

Pemanfaatan ekstrak limbah biji *Persea americana* sebagai inhibitor korosi pada kawat ortodonti berbahan dasar Nikel titanium: studi eksperimental laboratoris

Dafa Akbar Ilyasa¹
Leliana Sandra Devi Ade Putri^{1*}
Rudy Joelijanto¹

¹Departemen Ortodonti, Fakultas
Kedokteran Gigi Universitas
Jember, Indonesia

*Korespondensi
Email | lelianasandradevi@gmail.com

Submisi | 23 Juni 2023
Revisi | 28 Agustus 2023
Penerimaan | 31 Agustus 2023
Publikasi Online | 31 Agustus 2023
DOI: [10.24198/jkg.v35i2.47779](https://doi.org/10.24198/jkg.v35i2.47779)

p-ISSN [0854-6002](https://doi.org/10.24198/jkg.v35i2.47779)
e-ISSN [2549-6514](https://doi.org/10.24198/jkg.v35i2.47779)

Sitasi | Ilyasa, DA. Putri, LSDE.
Joelijanto R. Pemanfaatan ekstrak
limbah biji buah alpukat (*persea
americana*) sebagai inhibitor korosi
pada kawat ortodonti berbahan dasar
Nikel titanium: Studi eksperimental
laboratoris. *J Ked Gi.* 2023;35(2):172-
178.
DOI: [10.24198/jkg.v35i2.47779](https://doi.org/10.24198/jkg.v35i2.47779)



Copyright: © 2023 oleh Jurnal Kedokteran
Gigi Universitas Padjadjaran. diserahkan ke
Jurnal Kedokteran Gigi Universitas Padjadjaran
untuk open akses publikasi di bawah syarat
dan ketentuan dari Creative Commons
Attribution (CC BY) license ([https://
creativecommons.org/licenses/by/4.0/](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)).

ABSTRAK

Pendahuluan: Lingkungan rongga mulut dapat memengaruhi kualitas dari kawat ortodonti, salah satunya adalah proses korosi yang dapat menurunkan kualitas kawat ortodonti. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menghambat laju korosi adalah dengan menggunakan inhibitor korosi. Inhibitor korosi dapat berasal dari bahan alami yang mengandung zat aktif dengan kemampuan antioksidan, misalnya tanin. Salah satu bahan alami yang mengandung tanin adalah biji buah Alpukat (*Persea americana*). Tujuan penelitian menganalisis efektivitas ekstrak biji *Persea americana* sebagai bahan inhibitor korosi pada kawat ortodonti berbahan dasar Nikel titanium. **Metode:** Jenis penelitian eksperimental laboratorium dengan rancangan *pretest-posttest group design*, menggunakan 16 sampel kawat NiTi berukuran 0,017×0,025 inci yang dibagi menjadi kelompok kontrol yang direndam dalam larutan saliva buatan, kelompok perlakuan direndam dalam larutan ekstrak limbah biji *Persea americana* yang diperoleh dengan metode maserasi dan pelarut etanol 95%. Konsentrasi ekstrak yang digunakan adalah 1,5g/L, 2g/L dan 2,5g/L. Sampel diukur laju korosi dengan metode *weight loss*. **Hasil:** Data yang didapatkan terdistribusi normal dan menunjukkan bahwa hasil uji *one way ANOVA* terdapat perbedaan ($p=0,000$), Uji komparasi antar kelompok dengan uji *Post Hoc* LSD diperoleh hasil beda signifikan antara kelompok kecuali antara kelompok perlakuan konsentrasi 2 g/L dengan konsentrasi 2,5g/L menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan ($p=0,061$). **Simpulan:** Ekstrak biji *Persea americana* dapat digunakan sebagai inhibitor korosi pada kawat ortodonti Nikel titanium.

Kata kunci

ekstrak, alpukat (*persea americana*), inhibitor korosi, kawat ortodonti Nikel titanium

Utilization of avocado seed waste extract as a corrosion inhibitor in wire based on nickel titanium: experimental laboratory study

ABSTRAK

Introduction: The oral environment can influence the quality of orthodontic wires, with corrosion being one of the processes that can compromise their quality. One practical approach is to employ corrosion inhibitors to mitigate the corrosion process. These inhibitors can be derived from natural sources encompassing active compounds possessing antioxidant properties, such as tannins. An example of a natural ingredient rich in tannins is the seed of the avocado. **Research Objectives:** This study aimed to assess the effectiveness of avocado seed extract as a corrosion inhibitor for orthodontic wires based on nickel-titanium alloy. **Methods:** This study employed a laboratory experimental research design with a *pretest-posttest group configuration*. Sixteen samples of NiTi wire, measuring 0.017 × 0.025 inches each, were utilized. These samples were divided into two groups: a control group submerged in an artificial saliva solution and a treatment group submerged in an avocado seed waste extract. The extract was obtained using a 95% ethanol solvent through the maceration method. Various concentrations of the extract, namely 1.5g/L, 2g/L, and 2.5 g/L, were employed. The corrosion rate of the samples was measured using the *weight loss* method. **Results:** The acquired data exhibited a normal distribution and indicated a significant distinction in the outcomes according to the *one-way ANOVA* test ($p=0.000$). Further examination between the groups utilizing the *LSD Post Hoc* test demonstrated noteworthy differences between most groups, except for the comparison between the groups treated with a concentration of 2 g/L and a concentration of 2.5 g/L, where no significant difference was observed ($p=0.061$). **Conclusion:** Avocado seed extract can serve as a corrosion inhibitor for nickel-titanium orthodontic wires.

Keywords

avocado seed extract, corrosion inhibitor, nickel titanium orthodontic wire

PENDAHULUAN

Berdasarkan hasil dari Riset Kesehatan Dasar tahun 2018, prevalensi masalah gigi dan mulut di Indonesia adalah sebesar 57,6%. Terdapat tiga permasalahan utama yang sering muncul yaitu gigi berlubang atau karies, penyakit periodontal, dan maloklusi.^{1,2} Prevalensi maloklusi di Indonesia tergolong sangat tinggi, yaitu sekitar 80% dari jumlah penduduk.³ Di bidang ortodonti, kasus maloklusi dapat diperbaiki dengan menggunakan piranti ortodonti cekat ataupun lepasan. Piranti ortodonti cekat adalah salah satu piranti yang digunakan untuk perawatan ortodonti dengan cara melekatkan langsung pada geligi dengan bahan perekatnya. Piranti ini tidak dapat dilepas sendiri oleh pasien seperti piranti lepasan. Piranti ortodonti cekat memiliki kemampuan perawatan yang sangat baik sehingga kemungkinan keberhasilan perawatan sangat baik, serta mempunyai kemampuan untuk menghasilkan bermacam-macam gerakan gigi secara bersama-sama. Komponen piranti ortodonti cekat terdiri dari breket (*bracket*) dan tube, cincin (*band*), kawat busur (*archwire*), dan aksesoris, yang berupa elastis atau karet (*elastic* dan *power chain*).⁴

Salah satu kawat yang banyak digunakan dalam tahap awal perawatan ortodonti adalah kawat Nikel titanium karena memiliki jangkauan kerja yang lebih luas dan properti *springback* yaitu kecenderungan kawat kembali ke bentuk semula yang tinggi. Kawat ortodonti Nikel titanium berguna selama fase awal perawatan yaitu pada fase *levelling dan aligning*. Fase *levelling dan aligning* adalah keadaan mahkota gigi digerakkan dalam waktu bersamaan dan arah gerak yang berbeda.⁵ Kawat NiTi memiliki sifat elastisitas dan *shape memory effect* yang baik.⁶

Perawatan ortodonti bergantung pada kondisi kawat ortodonti. Perawatan ortodonti termasuk prosedur jangka lama, sehingga kawat ortodonti berpotensi mengalami pelepasan ion karena berkontak dengan saliva.⁷ Saliva buatan dengan pH 4-6, kawat *stainless steel* dan Nikel titanium diketahui dapat mengalami korosi *pitting*.⁸ Pemakaian kawat ortodonti, kawat selalu berkontak dengan rongga mulut dan saliva. Lingkungan rongga mulut dapat memengaruhi kualitas dari kawat ortodonti.⁹ Proses korosi yang berlangsung dalam jangka waktu lama dapat mengakibatkan hipersensitivitas, sitotoksitas, dermatitis kontak (hipersensitivitas Type-IV/*Delayed Hypersensitivity*), dan kerusakan DNA. Potensi toksisitas senyawa Nikel bergantung pada jumlah, durasi kontak, dan jalur pemaparan.⁹ kandungan Ni pada kawat Nikel titanium dapat memberikan efek toksik antara lain pada aktivitas enzim, gangguan proses biokimiawi, karsinogenesis, dan mutagenesis.¹⁰

Korosi yang terjadi pada benda logam merupakan sebuah hal yang akan selalu terjadi dan tidak dapat dihindarkan.¹¹ Peristiwa ini tidak dapat dihentikan akan tetapi dapat dicegah atau dikendalikan, salah satunya adalah dengan menambahkan *inhibitor*. *Inhibitor* merupakan zat yang berguna untuk menghambat laju korosi.¹² *Inhibitor* korosi dapat berasal dari senyawa anorganik yang sudah ada atau dari ekstrak bahan alam yang mengandung senyawa flavonoid, senyawa fenol, steroid, triterpenoid, dan tanin yang memiliki kemampuan antioksidan.¹³

Persea americana merupakan tumbuhan yang berasal dari *family Lauraceae*. Buah ini banyak dijumpai di Indonesia karena dapat tumbuh di daerah tropis dan subtropis. Umumnya alpukat hanya dimanfaatkan daging pada buahnya, sementara bagian lain seperti biji kurang dimanfaatkan sehingga menjadi limbah. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa biji alpukat mengandung berbagai senyawa berkhasiat, Rais dan Wahyuningtyas¹⁴ menjelaskan kandungan tanin dengan konsentrasi sebesar 2,5 g/L efektif dalam menghambat laju korosi pada baja. Tanin merupakan zat penghambat korosi yang paling aktif.¹⁴ Mekanisme tanin untuk mencegah lepasnya ion logam adalah dengan melakukan pembentukan lapisan pasif permukaan logam.^{6,14,15} Pemanfaatan limbah biji *Persea americana* dengan kandungan tanin sebagai bahan inhibitor korosi pada kawat Niti ortodonti belum pernah diteliti sebelumnya. Tujuan dari penelitian menganalisis manfaat limbah biji *Persea americana* sebagai *inhibitor* korosi pada kawat ortodontik berbahan dasar Nikel titanium.

METODE

Jenis penelitian adalah eksperimental laboratoris dengan rancangan *pretest-posttest group design*. Jenis kawat yang digunakan pada penelitian ini adalah kawat Nikel titanium berpenampang rectangular merek *Ormco* berukuran 0,017x0,025 inci dengan panjang 11,6 cm. Sampel dalam penelitian ini berjumlah 16 kawat dibagi menjadi 4 kelompok meliputi 1 kelompok kontrol dan 3 kelompok perlakuan. Kelompok kontrol terdiri atas 4 sampel uji yang direndam dalam saliva buatan. Setiap kelompok perlakuan terdiri atas 4 sampel uji yang direndam dalam larutan ekstrak limbah biji *Persea americana* dengan konsentrasi 1,5 g/L, 2 g/L, dan 2,5 g/L pada masing-masing kelompok. Kawat ditimbang berat awal dan akhir menggunakan timbangan analitik digital 4 digit. Variabel bebas pada penelitian ini adalah ekstrak biji *Persea americana* dengan konsentrasi 1,5 g/L, 2 g/L dan 2,5 g/L. Variabel terikat pada penelitian ini adalah laju korosi kawat ortodonti Nikel titanium. Variabel terkendali pada penelitian ini yaitu kawat ortodonti Nikel titanium merek *Ormco* dengan penampang *rectangular* berukuran 0,017x0,025 inci sepanjang 11,6 cm, saliva buatan dengan pH saliva netral (6,8), suhu alat penyimpanan (37°C), alat ukur berat berupa timbangan analitik digital 4 digit merek Adam PW 254, dan waktu perendaman.

Ekstrak limbah biji *Persea americana* dibuat di Laboratorium Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Surabaya. Ekstrak limbah biji *Persea americana* dihasilkan dari biji *Persea americana* yang dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 60°C. pembuatan ekstrak ini menggunakan metode maserasi yang dilarutkan dengan pelarut etanol 95% hingga diperoleh konsentrasi 100% ekstrak limbah biji buah alpukat. Kemudian

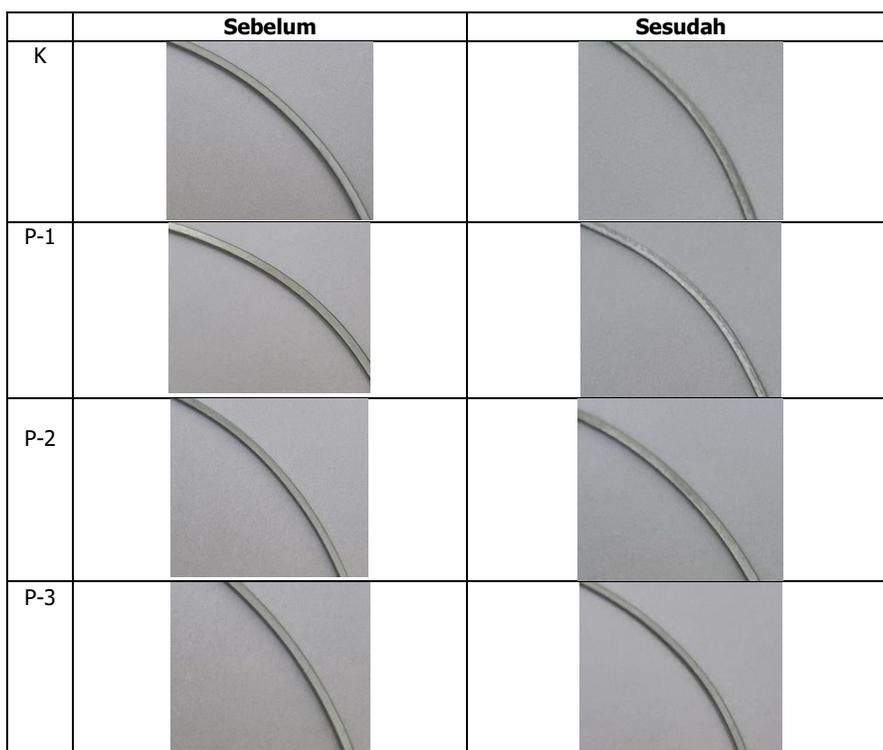
dilakukan pengenceran dengan saliva buatan hingga menjadi ekstrak limbah biji Persea americana dengan konsentrasi 1,5 g/L, 2g/L, dan 2,5 g/L.¹⁴ Komposisi saliva buatan yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan metode Afnor yaitu: Na₂HPO₄ 0,26 g/L, KSCN 0,33 g/L, NaCl 6,0 g/L, KH₂PO₄ 0,20 g/L, KCl 1,20 g/L, dan NaHCO₃ 1,50 g/L. Selanjutnya, pH saliva buatan diseimbangkan dan dikontrol menggunakan HCl hingga mencapai pH yang ditentukan yaitu 6,8.¹⁶

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November sampai Desember 2022 di UPT. Pengembangan Pertanian Terpadu Politeknik Negeri Jember, Laboratorium Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Surabaya, Laboratorium Kimia Analitik Universitas Gadjah Mada, dan Laboratorium *Bioscience* RSGM Universitas Jember. Semua sampel yang telah dikelompokkan secara acak dibersihkan dengan aquades dan disimpan dalam desikator selama 24 jam. Kemudian dilakukan pengukuran berat awal menggunakan neraca analitik digital 4 digit, selanjutnya sampel pada kelompok kontrol direndam dalam saliva buatan. Sedangkan kelompok perlakuan kawat direndam dalam saliva buatan dengan penambahan konsentrasi inhibitor ekstrak limbah biji alpukat (1,5 g/L; 2 g/L; 2,5 g/L) selama 1 menit.

Sample kemudian dibilas dan dikeringkan. Perendaman pada inhibitor dilakukan 2 kali sehari pada pagi dan sore hari selama 7 hari. Selama penelitian semua sampel disimpan dalam inkubator pada suhu 37 °C. Setelah 7 hari sampel dibersihkan dengan menggunakan 100 ml larutan H₂SO₄ yang diencerkan dengan aquades hingga 1000 ml pada suhu 20-25°C selama 1-3 menit sesuai dengan ASTM G1-03 "*Standard Practice for Prepare, Cleaning and Evaluating Corrosion Test Specimer*", selanjutnya sampel dimasukkan ke dalam desikator selama 24 jam, setelah 24 jam seluruh sample dilakukan pengukuran berat akhir dan hasilnya dihitung dengan menggunakan rumus *Weight Loss*.¹⁹ Selanjutnya dilakukan uji parametrik *One Way Anova* dan komparasi tiap kelompok menggunakan Uji *Post Hoc dengan LSD Test*.

HASIL

Hasil dari pengamatan secara langsung pada Gambar 1 terlihat adanya perbedaan antara permukaan kawat sebelum dan sesudah perlakuan dari masing-masing kelompok sampel. Permukaan kawat kelompok (K) terlihat tampak menjadi kasar, sedangkan pada ketiga kelompok perlakuan tidak terlalu nampak perbedaan yang terlihat.



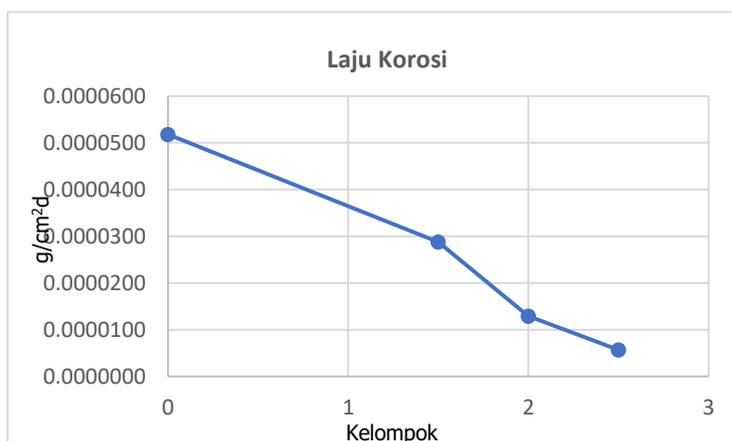
Gambar 1. Permukaan sampel kawat ortodonti yang mengalami korosi.

Korosi mengakibatkan kandungan kawat terlepas sehingga mengurangi berat kawat. Hasil pengukuran berat didapatkan data terjadi penurunan berat kawat yang ditandai dengan adanya perbedaan berat awal dan berat akhir kawat yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran berat kawat ortodonti Nikel titanium dan rata-rata perhitungan laju korosi

Kelompok sampel	sampel	Berat kawat		Selisih berat (g)	Rata-rata ($\text{g}/\text{cm}^2\text{d}$)
		Initial (g)	Berat akhir (g)		
Kontrol	K-1	0,1980	0,1972	0,0008	0,0000518
	K-2	0,1983	0,1974	0,0009	
	K-3	0,1982	0,1973	0,0009	
	K-4	0,1985	0,1975	0,0010	
Perlakuan 1 (1,5 g/L)	P1-1	0,1968	0,1964	0,0004	0,0000288
	P1-2	0,1999	0,1994	0,0005	
	P1-3	0,1973	0,1968	0,0005	
	P1-4	0,1971	0,1965	0,0006	
Perlakuan 2 (2 g/L)	P2-1	0,1986	0,1983	0,0003	0,0000129
	P2-2	0,1980	0,1978	0,0002	
	P2-3	0,1982	0,1979	0,0003	
	P2-4	0,1985	0,1984	0,0001	
Perlakuan 3 (2,5 g/L)	P3-1	0,1986	0,1984	0,0002	0,0000057
	P3-2	0,1959	0,1958	0,0001	
	P3-3	0,1976	0,1975	0,0001	
	P3-4	0,1977	0,1977	0,0000	

Data hasil pengukuran pada tabel 1 menunjukkan adanya perbedaan selisih pada berat awal dan berat akhir kawat yang dikarenakan oleh proses korosi sehingga berat kawat berkurang setelah dilakukan penimbangan. Hasil penimbangan tersebut menunjukkan bahwa selisih rata-rata berat kawat paling kecil yang terdapat pada kelompok perlakuan 3 yaitu 0,0001 g, sedangkan selisih berat kawat terbesar terdapat pada kelompok kontrol (saliva buatan) yaitu 0,0009 g. Setelah didapatkan selisih berat kawat, nilai laju korosi dihitung menggunakan rumus metode *weight loss*. Dari hasil perhitungan didapatkan rata-rata laju korosi pada keempat kelompok sampel kawat ortodonti Nikel titanium dengan rata-rata laju korosi tertinggi yaitu 0,0000518 $\text{g}/\text{cm}^2\text{d}$. Sedangkan pada perlakuan 3 yang direndam dengan ekstrak biji *Persea americana* dengan konsentrasi 2,5 g/L memiliki nilai laju korosi yang paling rendah yaitu 0,0000057 $\text{g}/\text{cm}^2\text{d}$. Grafik perbandingan rata-rata laju korosi kawat ortodonti Nikel titanium antara kelompok kontrol dengan kelompok perlakuan dapat dilihat pada gambar 2.

**Gambar 2.** Grafik perbandingan rata-rata laju korosi kawat ortodonti Nikel titanium dengan pemberian ekstrak biji buah alpukat.**Tabel 2.** Hasil uji *post hoc multiple comparisons* dengan *LSD Test* pemberian ekstrak biji *Persea americana* pada kawat Niti ortodonti

	Kontrol	Konsentrasi 1,5 g/L	Konsentrasi 2 g/L	Konsentrasi 2,5 g/L
Kontrol		0,000*	0,000*	0,000*
Konsentrasi 1,5 g/L			0,001*	0,000*
Konsentrasi 2 g/L				0,061
Konsentrasi 2,5 g/L				

Hasil uji normalitas *Shapiro-Wilk* dan uji homogenitas *Levene* didapatkan nilai dari seluruh kelompok sample $p > 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa data pada setiap kelompok terdistribusi normal dan menunjukkan varian populasi data yang homogen. Uji komparasi antar kelompok dengan uji *Post Hoc LSD test* ditunjukkan pada table 2, dimana nilai $p > 0,05$ ditunjukkan pada kelompok kontrol terhadap semua kelompok perlakuan dan kelompok konsentrasi 1,5 g/L dengan konsentrasi 2 g/L, namun nilai $p = 0,061$ ditunjukkan pada komparasi antara kelompok konsentrasi 2 g/L dengan konsentrasi 2,5 g/L yang artinya tidak terdapat perbedaan yang signifikan antar 2 kelompok tersebut.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian secara visual pada gambar 1 menunjukkan adanya perbedaan permukaan kawat Nikel Titanium pada semua kelompok. Bercak bercak hitam paling banyak tampak pada kelompok kontrol setelah perlakuan, pada kelompok perlakuan dengan konsentrasi 1,5 g/L dan 2 g/L bercak hitam juga tampak pada permukaan sampel, namun pada kelompok perlakuan 2,5 g/L tidak tampak perbedaan yang nyata pada sampel sebelum dan setelah perlakuan. Bercak-bercak hitam menunjukkan adanya perubahan permukaan sampel oleh karena proses korosi. Mekanisme inhibisi senyawa kimia tanin yang terkandung dalam ekstrak biji buah alpukat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu konsentrasi, luas permukaan, dan waktu kontak.²⁰ Konsentrasi ekstrak yang semakin tinggi dapat menyebabkan adsorpsi senyawa tanin yang terkandung dalam ekstrak semakin banyak, sehingga semakin banyak molekul inhibitor yang akan teradsorpsi pada permukaan logam. Hal ini menyebabkan lapisan pelindung yang terbentuk pada permukaan logam akan semakin banyak dan dapat melindungi permukaan logam dari korosi.²¹ Hal ini mendukung hasil penelitian dimana pada kelompok konsentrasi 2,5g/L permukaan kawat lebih sedikit mengalami kerusakan pada permukaannya.

Rerata kehilangan berat pada semua kelompok sampel ditunjukkan pada Table 1, terlihat rata-rata kehilangan berat paling banyak pada kelompok kontrol yaitu sebesar 0,0000518 sedangkan kehilangan berat paling sedikit pada kelompok perlakuan konsentrasi 2,5 g/L yaitu 0,0000057. Kehilangan berat atau dalam istilah korosi disebut dengan *weight loss* merupakan gejala awal terjadinya korosi, hal ini disebabkan oleh karena proses reaksi elektrokimia yang merupakan reaksi yang terjadi pada anoda (mengalami oksidasi) dan katoda (mengalami reduksi), dimana ion logam sebagai anoda dan ion H^+ dari media elektrolit sebagai katoda. Reaksi elektrokimia ini menyebabkan terjadinya pelepasan ion dari kawat ortodonti sebagai tanda terjadinya korosi. Pelepasan ion-ion penyusun logam menyebabkan adanya kehilangan berat, hal ini menyebabkan laju korosi pada kelompok kontrol yang direndam dalam larutan saliva buatan lebih tinggi jika dibandingkan dengan ketiga kelompok perlakuan.²² Gambar 2 juga menggambarkan penurunan laju korosi penelitian ini.

Hasil analisis statistik dengan uji *Post Hoc Multiple Comparisons* dengan *LSD Test* pada table 2 menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kelompok kontrol dan ketiga kelompok perlakuan sedangkan antara ketiga kelompok perlakuan terdapat perbedaan yang signifikan kecuali pada tidak ada perbedaan yang bermakna kecuali antara kelompok konsentrasi 2 g/L dan konsentrasi 2,5 g/L karena memiliki nilai $p < 0,05$. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan konsentrasi 2 g/L sudah cukup digunakan sebagai inhibitor korosi kawat ortodonti Nikel titanium. Ekstrak yang digunakan pada penelitian ini adalah ekstrak secara keseluruhan tanpa terdapat pemisahan senyawa sehingga diperlukan pemilihan ekstrak yang efektif sebagai inhibitor dengan konsentrasi ekstrak yang rendah karena sifat toksik akan semakin tinggi jika konsentrasi ekstrak yang diberikan tinggi.²³

Senyawa aktif tanin yang terkandung dalam ekstrak biji *Persea americana* dapat menghambat rata-rata laju korosi pada kawat ortodonti Nikel titanium. Senyawa aktif yang terkandung dalam biji *Persea americana* yaitu alkaloid, flavonoid, dan tanin.¹⁵ Beberapa senyawa tersebut dapat digunakan sebagai inhibitor korosi karena dapat menyumbangkan beberapa pasangan elektron bebasnya. Tanin memiliki potensi sebagai inhibitor korosi logam karena memiliki struktur yang sangat besar membentuk makromolekul dan mengandung banyak gugus hidroksil (-OH) sehingga menjadi dasar pijakan bahwa tanin memiliki potensi sebagai inhibitor korosi pada logam. Hal ini juga diperkuat oleh sifat tanin yang mampu menyerap logam-logam berat, transisi, dan bahkan uranium.²⁴ Tanin yang terkandung dalam ekstrak biji *Persea americana* mampu menghambat laju korosi sehingga kerugian yang terjadi akibat korosi dapat diminimalkan.¹⁴ Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Darmayanti²¹ menjelaskan terdapat penurunan laju korosi pada kawat ortodonti *stainless steel* yang direndam dalam larutan ekstrak kulit buah kakao, penurunan laju korosi pada kawat ortodonti *stainless steel* ini disebabkan oleh senyawa aktif tanin yang terkandung dalam larutan ekstrak kulit buah kakao.²² Molekul tanin yang terdiri atas gugus hidroksil dan karbonil pada cincin aromatic yang mengandung atom-atom oksigen dapat menyumbangkan pasangan elektron bebasnya sehingga membentuk ikatan kovalen atau khelat dengan kation logam yaitu *metallic-tannates*. Senyawa khelat ini akan melekat pada permukaan kawat dan berperan sebagai lapisan pasif yang dapat menjadi *barrier* pada permukaan logam agar air tidak dapat berkontak langsung.²⁴

Hasil penelitian ini didukung penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rais dan Wahyuningtyas¹⁴ yang meneliti tentang pengendalian laju korosi baja dengan penambahan ekstrak biji *Persea americana* sebagai inhibitor alami. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak biji *Persea americana* yang digunakan maka laju korosi akan semakin kecil. Table 1 dan Gambar 2 terlihat semakin besar konsentrasi maka semakin sedikit kehilangan berat yang terjadi pada sampel.

Korosi tidak dapat dicegah tetapi lajunya dapat dihambat. Salah satu cara untuk menghambat laju korosi yang dapat dilakukan adalah dengan adanya penambahan inhibitor korosi. Inhibitor korosi adalah suatu zat

yang apabila ditambahkan dalam jumlah sedikit ke dalam lingkungan akan menurunkan serangan korosi lingkungan pada logam.¹² Korosi dapat memberikan dampak pada kawat ortodonti karena adanya pelepasan ion logam yang dapat menyebabkan kekasaran permukaan dan melemahnya kawat sehingga memengaruhi kekuatan kawat yang menyebabkan waktu perawatan lebih lama.⁷ Terlepasnya ion-ion logam penyusun kawat ortodonti dalam waktu tertentu menyebabkan perubahan fisik dan mekanis kawat karena terdegradasinya material penyusun kawat tersebut. Pelepasan ion-ion logam penyusun kawat ortodonti dalam jangka waktu lama mengakibatkan permukaan kawat menjadi kasar, sehingga dapat menurunkan kualitas kawat dan mengganggu perawatan ortodonti.^{25,26}

Metode *weight loss* adalah metode yang paling sederhana untuk melihat sebuah proses korosi, perlu dilakukan uji-uji dengan metode lain untuk melihat efektivitas ekstrak biji *Persea americana* sebagai inhibitor korosi pada kawat ortodonti.

SIMPULAN

Ekstrak biji buah *Persea americana* dapat digunakan sebagai inhibitor korosi kawat ortodonti berbahan dasar Nikel titanium dan menurunkan laju korosi kawat ortodonti Nikel titanium.

Kontribusi Penulis: Kontribusi peneliti "Konseptualisasi, I.D.A, P.L.S.D, dan J.R.; metodologi, I.D.A, P.L.S.D, dan J.R.; perangkat lunak, I.D.A.; validasi, I.D.A, P.L.S.D, dan J.R.; analisis formal, I.D.A, P.L.S.D, dan J.R.; investigasi, I.D.A, P.L.S.D, dan J.R.; sumber daya, I.D.A, P.L.S.D, dan J.R.; kurasi data, I.D.A, P.L.S.D, dan J.R.; penulisan penyusunan draft awal, I.D.A.; penulisan tinjauan dan penyuntingan, I.D.A, P.L.S.D, dan J.R.; visualisasi, I.D.A.; supervisi, I.D.A, P.L.S.D, dan J.R.; administrasi proyek, I.D.A.; perolehan pendanaan, I.D.A. Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi naskah yang diterbitkan."

Pendanaan: Penelitian ini tidak menerima dana dari pihak luar

Persetujuan Etik: Penelitian ini tidak menggunakan sampel manusia atau hewan coba

Pernyataan Dewan Peninjau Kelembagaan: Tinjauan dan persetujuan etik tidak disertakan untuk penelitian ini karena penelitian tidak melibatkan manusia atau hewan.

Pernyataan Persetujuan (Informed Consent Statement): Tidak berlaku karena penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratoris.

Pernyataan Ketersediaan Data: Ketersediaan data dapat diperoleh melalui email korespondensi penulis

Konflik Kepentingan: Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Hasil Utama Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas). Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia 2018. h. 228. Tersedia pada: <https://dinkes.kalbarprov.go.id/wp-content/uploads/2019/03/Laporan-Riskesdas-2018-Nasional.pdf>
2. Singh VP, Sharma A. Epidemiological of Malocclusion and Assesment of Orthodontics Treatment Need for Nepalese Children. Int Scholarly Research Notices. 2014. p. 1-7. DOI: [10.1155/2014/768357](https://doi.org/10.1155/2014/768357)
3. Adha MAR, Wibowo D, Rasyid NI. Gambaran tingkat keparahan maloklusi menggunakan handicapping malocclusion assessment record (HMAR) pada Siswa SDN Gambut 10. Dentin J Kedok Gi. 2019; 3(1):1-9. Tersedia pada: <https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/dnt/article/view/884>
4. Ardani IG, Narmada, IB, Hamid T. Pengantar Ilmu Ortodonti II. Surabaya; Airlangga University Press. 2017. h. 28. Tersedia pada: <https://repository.unair.ac.id/95557/>
5. Theerasopon P, Lindauer SJ, Charoemratrotes C. Separation of aligning and leveling stages to control mandibular incisor inclination: A randomized clinical trial. Dental Press J Orthod. 2021; 26(2):e2119378. DOI: [10.1590/2177-6709.26.2.e2119378.oar](https://doi.org/10.1590/2177-6709.26.2.e2119378.oar)
6. Hasyim HS, Devi LS, Sumono A. Pengaruh perendaman kawat nikel- titanium termal ortodonti dalam minuman teh kemasan terhadap gaya defleksi kawat (the effect of immersion thermal nickel-titanium archwire in the bottled tea drinks to the archwire force deflection). e-J Pustaka Kes. 2016;5(2):347. Tersedia pada: <https://repository.unej.ac.id/handle/123456789/83849>
7. Castro SM, Ponces MJ, Lopes JD, Vasconcelos M, Pollmann MCF. Orthodontic wires and its corrosion-The specific case of stainless steel and beta-titanium. J Dent Scie. 2015;10(1):1-7. DOI: [10.1016/j.jds.2014.07.002](https://doi.org/10.1016/j.jds.2014.07.002)
8. Sheikh T, Ghorbani M, Tahmasbi S, Yaghoubnejad Y. Galvanic Corrosion of Orthodontic Brackets and Wires in Acidic Artificial Saliva: Part II. J Dent Scho. 2015;33(1):88-97. DOI: [10.22037/jds.v33i1.24759](https://doi.org/10.22037/jds.v33i1.24759)
9. Genchi G, Carocci A, Lauria G, Sinicropi MS, and Catalano, A. Nickel: Human health and environmental toxicology. Int J Environ Res Public Health. 2020;17(3):679. DOI: [10.3390/ijerph17030679](https://doi.org/10.3390/ijerph17030679)
10. Chantarawatit P, Yanisarapan T. Exposure to the oral environment enhances the corrosion of metal orthodontic appliances caused by fluoride- containing products: Cytotoxicity, metal ion release, and surface roughness. Am J Orthod Dentofac Orthop 2021;160(1):101-112. DOI: [10.1016/j.ajodo.2020.03.035](https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2020.03.035)
11. Yanuar A, Pratikno H, Titah HS. Pengaruh penambahan inhibitor alami terhadap laju korosi pada material pipa dalam larutan air laut buatan. J Teknik ITS. 2016;5(2):1-6. Tersedia pada: <https://ejournal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/18938/3350>
12. Mulyaningsih N, Mujiarto N, Gyani. Pengaruh daun jambu biji sebagai inhibitor korosi alami rantai kapal. J Mechanic Eng 2019;3(1):1-7. DOI: [10.31002/jom.v3i1.1523](https://doi.org/10.31002/jom.v3i1.1523)
13. Manongko PS, Sangi MS, Momuat LI. Uji senyawa fitokimia dan aktivitas antioksidan tanaman patah tulang (*Euphorbia tirucalli* L.). J MIPA. 2020;9(2):1-6. DOI: [10.35799/jmuo.9.2.2020.28725](https://doi.org/10.35799/jmuo.9.2.2020.28725)
14. Rais F, Wahyuningtyas. Pengendalian laju korosi baja dengan penambahan ekstrak biji alpukat sebagai green inhibitor. J Inov Pros. 2021;6(2):1-5. Tersedia pada: <https://journal.akprind.ac.id/index.php/JIP/article/view/3803/2756>
15. Rivai H, Putri YT, Rusdi. Analisis kualitatif dan kuantitatif kandungan kimia dari ekstrak heksan, aseton, etanol dan air dari biji alpukat (*Persea americana* Mill.). 2019;6(2):1-12. DOI: [10.13140/RG.2.2.22758.47687](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22758.47687)
16. Langen EN, Rumampok JF, Leman MA. Pengaruh saliva buatan dan belimbing wuluh (*averrhoa bilimbi* L.) terhadap kekerasan resin komposit nano hybrid. Pharmacon J Ilm Farm, 2017;6(1):1-7. DOI: [10.35799/pha.6.2017.14999](https://doi.org/10.35799/pha.6.2017.14999)
17. Kaur S, Kour, Kirandeep, Singh P. Comparative evaluation of the efficacy of Chlorhexidine mouthwash as a supplement to regular tooth brushing. Internat J Oral Health Dentist. 2019;5(2):97-103. DOI: [10.18231/j.ijohd.2019.022](https://doi.org/10.18231/j.ijohd.2019.022)

18. Angeline, Nina D, Nazruddin. Perbedaan pelepasan ion Nikel kawat stainless steel ortodonti yang direndam dalam obat kumur ekstrak buah mengkudu (*Morinda citrifolia* L.). *Padj J Dent Res Stud* 2021;5(2):110-118. DOI: [10.24198/pjdrs.v5i2.33407](https://doi.org/10.24198/pjdrs.v5i2.33407)
19. Malaret F. Exact Calculation of Corrosion Rates by the Weight-Loss Method. *Experimental Results*. 2022;3:1–12. DOI: [10.1017/exp.2022.5](https://doi.org/10.1017/exp.2022.5)
20. Anjani ADS. Pengaruh Inhibitor Alami Dari Biji Nangka Terhadap Laju Korosi Baja Karbon Tinggi. Skripsi. Repositori UIN Alauddin. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. 2022. h. 58.
21. Darmayanti E, Erstyawati AD. Efektivitas ekstrak kulit buah kakao (*theobroma cacao* L.) sebagai inhibitor laju korosi kawat stainless steel peranti ortodonti lepasan. *E-Prodenta J Dentis* 2021;5(1):393-402.
22. Lestari I, Rodyatunnisa, Sakinah N, Mardiah. Studi laju korosi logam aluminium dengan penambahan inhibitor dari ekstrak daun karamunting (*rhodomyrtus tomentosa*) dalam larutan NaOH. *J Integ Pros* 2018;7(1):26-31.
23. Taqwa ML, Irwan, Pardi. Penggunaan ekstrak daun pepaya sebagai inhibitor korosi baja karbon dalam lingkungan crude oil. *Teknologi*, 2021;21(1):1-6.
24. Yunus I, Boddhi W, Queljoe ED. Skrining fitokimia dan uji toksisitas ekstrak etanol daun langsung (*lansium domesticum* corr) terhadap larva *artemia salina* leach dengan metode brine shrimp lethality test (BSLT). *J Ilm Farm*, 2018;7(3):89-96. DOI: [10.35799/pha.7.2018.20449](https://doi.org/10.35799/pha.7.2018.20449)
25. Kassab EJ, Gomes JP. Assessment of nickel titanium and beta titanium corrosion resistance behavior in fluoride and chloride environments. *Angle orthod*. 2013;83(5):864-869. DOI: [10.2319/091712-740.1](https://doi.org/10.2319/091712-740.1)
26. Hussain HD, Ajith SD, Goel P. Nickel release from stainless steel and nickel titanium archwires - an in vitro study. *J Oral Biol Craniofacial Res*. 2016;6(3):216. DOI: [10.1016/j.jobcr.2016.06.001](https://doi.org/10.1016/j.jobcr.2016.06.001)