

## Orthodontic treatment consideration in thyroid disorders patients

Pertimbangan perawatan ortodonti pada pasien dengan gangguan tiroid

<sup>1</sup>Ita Purnama Alwi, <sup>2</sup>Eddy H. Habar, <sup>3</sup>Nasyrah Hidayati, <sup>4</sup>Andi S. Permatasari, <sup>5</sup>Rifaat Nurrahmah

<sup>1,2,3</sup>Department of Orthodontic, Faculty of Dentistry, Hasanuddin University

<sup>4</sup>Department of Pediatric Dentistry, Faculty of Dentistry, Hasanuddin University

<sup>5</sup>Department of Prosthodontic, Faculty of Dentistry, Hasanuddin University  
Makassar, Indonesia

Corresponding author, e-mail: itapurnamaalwi@unhas.ac.id

### ABSTRACT

Thyroid disorders, including hyperthyroidism, hypothyroidism, and autoimmune thyroid disease, have a significant systemic impact on skeletal metabolism, bone remodelling, and periodontal tissue because orthodontic tooth movement depends on the balance of osteoclast and osteoblast activity within the periodontal ligament and alveolar bone. Disorders at the thyroid hormone level can affect the biomechanics of treatment, the rate of tooth movement, anchorage control, and risks during treatment. This article discusses how thyroid dysfunction affects orthodontic tooth movement, periodontal tissue response, bone remodelling, and considerations for orthodontic treatment planning. It is concluded that management should be based on the identification of biological mechanisms, treatment risks, and essential clinical considerations for orthodontists treating patients with thyroid disorders.

**Keywords:** orthodontic treatment, thyroid disorders

### ABSTRAK

Gangguan tiroid, termasuk hipertiroidisme, hipotiroidisme, dan penyakit tiroid autoimun memiliki dampak sistemik yang signifikan pada metabolisme skeletal, remodeling tulang, dan jaringan periodontal karena pergerakan gigi ortodonti bergantung pada keseimbangan aktivitas osteoklas dan osteoblas di dalam ligamen periodontal dan tulang alveolar. Gangguan pada tingkat hormon tiroid dapat memengaruhi biomekanika perawatan, laju pergerakan gigi, kontrol penjangkaran, dan risiko selama perawatan. Artikel ini membahas disfungsi tiroid mempengaruhi pergerakan gigi ortodonti, respon jaringan periodontal, remodeling tulang, dan pertimbangan rencana perawatan ortodonti. Disimpulkan bahwa penanganan diberikan berdasarkan identifikasi mekanisme biologis, risiko perawatan, dan pertimbangan klinis yang esensial bagi ortodontis yang menangani pasien dengan gangguan tiroid.

**Kata kunci:** perawatan ortodonti, gangguan tiroid

Received: 10 September 2025

Accepted: 5 January 2026

Published: 1 April 2026

### PENDAHULUAN

Gangguan tiroid merupakan salah satu kelainan endokrin yang paling sering ditemukan dan berdampak signifikan terhadap berbagai sistem organ, termasuk metabolisme dan homeostasis skeletal. Hormon tiroid terutama tri-iodotironin ( $T_3$ ) dan tiroksin ( $T_4$ ) berperan penting dalam regulasi aktivitas osteoblas dan osteoklas, perkembangan skeletal, serta pergantian tulang atau *bone turnover*. Ketidakseimbangan hormon tiroid, baik dalam bentuk hipotiroidisme maupun hipertiroidisme, terbukti menyebabkan perubahan densitas tulang, arsitektur mikro tulang, dan proses remodeling tulang.<sup>1</sup>

Pergerakan gigi ortodonti atau *orthodontic tooth movement* (OTM) terjadi melalui respon biologis terhadap gaya mekanis yang diterapkan pada gigi. Pada proses ini terjadi deformasi ligamen periodontal (LPD), perubahan aliran darah, dan aktivasi mediator inflamasi seperti IL-1 $\beta$ , IL-6, dan TNF- $\alpha$ , yang kemudian mengatur aktivasi osteoklas dan osteoblas. Pada sisi tekanan, terjadi resorpsi tulang oleh osteoklas, sedangkan pada sisi tarikan, terjadi deposisi tulang oleh osteoblas.<sup>2</sup>

Efektivitas pergerakan gigi sangat bergantung pada keseimbangan remodeling tulang, sehingga kondisi sistemik yang memodulasi metabolisme tulang dapat mengubah kecepatan dan kualitas OTM. Meskipun hubungan antara fungsi tiroid dan metabolisme tulang telah banyak dikaji dalam bidang endokrinologi, pustaka yang khusus membahas pertimbangan perawatan ortodonti pada pasien yang mengalami gangguan tiroid masih terbatas. Sebagian besar bukti berasal dari studi hewan atau laporan klinis berskala kecil, sehingga belum terdapat pedoman klinis yang komprehensif untuk menangani pasien ortodonti dengan gangguan tiroid, dengan meningkatnya jumlah pasien dewasa yang menjalani perawatan ortodonti dan mengingat prevalensi gangguan tiroid yang tinggi pada populasi dewasa terutama wanita, pemahaman mendalam mengenai implikasi klinis ini menjadi semakin penting.<sup>4</sup> Artikel ini menyajikan kajian naratif mengenai pertimbangan perawatan ortodonti pada pasien dengan gangguan tiroid, meliputi mekanisme biologis yang mendasari, risiko klinis, modifikasi terapi, serta rekomendasi manajemen.

### TINJAUAN PUSTAKA

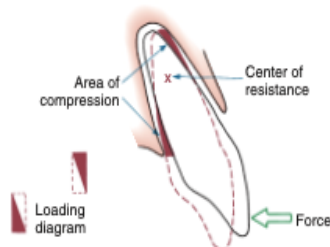
#### Mekanisme biologis OTM

OTM merupakan proses biologis kompleks yang sangat bergantung pada remodeling tulang alveolar dan respon jaringan periodontal terhadap gaya mekanis. Setelah gaya ortodonti diaplikasikan, terjadi perubahan tekanan dan regangan pada LPD, yang memicu respon inflamasi, diferensiasi seluler, serta aktivasi jalur RANK/RANKL/OPG yang mengatur resorpsi dan deposisi tulang.<sup>2,3</sup>

Hal penting yang harus diperhatikan dalam menggerakkan gigi secara ortodonti adalah pemberian kekuatan yang adekuat dan dengan persentase yang telah diperkirakan. Durasi dari pemberian tekanan yang telah diperhitungkan juga merupakan komponen penting untuk menghasilkan *second messenger* yang berfungsi untuk menstimulasi diferensiasi seluler. Sesudah tekanan berlangsung sekitar 4 jam, terjadi perubahan kimiawi, adanya *adenosine monophosphate* (AMP) yang merupakan *second messenger* yang diperlukan untuk perubahan fungsi sel misalnya diferensiasi.<sup>3</sup>

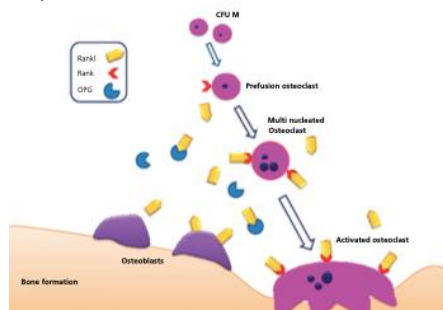
Perubahan ini terdeteksi oleh sel-sel fibroblas, osteoblas dan osteosit yang masih terhubung dengan matriks ekstrasel. Segera setelah aplikasi tekanan pada LPD, terjadi peningkatan ekspresi prostaglandin dan IL-1 $\beta$  yang adalah mediator penting terjadi respon sel, yang berarti pemberian gaya harus cukup; tidak terlalu besar dan tidak terlalu kecil agar dapat menstimulasi proses resorpsi. Jika proses resorpsi telah terjadi akibat induksi gaya mekanis dari peranti ortodonti, maka sebagai proses homeostasis akan terjadi aposisi untuk menggantikan tulang yang telah diresorpsi. Pemberian gaya mekanis yang terlalu besar akan menyebabkan kegoyangan pada gigi, sebaliknya gaya yang terlalu kecil tidak akan menstimulasi osteoklas untuk melakukan tugasnya. Induksi gaya mekanis pada gigi menyebabkan *displacement* dan deformasi pada gigi (Gbr. 1).<sup>5</sup>

Pergerakan gigi yang diinduksi dengan pemberian gaya mekanis oleh peranti ortodonti memiliki 3 fase yaitu *initial phase*, *lag phase* dan *postlag phase*. Ketiga fase tersebut terjadi bersinambung, sehingga bila terjadi gangguan pada salah satu fase maka proses pergerakan gigi juga terganggu.<sup>6</sup>



Gambar 1 Aplikasi gaya ortodonti (Proffit et al.)

Proses remodeling tulang juga melibatkan faktor sistemik. Reaksi sistemik berperan pada regulasi kadar mineral dalam tulang serta mengatur aktivitas osteoblas dan osteoklas. Reaksi tersebut berupa aktivitas hormon paratiroid, vitamin D, kalsitonin dan estrogen. Hormon paratiroid akan mengaktifkan adenil siklase yang akhirnya menghasilkan c-AMP. Paratiroid juga menstimulasi RANKL yang meningkatkan produksi osteoklas. Kalsitonin bertindak sebagai antagonis fisiologis terhadap paratiroid yang berfungsi untuk menghambat resorpsi tulang (Gbr.2).<sup>5</sup>



Gambar 2 Pathway RANK/RANKL/OPG (Shroff B)

RANKL yang merupakan salah satu *family* ligan dari TNF disebut juga OPG L, ODF dan memiliki reseptor RANK yang merupakan kunci pengaturan remodeling tulang dan sangat esensial dalam perkembangan dan aktivasi sel osteoklas. RANKL dan reseptornya, RANK yang diekspresikan di osteoklas dan sel prekursor RANKL dan RANK berubah menjadi sebuah molekul yang berfungsi dalam formasi dan meningkatkan fungsi osteoklas. Selanjutnya, RANKL akan berikatan dengan RANK pada permukaan sel osteoklas progenitor untuk merangsang diferensiasi sel tersebut. Selain itu, sel osteoblas juga mensekresikan suatu substansi yang berfungsi sebagai reseptor dan dapat juga mengikat RANKL yang disebut OPG, OPG dapat beraksi sebagai penghambat pembentukan osteoklas dengan cara berikatan dengan RANKL sehingga mencegah interaksi antara RANKL dan RANK pada progenitor osteoklas. RANKL dan OPG yang diproduksi di osteoblas dan fibroblas ligamen periodontal berperan penting dalam regulasi jaringan ikat dan resorpsi tulang selama proses pergerakan gigi ortodonti.<sup>5</sup>

### Gangguan tiroid

Kelenjar tiroid merupakan kelenjar endokrin yang berperan sentral dalam pengaturan metabolisme, pertumbuhan, dan diferensiasi jaringan melalui sekresi hormon tiroksin (T<sub>4</sub>) dan tri-iodotironin (T<sub>3</sub>). Hormon tiroid memengaruhi hampir seluruh jaringan tubuh, termasuk tulang, jaringan periodontal, dan struktur kraniofasial yang relevan langsung dengan perawatan ortodonti.<sup>7</sup>

Gangguan tiroid secara garis besar diklasifikasikan atas 1) hipotiroidisme atau penurunan fungsi tiroid, 2) hipertiroidisme atau peningkatan fungsi tiroid, dan 3) bentuk-bentuk khusus seperti penyakit autoimun (*Hashimoto thyroiditis*, *Graves' disease*), tiroiditis, dan gangguan kongenital (*congenital hypothyroidism*). Epidemiologi global me-

nunjukkan bahwa hipotiroidisme mengenai  $\pm 5\%$  populasi umum, dengan tambahan sekitar 5% kasus yang tidak terdiagnosis, sedangkan prevalensi hipertiroidisme klinis 0,2-1,3% tergantung area dan status iodium.<sup>7</sup>

### METODE

Metode studi kajian pustaka dengan mengumpulkan data yang berhubungan dengan topik dari artikel hasil penelitian, *literature review*, *systematic review*, dan meta-analisis yang dipilih sesuai kriteria diterbitkan 10 tahun terakhir, yaitu 2015-2025, kecuali untuk pustaka yang berasal dari buku teks. Pencarian pustaka dari jurnal *online* berbentuk PDF seperti *Pubmed*, *Google Scholar*, *Science Direct*, *Elsevier*, *ajodo.org* yang relevan dengan kata kunci perawatan ortodonti dan gangguan tiroid

### PEMBAHASAN

Gangguan tiroid memiliki implikasi yang signifikan terhadap proses biologis OTM karena hormon tiroid merupakan regulator utama metabolisme tulang dan aktivitas seluler pada jaringan periodontal. OTM bergantung pada remodeling tulang alveolar melalui mekanisme resorpsi pada sisi tekanan dan deposisi pada sisi tarikan, yang sangat dipengaruhi oleh aktivitas osteoklas dan osteoblas.<sup>2</sup> Oleh karena itu, perubahan kadar hormon tiroid secara langsung memengaruhi respon jaringan terhadap gaya ortodonti.

### Pengaruh gangguan tiroid terhadap remodeling tulang selama perawatan ortodonti

#### Hipertiroidisme dan percepatan pergerakan gigi

Studi endokrinologi menunjukkan bahwa hipertiroidisme berkaitan dengan penurunan densitas mineral tulang dan peningkatan risiko osteoporosis. Hipertiroidisme menaikkan kadar T<sub>3</sub> dan T<sub>4</sub>, yang mempercepat metabolisme tulang yaitu peningkatan aktivitas dan diferensiasi osteoklas yang ditandai dengan peningkatan ekspresi RANKL dan penurunan OPG.<sup>1,8</sup>

Efaknya terhadap OTM adalah pergerakan gigi yang lebih cepat, terutama pada fase *post-lag*, peningkatan risiko *instability* dan kehilangan *anchorage*, terutama pada kasus yang membutuhkan retraksi, distalisasi/mesialisasi dengan kontrol pergerakan gigi posterior, berpotensi terjadi peningkatan mobilitas gigi, terutama bila ada periodontitis yang tidak terkontrol serta meningkatnya risiko resorpsi akar akibat remodeling tulang yang agresif. Pasien dengan hipertiroidisme tidak terkontrol menunjukkan pola OTM yang tidak stabil sehingga memerlukan gaya yang lebih ringan dan monitoring radiografis yang lebih sering. Stabilitas oklusal juga menjadi tantangan akibat risiko mobilitas gigi yang meningkat.<sup>9,10</sup>

#### Hipotiroidisme dan perlambatan pergerakan gigi

Hipotiroidisme ditandai oleh penurunan kadar hormon tiroid yaitu T<sub>3</sub> dan T<sub>4</sub>, yang dapat menghambat aktivitas osteoklas dan osteoblas. Hal ini juga didukung oleh studi Makrygiannakis, bahwa hipotiroidisme menurunkan proses remodeling tulang hingga 50%, yang berdampak pada durasi perawatan ortodonti yang lebih panjang dan memperlama durasi penyembuhan jaringan periodontal. Pada pasien hipotiroidisme autoimun (*Hashimoto*), risiko serostomia dan karies juga lebih tinggi, sehingga modifikasi perawatan harus mempertimbangkan kondisi oral secara keseluruhan.<sup>11,12</sup>

Dampak hipotiroidisme terhadap ortodonti meliputi pergerakan gigi yang lambat akibat rendahnya pergantian tulang, respon inflamasi yang tertunda, sehingga fase *lag* OTM menjadi lebih panjang. Fase *lag* adalah fase penundaan sementara yang terjadi setelah gaya ortodonti pertama kali diaplikasikan pada gigi, sebelum pergerakan gi-

gi berlangsung secara konsisten. Fase ini merupakan bagian penting dari proses biologis OTM yang berhubungan dengan respon jaringan periodontal dan remodeling tulang. Pada penderita hipotiroidisme, fase *lag* lebih panjang dan pada fase ini memengaruhi kecepatan pergerakan gigi, durasi perawatan, risiko resorpsi akar, dan pilihan besar gaya ortodonti (*light force preferred*).

### Dampak penyakit autoimun tiroid terhadap respon periodontal pada perawatan ortodonti Graves' disease

*Graves' disease* menyebabkan hipertiroidisme autoimun yang ditandai dengan aktivitas sistemik berlebih dari *thyroid-stimulating immunoglobulin* (TSI). Efeknya dapat meningkatkan vaskularisasi LPD yang mempercepat resorpsi tulang, terjadi peningkatan risiko inflamasi dan terjadi resorpsi jaringan periodontal.<sup>11</sup> Pada pasien *Graves* yang tidak stabil, perawatan ortodonti dapat memperburuk gejala periodontal dan meningkatkan risiko pergerakan gigi yang tidak terkendali.

### Hashimoto's thyroiditis

Sebagai bentuk hipotiroidisme autoimun, Hashimoto's dapat menyebabkan serostomia dan penurunan kualitas saliva, gingivitis kronis, risiko kandidiasis oral, lamanya durasi perawatan akibat respon metabolik lambat. Saliva berperan penting dalam menjaga kesehatan jaringan periodontal, sehingga kondisi ini dapat memperburuk iritasi akibat peranti ortodonti.<sup>12</sup>

### Pertimbangan biomekanik dalam perawatan ortodonti pada pasien dengan gangguan tiroid

#### Dasar biomekanik: gaya, respons jaringan, dan fase OTM

Secara biomekanik, OTM terjadi jika gaya yang diterapkan menghasilkan perubahan tekanan dan tarikan pada LPD, memicu respon inflamasi dan remodeling tulang alveolar yang terkoordinasi. Besar gaya, durasi, dan distribusinya menentukan derajat kompresi LPD, luas area hialinisasi, serta kecepatan transisi dari fase awal, fase *lag*, hingga fase linear OTM.<sup>1,3</sup>

Pada individu dengan fungsi tiroid normal, gaya ortodonti ringan berkelanjutan atau *light continuous force* dipandang optimal untuk meminimalkan hialinisasi dan resorpsi akar, sekaligus mempertahankan kecepatan pergerakan gigi yang efisien.<sup>2</sup> Namun, pada penderita gangguan tiroid, keadaan biologis tulang dan PDL berubah secara signifikan sehingga hubungan respon antara gaya ortodonti dan pergerakan gigi tidak lagi linier. Hal ini menuntut penyesuaian biomekanik yang lebih seksama.<sup>12</sup>

### Hipertiroidisme: gaya lebih ringan dan kontrol anchorage

Pada hipertiroidisme, kadar  $T_3$  dan  $T_4$  yang meningkat mempercepat aktivitas osteoklas dan memperpendek siklus remodeling tulang, menghasilkan kondisi *high bone turnover*.<sup>1,13</sup> Dalam konteks biomekanik, 1) gaya ortodonti cenderung terasa lebih besar secara biologis. Gaya yang secara nominal masih dalam rentang ringan pada pasien eutiroid dapat menimbulkan respons resorpsi tulang yang lebih agresif pada pasien hipertiroid. Oleh karena itu, disarankan penggunaan gaya yang bahkan lebih rendah dari gaya optimal, misalnya *wire* berdiameter lebih kecil, aktivasi minimal pada *coil spring*, atau penggunaan elastik dengan tegangan minimal; 2) fase *lag* lebih singkat dan fase *linear* lebih curam. Pembersihan jaringan hialin dan perekrutan osteoklas berlangsung lebih cepat, sehingga pergerakan gigi dapat terjadi lebih awal dan dengan kemiringan kurva. Hal ini meningkatkan risiko pergerakan gigi yang terlalu cepat dan sulit dikontrol;<sup>3,10</sup> 3) *anchorage* berisiko tinggi mengalami kegagalan. Karena remodeling tulang yang cepat tidak hanya terjadi pada gigi yang digerakkan

tetapi juga pada unit *anchorage*, kehilangan *anchorage* (*anchorage loss*) lebih sering terjadi. Penguatan *anchorage* dengan *temporary anchorage devices* (TADs),<sup>12,4</sup> risiko resorpsi akar meningkat. Kondisi yang meningkatkan *bone turnover* dan inflamasi lokal berpotensi meningkatkan resorpsi akar atau OIIRR.<sup>9</sup> Pada pasien hipertiroid, gaya yang terlalu besar atau interval aktivasi yang cepat harus dihindari, dan monitoring radiografis perlu dilakukan lebih sering.

Secara praktis, rencana biomekanik pada hipertiroidisme bertumpu pada prinsip: gaya kecil, aktivasi jarang, *anchorage* kuat, dan monitoring ketat.<sup>2,12</sup>

### Hipotiroidisme: gaya kontinu ringan dan ekspektasi durasi perawatan lebih panjang

Pada hipotiroidisme, rendahnya kadar hormon tiroid menurunkan metabolisme tulang dan memperlambat pergantian seluler di LPD, menciptakan kondisi *low bone turnover*.<sup>10</sup> Implikasi biomekaniknya tidak sama, yaitu 1) pergerakan gigi cenderung lambat, fase *lag* atau pembersihan jaringan hialin berlangsung lebih lama sehingga gigi dapat berada lebih lama dalam keadaan *stagnan* meskipun gaya terus diberikan. Hal ini menuntut kesabaran klinis dan menghindari penambahan gaya secara agresif hanya karena gigi tampak tidak bergerak; 2) gaya intermiten gigi justru memperburuk hialinisasi. Peningkatan gaya untuk memaksa gigi bergerak dapat menyebabkan hialinisasi luas dan memperpanjang fase *lag* sehingga penggunaan gaya kontinu ringan (misalnya kawat NiTi berdiameter kecil dalam waktu lebih lama) lebih disarankan daripada aktivasi besar dan sporadis;<sup>2,3</sup> 3) penyembuhan tulang dan jaringan periodontal pasca prosedur invasif lebih lambat; 4) ekstraksi gigi, pemasangan mini-implan, atau prosedur *corticotomy* memerlukan waktu pemulihan lebih panjang sebelum perawatan ortodonti penuh dapat diaplikasikan. Jadwal aktivitas biomekanik perlu disesuaikan dengan fase penyembuhan yang lebih panjang; 5) *anchorage* relatif lebih stabil tetapi waktu retensi lebih lama. Karena remodeling tulang berjalan lambat, kehilangan *anchorage* mungkin lebih kecil, namun proses maturasi tulang baru pasca pergerakan juga lebih lama. Ini berarti fase retensi perlu diperpanjang untuk memastikan stabilitas jangka panjang.

### Pasien dalam terapi levotiroksin atau antitiroid: mengelola variabilitas biologis

Banyak pasien dengan gangguan tiroid mendapatkan terapi levotiroksin (hipotiroidisme) atau obat antitiroid (hipertiroidisme). Ketika dosis dan kepatuhan baik, pasien dapat berada dalam keadaan eutiroid sehingga respon biomekanik mendekati normal. Namun, fluktuasi dosis atau ketidakpatuhan dapat menyebabkan perubahan periodik pada laju OTM: a) pada terapi levotiroksin, dosis supresif (misalnya pada pasien pasca kanker tiroid) dapat menempatkan pasien dalam keadaan mirip hipertiroidisme, sehingga semua risiko biomekanik yang telah dibahas pada hipertiroidisme perlu dipertimbangkan;<sup>8,12</sup> b) pada pasien yang baru memulai antitiroid, kemungkinan masih terdapat fase transisi dengan aktivitas tulang yang belum stabil. Perawatan ortodonti intensif sebaiknya ditunda hingga pasien mencapai keadaan eutiroid yang kolaborasi dengan dokter spesialis endokrinologi untuk memastikan kestabilan kadar TSH dan  $T_4$  sebelum merencanakan perawatan dan mekanoterapi merupakan langkah penting untuk mengurangi variabilitas respon biomekanik.<sup>12</sup>

### Pemilihan perangkat ortodonti dan desain mekanik Preferensi mekanik friksi

Penggunaan *self-ligating bracket* atau ligasi pasif dapat membantu menghasilkan gaya yang lebih rendah dan lebih terkontrol, teruta-

ma pada pasien dengan hipertiroidisme yang sensitif terhadap gaya.<sup>2</sup>

### Segmented arch mechanics

Pendekatan *segmented arch* memungkinkan kontrol gaya dan momen yang lebih presisi pada gigi tertentu, serta mempermudah penguatan *anchorage* pada gigi yang tidak ingin digerakkan.<sup>5,6</sup>

### Penggunaan TADs secara selektif

Pada pasien hipertiroid, digunakan untuk mengurangi ketegangan pada *anchorage* gigi; sementara pada hipotiroidisme, TADs dipertimbangkan untuk mengurangi aktivasi yang terlalu sering.<sup>12</sup>

### Retensi jangka panjang

Karena potensi *relaps* yang lebih tinggi pada hipertiroidisme dan maturasi tulang yang lambat pada hipotiroidisme, *fixed retainer* jangka panjang atau kombinasi *fixed-removable* seringkali lebih rasional.<sup>12</sup>

### Implikasi klinis dan rekomendasi praktis

Secara keseluruhan, pertimbangan biomekanik pada pasien de-

ngan gangguan tiroid dapat dirangkum sebagai a) selalu pastikan status eutiroid sebelum memulai perawatan intensif; b) gunakan gaya yang lebih ringan daripada protokol standar, baik pada hipertiroid maupun hipotiroid, namun dengan alasan berbeda: mencegah resorpsi pada hipertiroid dan menghindari hialinisasi berlebih pada hipotiroid; c) perkuat *anchorage* pada pasien hipertiroid dan perpanjang fase retensi pada kedua kelompok gangguan tiroid; d) monitoring radiografis berkala diperlukan untuk mendeteksi perubahan densitas tulang, resorpsi akar, dan adaptasi periodontal.<sup>8,9,12</sup>

Pendekatan ini sejalan dengan konsep bahwa obat dan kondisi sistemik dapat secara signifikan memodifikasi OTM dan harus menjadi bagian integral dari perencanaan biomekanik ortodonti.<sup>9,12</sup>

Disimpulkan bahwa ortodontis harus memahami bahwa keberhasilan biomekanika sangat dipengaruhi status endokrin pasien. Evaluasi medis yang komprehensif, komunikasi dengan dokter spesialis endokrin, serta adaptasi gaya biomekanik yang sesuai merupakan komponen utama dalam memastikan keamanan serta efektivitas perawatan ortodonti pada pasien dengan gangguan tiroid.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Bassett JHD, Williams GR. Role of thyroid hormones in skeletal development and bone maintenance. *Endocrine Reviews* 2016; 37(2):135-87.
2. Li Y, Jacox LA, Little SH, Ko CC. Orthodontic tooth movement: The biology and clinical implications. *Kaohsiung J Med Sci* 2018;34(4):207-14.
3. Jeon HH, Teixeira H, Tsai A. Mechanistic insight into orthodontic tooth movement based on animal studies: A critical review. *J Clin Med* 2021;10(8):1733.
4. Taylor PN, Albrecht D, Scholz A. Global epidemiology of hyperthyroidism and hypothyroidism. *Nature Reviews Endocrinol* 2018;14(5):301-16
5. Shroff B. *Biology of orthodontics tooth movement*. Virginia: Springer International Publishing; 2016
6. Proffit, Henry WF, David MS. *Contemporary orthodontics 4<sup>th</sup> Ed*. Canada: Mosby Elsevier; 2019.
7. Chiovato L, Magri F, Carlé A. Hypothyroidism in context: where we've been and where we're going. *Adv Ther* 2019;36(Suppl 2):S47-S58.
8. Delitala AP, Scuteri A, Doria C. Thyroid hormone diseases and osteoporosis. *Int J Environment Res Publ Health* 2020 17(9): 3415.
9. Berry S, Stewart F, Kim Y. Influence of thyroxine supplementation on orthodontically induced tooth movement and inflammatory root resorption: A systematic review. *Orthodont Craniofac Res* 2021;24(4):484-95.
10. McLeod DSA, Cooper DS, Ladenson PW. Epidemiology and pathophysiology of autoimmune thyroid disease. *J Clin Endocrinol Metabol* 2019;104:3919-32.
11. Zhu S, Pang Y, Xu J. Endocrine regulation on bone by thyroid. *Front Endocrinol* 2022;13:873820.
12. Makrygiannakis MA, Kaklamanos EG, Athanasiou AE. Medication and orthodontic tooth movement. *J Orthodont* 2019;46(1):23-31.
13. Delitala AP, Scuteri A, Doria C. Thyroid hormone diseases and osteoporosis. *J Clin Med* 2020;9(4):1034.