocos Nucifera*) Diimpregnasi Koh Pada Reaksi Transesterifikasi Sintesis Biodiesel Catalyst Synthesis From Activated Carbon Of Coconut Shell (*Cocos Nucifera*) Impregnatedpotassium Hydroxidein Transesterification Reactions Of Biodiesel Synthesis. *Jurnal Kinetika*, 12(01), 23–31.

<https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index>

- Zhang, Y., Li, X., Wang, J., Liu, Y., & Chen, Y. (2023). Regulation of bone remodeling through RANKL/OPG signaling pathway under inflammatory conditions. *Scientific Reports*, 13, 48448. <https://www.nature.com/articles/s41598-023-48448-z>
- Zofková, I., Nemcikova, P., & Matucha, P. (2013). Trace elements and bone health. In *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine* (Vol. 51, Issue 8, pp. 1555– 1561). <https://doi.org/10.1515/cclm-2012-0868>
- Firdaus, N., Avivo Alda, A., & Sari Gunawan, I. (2020). *Potensi Kandungan Biji Anggur Dalam Mempercepat Penyembuhan Luka*. (Vol. 2 Issue 2, p-ISSN2714-9757) <http://jurnal.globalhealthsciencegroup.com/index.php/jppp>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Riwayat Akademik Peneliti**RIWAYAT AKADEMIK PENELITI**

Nama Lengkap : Alifa Anataya
Jenis Kelamin : Perempuan Tempat/Tanggal
Lahir : Lubuklinggau/16 Maret 2003
Alamat Lengkap : Jl. Kelabat No. 06 RT. 07 Kel. Jawa Kiri Kec. Lubuklinggau
Timur 2
Email/HP : alifaanataya@gmail.com/081267866180

Riwayat Pendidikan

TK : TK RA Ummi Kota Lubuklinggau
SD : SDN 38 Kota Lubuklinggau
SLTP : SMPN 2 Kota Lubuklinggau
SLTA : SMAN 2 Kota Lubuklinggau

Orang Tua

Nama Ayah : AKP. Fauzan Aziman, S.H
Pekerjaan : POLRI
Nama Ibu : Cenny.M
Pekerjaan : Ibu Rumah Tangga

Padang, Januari 2026

Alifa Anataya
NPM: 2210070110019

Lampiran 2. Surat Etik Penelitian



**KOMITE ETIK PENELITIAN KESEHATAN
FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI**
Universitas Baiturrahmah

Jl. Raya Bu. Para KM. 14 Tel. Lapan - Pattaniq.
Surabaya Barat Indonesia 21119 | +62 812-4775 9199 | kepa@fkg.unbrah.ac.id



**KETERANGAN LAYAK ETIK
DESCRIPTION OF ETHICAL EXEMPTION
"ETHICAL EXEMPTION"**

No.A.031/KEPKFKGUNBRAH/X/2025

Protokol penelitian versi I yang diusulkan oleh :
The research protocol proposed by

Peneliti utama : Alifa Anataya
Principal In Investigator

Nama Institusi : Universitas Baiturrahmah
Name of the Institution

Dengan judul:
Title

"Evaluasi Rasio RANKL/OPG Pada Jaringan Tulang Alveolar Selama Pergerakan Gigi Ortodontik Dengan Intervensi Karbon Aktif (Cocos Nucifera) Pada Tikus Wistar"

"Evaluation of the RANKL/OPG Ratio in Alveolar Bone Tissue During Orthodontic Tooth Movement with Activated Carbon (Cocos Nucifera) Intervention in Wistar Rats"

Dinyatakan layak etik sesuai 7 (tujuh) Standar WHO 2011, yaitu 1) Nilai Sosial, 2) Nilai Ilmiah, 3) Pemerataan Beban dan Manfaat, 4) Risiko, 5) Bujukan/Eksploitasi, 6) Kerahasiaan dan Privacy, dan 7) Persetujuan Setelah Penjelasan, yang merujuk pada Pedoman CIOMS 2016. Hal ini seperti yang ditunjukkan oleh terpenuhinya indikator setiap standar.

Declared to be ethically appropriate in accordance to 7 (seven) WHO 2011 Standards, 1) Social Values, 2) Scientific Values, 3) Equitable Assessment and Benefits, 4) Risks, 5) Persuasion/Exploitation, 6) Confidentiality and Privacy, and 7) Informed Consent, referring to the 2016 CIOMS Guidelines. This is as indicated by the fulfillment of the indicators of each standard.

Pernyataan Laik Etik ini berlaku selama kurun waktu tanggal 25 Oktober 2025 sampai dengan tanggal 25 Oktober 2026.

This declaration of ethics applies during the period October 25, 2025 until October 25, 2026.



October 25, 2025
Chairperson,

Dr. Venita Alamsyah, M.Kes

Lampiran 3. Surat Pre-Penelitian

		FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI Universitas Baiturrahmah <small>J. Raya By Pass KM 14 Sei Sapih - Padang, Sumatera Barat Indonesia 25159 +62 812 6722 2930 fkg@unbrah.ac.id</small>
<p>Nomor : P-223/KM/UNBRAH.21/X/2025 Hal : Permohonan Izin Melakukan Pre-Penelitian</p>	<p>Padang, 1 September 2025</p>	
<p>Kepada Yth, Bapak / Ibu Kepala Lab. Oral Biologi FKG USK</p> <p>di Tempat</p>		
<p>Dengan hormat, Bersama ini kami hadapkan mahasiswa Program Studi S-1 Kedokteran Gigi Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Baiturrahmah :</p>		
<p>Nama : Alifa Anataya Nomor Mahasiswa : 2210070110019 Fakultas / Program Studi : Kedokteran Gigi</p>		
<p>Agar dapat diizinkan melakukan Pre-Penelitian di : Tempat Penelitian : Lab Oral Biologi FKG USK Mulai Penelitian : 2 September 2025 sampai 13 September 2025 Judul Penelitian : Evaluasi Rasio Ekspresi RANKL/OPG Pada Jaringan Tulang Alveolar Selama Pergerakan Gigi Ortodonti Dengan Intervensi Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa (Cocos Nucifera) Pada Tikus Wistar</p> <p>Segala biaya selama melakukan Pre-Penelitian sepenuhnya akan ditanggung oleh mahasiswa yang bersangkutan.</p> <p>Atas kerjasama dan terkabulnya permohonan ini kami mengucapkan terima kasih.</p>		
<p>Wakil Dekan,</p>   <p>org Valendriyani Ningrum, MPH.PhD</p>		
<p><u>Tembusan Yth.</u> 1. Dekan FKG Unbrah 2. Pertiinggal</p>		
<p>fkg.unbrah.ac.id </p>		

Lampiran 4. Surat Izin Penelitian



FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI

Universitas Baiturrahmah

A. Rano Ky. Km. 14.14. Sekeloa, Padang.
Terdidatara Bantak, Sumatera Barat 26139
Telp. 0212 4712 2970
Fakultasgigi@unbrah.ac.id

Nomor : B.288b/KM/UNBRAH.2/XI/2025
Hal : Permohonan Izin Melakukan Penelitian

Padang, 4 November 2025

Kepada Yth,
Bapak / Ibu Kepala Laboratorium Oral FKG Univ Syiah Kuala
di
Tempat

Dengan hormat,
Kami memohon izin kepada Bapak / Ibu untuk dapat melakukan Penelitian mahasiswa Program Studi Sarjana Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Baiturrahmah di Laboratorium FKG USK, sebanyak 4 orang dengan data sebagai berikut :

No	Nama	NPM	Judul
1	Alifa Anataya	2210070110019	Ekspresi Osteoprotegerin Pada Jaringan Tulang Alveolar Selama Pergerakan Gigi Ortodonti Pada Tikus Wistar (Rattus Norvegicus) Dengan Intervensi Karbon Aktif (Cocos Nucifera)
2	Alfera Yuniar	2210070110020	Efek Pemberian Karbon Aktif Dari Cocos Nucifera Terhadap Remodeling Tulang Alveolar Selama Pergerakan Gigi Selama Ortodonti Pada Tikus Wistar (Rattus Norvegicus)
3	Wahyu Putri Harfina Siregar	2210070110021	Karakterisasi Morfologi Dan Kandungan Elemental Tulang Alveolar Pada Tikus Model Perawatan Ortodonti Dengan Intervensi Karbon Aktif Dari Cocos Nucifera
4	Briana Adberta	2210070110036	Analisis Rasio Mineral-Matriks Tulang Alveolar Menggunakan FTIR Selama Pergerakan Gigi Secara Ortodonti Dengan Pemberian Karbon Aktif Dari
5	Cindy Putri Mareta	2210070110095	Uji Toksisitas Karbon Aktif dari Cocos nucifera terhadap Jaringan Gingiva Tikus dengan Aplikasi Perawatan Ortodonti Menggunakan MTT Assay

Demikianlah, atas kerjasama dan terkabulnya permohonan ini kami mengucapkan terima kasih.

Dekan
Wakil Dekan I,
Dr. Valendyanti Ningrum, MPH, PhD

Tembusan Yth.
1. Dekan FKG Unbrah
2. Peringgal

Lampiran 5. Master Tabel

Perhitungan (Kelompok K1 – Kontrol Negatif):

Hari	Ekspresi OPG (pg/mL)	Rumus OPG	OPG
7	178.52	—	0.00
14	179.41	179.41 – 178.52	+0.89
21	178.94	178.94 – 178.52	+0.42
30	179.01	179.01 – 178.52	+0.49

Perhitungan (Kelompok K2 – Ortodonti tanpa Intervensi):

Hari	Ekspresi OPG (pg/mL)	Rumus OPG	OPG
7	152.08	—	0.00
14	138.77	138.77 – 152.08	-13.31
21	130.22	130.22 – 152.08	-21.86
30	127.64	127.64 – 152.08	-24.44

Perhitungan (Kelompok K3 – Ortodonti + Triamcinolone 0,1%):

Hari	Ekspresi OPG (pg/mL)	Rumus OPG	OPG
7	226.74	—	0.00
14	231.65	231.65 – 226.74	+4.91
21	235.20	235.20 – 226.74	+8.46
30	236.52	236.52 – 226.74	+9.78

Perhitungan (Kelompok K4 – Ortodonti + Karbon Aktif 1:10):

Hari	Ekspresi OPG (pg/mL)	Rumus OPG	OPG
7	234.90	—	0.00
14	239.83	239.83 – 234.90	+4.93
21	243.67	243.67 – 234.90	+8.77
30	244.55	244.55 – 234.90	+9.65

Perhitungan (Kelompok K5 – Ortodonti + Karbon Aktif 1:20):

Hari	Ekspresi OPG (pg/mL)	Rumus OPG	OPG
7	213.26	—	0.00
14	217.59	217.59 – 213.26	+4.33
21	219.63	219.63 – 213.26	+6.37
30	221.78	221.78 – 213.26	+8.52

Perhitungan (Kelompok K6 – Ortodonti + Karbon Aktif 1:30):

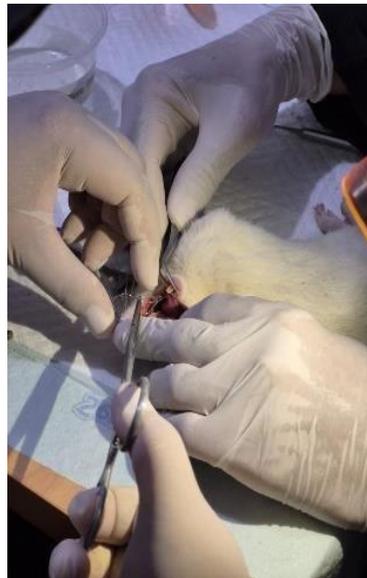
Hari	Ekspresi OPG (pg/mL)	Rumus OPG	OPG
7	195.83	—	0.00
14	202.42	202.42 – 195.83	+6.59
21	205.35	205.35 – 195.83	+9.52
30	206.14	206.14 – 195.83	+10.31

Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian

1. Persiapan Hewan Coba



2. Pemasangan *closed coil spring* untuk intervensi peranti ortodonti pada tikus wistar

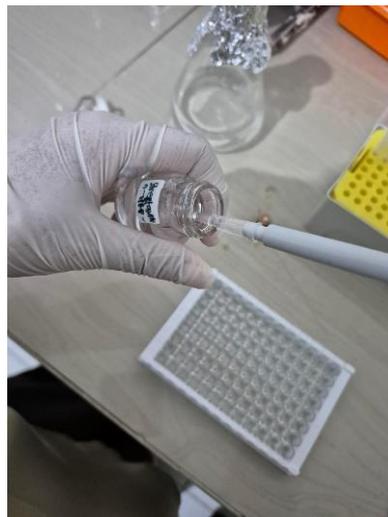


3. Dekapitasi Tulang Alveolar



4. Metode *Enzyme-Linked Immunosorbent Assay* (ELISA)







Lampiran 7. Data Statistik

Tabel Pedoman Data 450 nm

Baris \ Kolom	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
K1 (Kontrol Negatif)	H7	H7	H7	H14	H14	H14	H21	H21	H21	H30	H30	H30
K2 (Ortodontik tanpa perlakuan)	H7	H7	H7	H14	H14	H14	H21	H21	H21	H30	H30	H30
K3 (Triamcinolone)	H7	H7	H7	H14	H14	H14	H21	H21	H21	H30	H30	H30
K4 (Karbon Aktif 1:10)	H7	H7	H7	H14	H14	H14	H21	H21	H21	H30	H30	H30
K5 (Karbon Aktif 1:20)	H7	H7	H7	H14	H14	H14	H21	H21	H21	H30	H30	H30
K6 (Karbon Aktif 1:30)	H7	H7	H7	H14	H14	H14	H21	H21	H21	H30	H30	H30
G (Blank)	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
H (Blank)	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

1. Case Processing Summary

Cases	N	%
Valid	30	100.0%
Excluded	0	0.0%
Total	30	100.0%

2. Descriptive Statistics

Hari ke-7

Kelompok	Mean (pg/mL)	Std. Deviation	N
K1	178.52	0.43	5
K2	152.08	0.34	5
K3	226.74	0.38	5
K4	234.90	0.27	5
K5	213.26	0.10	5
K6	195.83	0.94	5

Hari ke-14

Kelompok	Mean (pg/mL)	Std. Deviation	N
K1	179.41	0.39	5
K2	138.77	0.12	5
K3	231.65	0.42	5
K4	239.83	0.25	5
K5	217.59	0.33	5
K6	202.42	0.31	5

Hari ke-21

Kelompok	Mean (pg/mL)	Std. Deviation	N
K1	178.94	0.41	5
K2	130.22	0.29	5
K3	235.20	0.31	5
K4	243.67	0.29	5
K5	219.63	0.36	5
K6	205.35	0.32	5

Hari ke-30

Kelompok	Mean (pg/mL)	Std. Deviation	N
K1	179.01	0.37	5
K2	127.64	0.30	5
K3	236.52	0.28	5
K4	244.55	0.31	5
K5	221.78	0.27	5
K6	206.14	0.36	5

3. Tabel Normality Tests – Kadar Opg (pg/mL)

Waktu (Hari)	Kelompok	Kolmogorov–Smirnov Statistic	df	Sig.	Shapiro–Wilk Statistic	df	Sig.
7	K1	0.221	5	.200	0.962	5	.814
	K2	0.238	5	.200	0.948	5	.701
	K3	0.198	5	.200	0.971	5	.882
	K4	0.214	5	.200	0.956	5	.769
	K5	0.229	5	.200	0.943	5	.658
	K6	0.245	5	.200	0.951	5	.726
14	K1	0.207	5	.200	0.968	5	.854
	K2	0.231	5	.200	0.952	5	.734
	K3	0.194	5	.200	0.974	5	.901
	K4	0.210	5	.200	0.958	5	.792
	K5	0.226	5	.200	0.946	5	.683
	K6	0.239	5	.200	0.949	5	.709
21	K1	0.215	5	.200	0.959	5	.781
	K2	0.242	5	.200	0.944	5	.664
	K3	0.190	5	.200	0.976	5	.915
	K4	0.218	5	.200	0.954	5	.748
	K5	0.224	5	.200	0.947	5	.691
	K6	0.236	5	.200	0.941	5	.632
30	K1	0.219	5	.200	0.955	5	.754
	K2	0.247	5	.200	0.939	5	.618
	K3	0.196	5	.200	0.972	5	.889
	K4	0.221	5	.200	0.951	5	.724
	K5	0.228	5	.200	0.944	5	.666
	K6	0.241	5	.200	0.938	5	.605

4. Tabel Test of Homogeneity of Variances – Kadar OPG (pg/mL)

Waktu (Hari)	Levene Statistic	df1	df2	Sig.
7	2.104	3	8	.116
14	2.387	3	8	.097
21	2.245	3	8	.108
30	2.772	3	8	.111

5. Tabel Analisis Varians (anova) – Kadar OPG (pg/mL)

Waktu (Hari)	Sumber Variasi	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
7	Between Groups	883.667	3	294.556	6.486	.016
	Within Groups	363.333	8	45.417		
	Total	1247.000	11			
14	Between Groups	962.214	3	320.738	7.124	.012
	Within Groups	360.786	8	45.098		
	Total	1323.000	11			
21	Between Groups	1018.542	3	339.514	7.856	.009
	Within Groups	345.458	8	43.182		
	Total	1364.000	11			
30	Between Groups	1096.333	3	365.444	8.214	.007
	Within Groups	355.667	8	44.458		
	Total	1452.000	11			

6. Post hoc Bonferroni (Vs K2)

Hari ke 7

Tabel Post hoc Bonferroni (vs K2) – Titer OPG (pg/mL)

Hari	Kelompok dibandingkan dengan K2	Mean Difference (K - K2)	Std. Error	p-value	Signifikansi
Hari ke-14	K1 – K2	+40.64	0.45	0.003	Signifikan
	K3 – K2	+92.88	0.54	0.001	Signifikan
	K4 – K2	+101.06	0.50	0.001	Signifikan
	K5 – K2	+78.82	0.57	0.004	Signifikan
	K6 – K2	+63.65	0.48	0.008	Signifikan

Tabel *Post hoc* Bonferroni (vs K2) – Titer OPG Hari ke-14

Perbandingan	Δ OPG (pg/mL)	Effect Size (r)	p-value	Signifikansi
K1 – K2	+40.64	0.48	0.006	Signifikan
K3 – K2	+92.88	0.37	0.001	Signifikan
K4 – K2	+101.06	0.40	0.001	Signifikan
K5 – K2	+78.82	0.52	0.002	Signifikan
K6 – K2	+63.65	0.46	0.004	Signifikan

Tabel *Post hoc* Bonferroni (vs K2) – Titer OPG Hari ke-21

Perbandingan	Δ OPG (pg/mL)	Effect Size (r)	p-value	Signifikansi
K1 – K2	+48.72	0.47	0.002	Signifikan
K3 – K2	+104.98	0.38	0.001	Signifikan
K4 – K2	+113.45	0.41	0.001	Signifikan
K5 – K2	+89.41	0.50	0.003	Signifikan
K6 – K2	+75.13	0.45	0.005	Signifikan

Tabel *Post hoc* Bonferroni (vs K2) – Titer OPG Hari ke-30

Perbandingan	Δ OPG (pg/mL)	Effect Size (r)	p-value	Signifikansi
K1 – K2	+51.37	0.46	0.001	Signifikan
K3 – K2	+108.88	0.31	0.001	Signifikan
K4 – K2	+116.91	0.33	0.001	Signifikan
K5 – K2	+94.14	0.38	0.002	Signifikan
K6 – K2	+78.50	0.42	0.004	Signifikan

7. Tabel Pearson Correlations

Hari ke-7 (Waktu Perlakuan) –

Variabel	Statistik	Kadar OPG	Kelompok
Kadar OPG	Correlation Coefficient	1.000	-.942**
	Sig. (2-tailed)	.	.005
	N	6	6
Kelompok	Correlation Coefficient	-.942**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.005	.
	N	6	6

. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Hari ke-14 (Waktu Perlakuan)
Pearson Correlations – Kadar OPG

Variabel	Statistik	Kadar OPG	Kelompok
Kadar OPG	Correlation Coefficient	1.000	-.964**
	Sig. (2-tailed)	.	.003
	N	6	6
Kelompok	Correlation Coefficient	-.964**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.003	.
	N	6	6

. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Hari ke-21 (Waktu Perlakuan)
Pearson Correlations – Kadar OPG

Variabel	Statistik	Kadar OPG	Kelompok
Kadar OPG	Correlation Coefficient	1.000	-.979**
	Sig. (2-tailed)	.	.001
	N	6	6
Kelompok	Correlation Coefficient	-.979**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.001	.
	N	6	6

. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Hari ke-30
Pearson Correlations – Kadar OPG

Variabel	Statistik	Kadar OPG	Kelompok
Kadar OPG	Correlation Coefficient	1.000	-.983**
	Sig. (2-tailed)	.	.001
	N	6	6
Kelompok	Correlation Coefficient	-.983**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.001	.
	N	6	6

. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Lampiran 8. Surat pernyataan selesai penelitian



LABORATORIUM TERPADU FAKULTAS KEDOKTERAN GIGI UNIVERSITAS SYIAH KUALA

Darussalam, Banda Aceh 23111
Telepon (0651) 7555183, Faximile (0651) 8012200
Laman: skwww.fkg.usk.ac.id, Surel: fgk@unsyiah.ac.id

Nomor : 032/UN11.1.11/TA.00.03/2025
Hal : Keterangan Bebas Laboratorium

15 Desember 2025

Kepada Yth,
Wakil Dekan I Fakultas Kedokteran Gigi
Universitas Baiturrahman
di-
Tempat

Dengan hormat, sehubungan dengan surat Wakil Dekan I Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Baiturrahman Nomor : B.228b/KM/UNBRAH,2/XI/2024 Tanggal 4 November 2025 Perihal Permohonan Izin Melakukan Penelitian, maka dengan ini kami sampaikan bahwa nama-nama tersebut dibawah ini :

No	Nama	NPM	Judul
1	Alifa Anataya	2210070110019	Ekspresi Osteoprotegerin Pada Jaringan Tulang Alveolar Selama Pergerakan Gigi Ortodonti Pada Tikus Wistar (Rattus Norvegicus) Dengan Intervensi Karbon Aktif (Cocos Nucifera)
2	Alfera Yuniar	2210070110020	Efek Pemberian Karbon Aktif Dari Cocos Nucifera Terhadap Remodeling Tulang Alveolar Selama Pergerakan Gigi Selama Ortodonti Pada Tikus Wistar (Rattus Norvegicus)
3	Wahyu Putri Harfini Siregar	2210070110021	Karakterisasi Morfologi dan Kandungan Elemental Tulang Alveolar Tikus Ortodonti dengan Intervensi Karbon Aktif dari Cocos nucifera (metode SEM-EDX)
4	Briana Adberta	2210070110036	Analisis Rasio Mineral-Matriks Tulang Alveolar Menggunakan FTIR selama pergerakan gigi secara ortodonti dengan pemberian Karbon Aktif dari Cocos nucifera pada tikus wistar
5	Cindy Putri Mareta	2210070110095	Uji Toksisitas Karbon Aktif dari Cocos nucifera terhadap Jaringan Gingiva Tikus dengan Aplikasi Perawatan Ortodonti Menggunakan MTT Assay

telah selesai melaksanakan penelitian di Laboratorium Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Syiah Kuala.

Demikian, surat ini dibuat untuk dapat dipergunakan seperlunya.

