



Dasar Pertumbuhan **KRANIOFASIAL** setelah Kelahiran

I GUSTI AJU WAHJU ARDANI



KRANIOFASIAL SERIES #1

#1

Dasar Pertumbuhan

KRANIOFASIAL

setelah Kelahiran

AUP 2021

Pasal 113 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta:

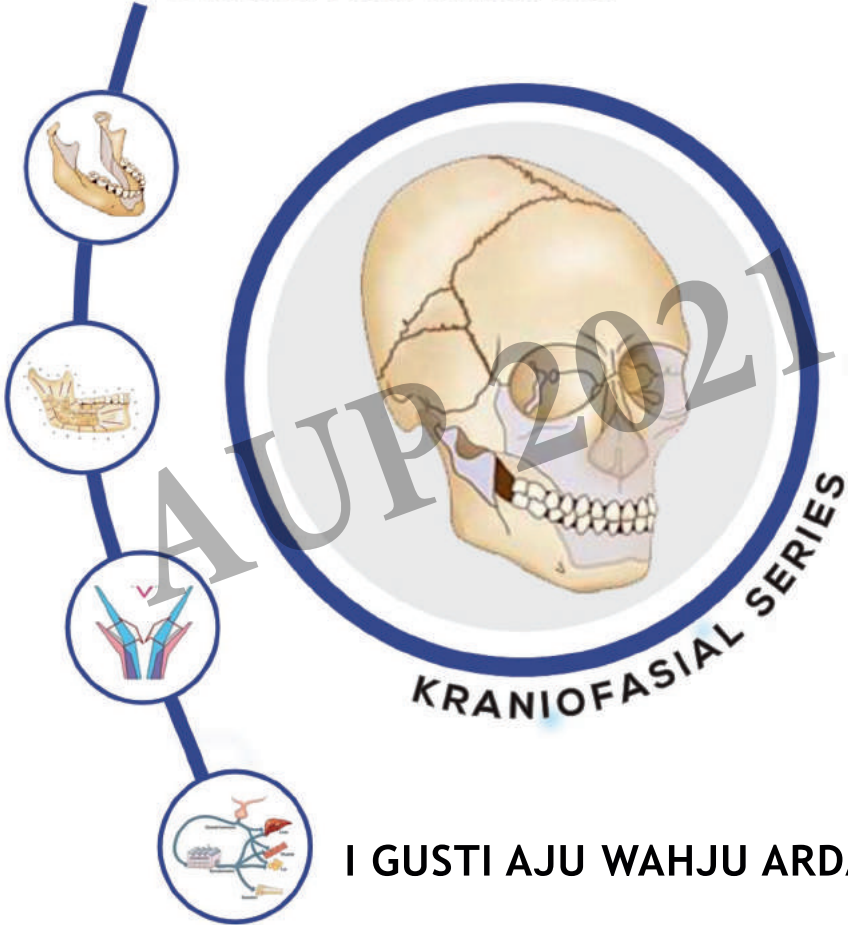
- (1) Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
- (2) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
- (3) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
- (4) Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

#1

Dasar Pertumbuhan

KRANIOFASIAL

setelah Kelahiran



I GUSTI AJU WAHJU ARDANI



**DASAR PERTUMBUHAN KRANIOFASIAL
SETELAH KELAHIRAN**

I Gusti Aju Wahyu Ardani

ISBN 978-602-473-707-8

© 2021 Penerbit **Airlangga University Press**

Anggota IKAPI dan APPTI Jawa Timur
Kampus C Unair, Mulyorejo Surabaya 60115
E-mail: adm@aup.unair.ac.id

Bekerja sama dengan

Direktorat Inovasi dan Pengembangan Pendidikan UNAIR

Kampus C Unair, Gedung Kahuripan Lt. 2, Ruang 203, Mulyorejo Surabaya 60115
Telp. (031) 5920424 Fax. (031) 5920532 E-mail: direktorat@ditipp.unair.ac.id

Layout (Tohir)

AUP (1064/04.21 - RK242/11.20)

Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang.

Dilarang mengutip dan/atau memperbanyak tanpa izin tertulis
dari Penerbit sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apa pun.

Prakata

Ilmu pengetahuan tentang pertumbuhan kraniofasial sangat penting bagi semua dokter gigi umum dan dokter gigi spesialis seperti ortodontis, pedodontis, dan ahli bedah maksilofasial. Buku ini membahas dasar-dasar tentang pertumbuhan tulang khususnya pertumbuhan kraniofasial ini dibagi menjadi lima bab, yang membahas tentang perkembangan tulang dan tulang rawan.

Buku ini merupakan rangkuman dari *Textbook of Craniofacial Growth* oleh Sridhar Premkumar, *Essential of Facial Growth* oleh Donald H. Enlow dan Mark G. Hans, *Contemporary Orthodontics* oleh William R. Proffit, *et al*, *Textbook of Orthodontics* oleh Gurkeerat Singh, dan *An Introduction to Orthodontics* oleh Mitchell, *et al*. yang dirangkum agar mudah dibaca dan dipahami oleh rata-rata siswa maupun praktisi.

Buku ini juga penting untuk dibaca oleh mahasiswa kedokteran gigi dan spesialis yang berorientasi akademis, agar dapat memahami berbagai konsep dan prinsip pertumbuhan kraniofasial dalam matakuliah ortodonti.

Penulis

Daftar Isi

PRAKATA.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	ix

1

Prinsip Pertumbuhan Kraniofasial

1.1 Pola Pertumbuhan.....	1
1.1.1 Pertumbuhan <i>Cephalocaudal</i>	1
1.1.2 Gradien Pertumbuhan Scammon.....	2
1.1.3 Variabilitas.....	3
1.1.4 Konsep Normalitas dan Variabilitas.....	3
1.1.5 Waktu, Jarak, dan Kurva Velositas.....	5
1.2 Mekanisme Pertumbuhan Tulang.....	7
1.2.1 Deposisi dan Resorpsi.....	8
1.2.2 Pertumbuhan Tulang Endosteal dan Periosteal.....	9
1.2.3 Remodeling.....	10
1.3 Pergerakan Pertumbuhan.....	11
1.3.1 <i>Drift</i> dan <i>Displacement</i>	11
1.3.2 Prinsip V.....	14
1.3.3 Prinsip Permukaan.....	15
1.3.4 Pertumbuhan Posterior dan <i>Displacement</i> Anterior.....	15

1.4. Konsep Ekuivalen Pertumbuhan/ <i>Enlow Counterpart Principle</i>	16
Rangkuman	18
Latihan Soal	18

2

Mekanisme Kontrol Pertumbuhan Kraniofasial

2.1 Perubahan Paradigma dari Biologi Kraniofasial	19
2.1.1 Paradigma Genom	20
2.1.2 Paradigma Fungsional.....	20
2.2 Tempat Pertumbuhan dan Pusat Pertumbuhan (<i>Site vs Center</i>)	24
2.3 Faktor yang Mengontrol Pertumbuhan Kraniofasial	25
2.3.1 Klasifikasi Von Limborgh.....	25
2.3.2 Klasifikasi Enlow dan Moyers.....	25
2.3.3 Klasifikasi Goose dan Appleton	26
Rangkuman	31
Latihan Soal	31
DAFTAR PUSTAKA	33
BIOGRAFI.....	35

Daftar Gambar

Gambar 1.1	Diagram representatif dari pertumbuhan <i>cephalocaudal</i>	2
Gambar 1.2	Kurva Scammon tentang macam sistem jaringan pada tubuh	3
Gambar 1.3	Grafik pertumbuhan	4
Gambar 1.4	Kurva jarak pada abad ke-18 dari data Montbeillard mengenai perubahan tinggi badan pada satu individu	6
Gambar 1.5	Kurva velositas standar untuk anak-anak dengan pertumbuhan normal.....	7
Gambar 1.6	Daerah deposisi dan resorpsi	8
Gambar 1.7	A dan B. (A) Jika arah pertumbuhan konstan, kortikal di kanan akan terbentuk secara periosteal dan yang kiri endosteal. Keduanya akan terjadi bersamaan pada arah pertumbuhan. (B) Arah pertumbuhan tulang dapat berubah saat proses perkembangan tulang. Pada area dengan formasi tulang asterisk awalnya terjadi secara endosteal (atas) dan kemudian setelah perubahan arah pertumbuhan, secara periosteal (bawah).	9
Gambar 1.8	A dan B: (A) Garis reversal: pembatas antara periosteal dan endosteal. Gambaran garis pada daerah histologi: AK-tulang alveolar; P-ruang periodontal; Z-akar gigi. (B) potongan tulang alveolar. Daerah berwarna kuning menunjukkan formasi tulang endosteal pada daerah atas permukaan yang menghadap ke gigi dan formasi periosteal di bagian bawah. Hal ini akan menimbulkan	

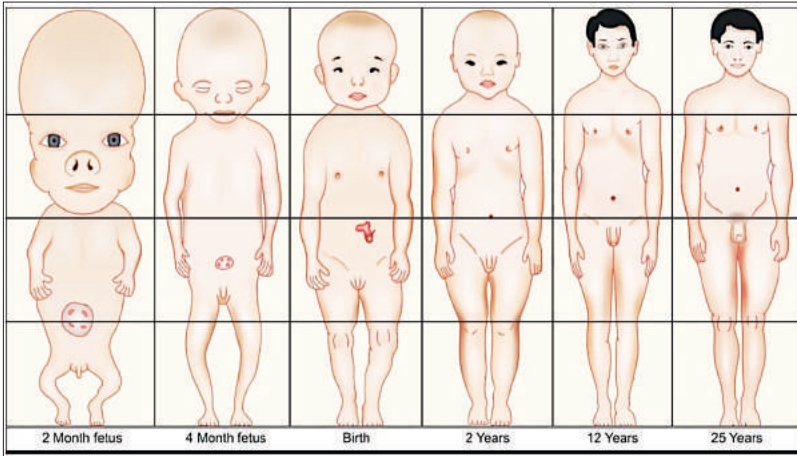
Prinsip Pertumbuhan Kraniofasial

1.1 POLA PERTUMBUHAN

Pola pertumbuhan adalah di mana berbagai bagian tubuh diatur dalam hubungan yang proporsional. Hal ini menunjukkan hubungan proporsional secara keseluruhan dan bukan hanya satu hubungan saja. Terlebih lagi hubungan ini tidak hanya menggambarkan suatu waktu tertentu namun juga menunjukkan perubahan hubungan di setiap waktu. Jadi pola yang dimaksud termasuk bagian, banyaknya, atau kejadian tertentu; daftar statistik yang berubah-ubah; atau hubungan antar derajat pengukuran. Istilah ini digunakan untuk menjelaskan bahwa persistensi atau invarian terhadap kata pertumbuhan, di mana menunjukkan peningkatan pada ukuran. Moyers (1978) berpendapat bahwa pola pertumbuhan adalah kegiatan untuk menjaga integrasi bagian-bagian tubuh dalam kondisi dan waktu yang bervariasi.

1.1.1 Pertumbuhan *Cephalocaudal*

Pertumbuhan *cephalocaudal* (Gambar 1.1) adalah contoh perubahan proporsi tubuh yang terjadi pada pertumbuhan dan perkembangan normal. Pada bulan ketiga kehidupan intrauterin, kepala merupakan 50% dari panjang total tubuh. Krania besar, sama halnya dengan wajah dan menunjukkan lebih dari setengah ukuran total kepala. Anggota tubuh yang lain masih belum terbentuk. Pada saat lahir, anggota tubuh yang lain ini tumbuh lebih cepat dari kepala dan wajah, sehingga porsi kepala berkurang hingga 30%. Pada manusia dewasa, terdapat pengurangan yang progresif pada ukuran kepala hingga menjadi 12% dari panjang total tubuh. Karena hal tersebut, maka terdapat peningkatan pertumbuhan pada

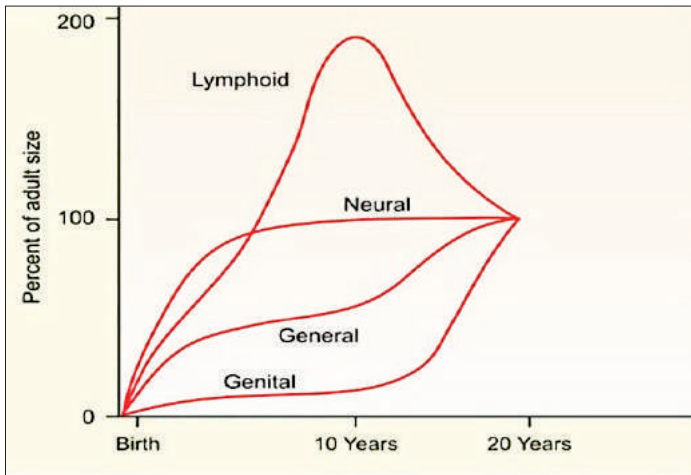


Gambar 1.1 Diagram representatif dari pertumbuhan *cephalocaudal*. Perhatikan peningkatan proporsi pada pertumbuhan ekstremitas seiring bertambahnya usia. Skema representatif dari perubahan keseluruhan proporsi tubuh saat pertumbuhan dan perkembangan normal. Setelah tiga bulan kehidupan janin, proporsi dari ukuran badan total dari kepala dan wajah berkurang secara tetap (Premkumar, 2011).

arah kaudal sesaat setelah kehidupan intrauterin. Kita dapat menyimpulkan bahwa proporsi kepala yang besar saat lahir akan berkurang saat usia dewasa. Kejadian ini meningkatkan pertumbuhan pada arah kaudal yang disebut pertumbuhan *cephalocaudal*. Pertumbuhan *cephalocaudal* juga dapat terjadi pada wajah. Pada saat lahir, rahang dan wajah kurang berkembang jika dibandingkan dengan kranial, maksila lebih dekat ke kepala, tumbuh lebih cepat, dan selesai sebelum pertumbuhan mandibula selesai. Mandibula terletak jauh dari otak dan pertumbuhannya selesai setelah maksila.

1.1.2 Gradien Pertumbuhan Scammon

Tubuh manusia terdiri dari empat jaringan utama, antara lain saraf, somatik-termasuk otot dan tulang, limfoid dan jaringan genital/seksual. Tidak semua sistem jaringan tubuh bertumbuh pada kecepatan yang sama. Pertumbuhan pada jaringan saraf selesai pada usia 6 atau 7 tahun. Jaringan tubuh, meliputi otot tulang dan lain-lain, menunjukkan bentukan kurva “S”, dengan kecepatan tumbuh yang rendah pada usia anak-anak dan meningkat pada pubertas. Jaringan limfoid berproliferasi jauh melampaui orang dewasa pada akhir masa kanak-kanak dan melalui tingkat kesukaran yang bersamaan dengan pertumbuhan genital yang terjadi secara cepat (Gambar 1.2).



Gambar 1.2 Kurva Scammon tentang macam sistem jaringan pada tubuh. Pertumbuhan jaringan saraf selesai pada usia 6-7 tahun. Jaringan umum pada tubuh mengikuti pola “S”, dengan perlambatan terjadi pada masa kanak-kanak dan meningkat pada saat pubertas. Jaringan limfoid mencapai puncak pertumbuhan dan tumbuh melebihi jumlah pada usia dewasa pada akhir masa kanak-kanak dan terjadi regresi saat pubertas atau ketika peningkatan pertumbuhan genital terjadi. Jaringan genital: karakteristik seksual sekunder mulai tampak saat pubertas dan mencapai puncaknya pada usia 20 tahun (Premkumar, 2011).

1.1.3 Variabilitas

Konsep pertumbuhan yang tak kalah penting adalah variabilitas. Menurut Moyers, variabilitas adalah hukum alam. Tidak ada dua individu yang memiliki pertumbuhan yang sama. Sulit untuk dikatakan apakah pertumbuhan berada pada skala normal, atau pada nilai ekstrem skala normal atau di luar skala normal. Variasi dapat didapatkan baik pada genetik dan faktor lingkungan. Variasi pada pertumbuhan dapat dilihat pada statistik di mana skala perbedaan terdapat pada populasi dengan kesamaan usia, jenis kelamin, latar belakang sosial-ekonomi, dan ras.

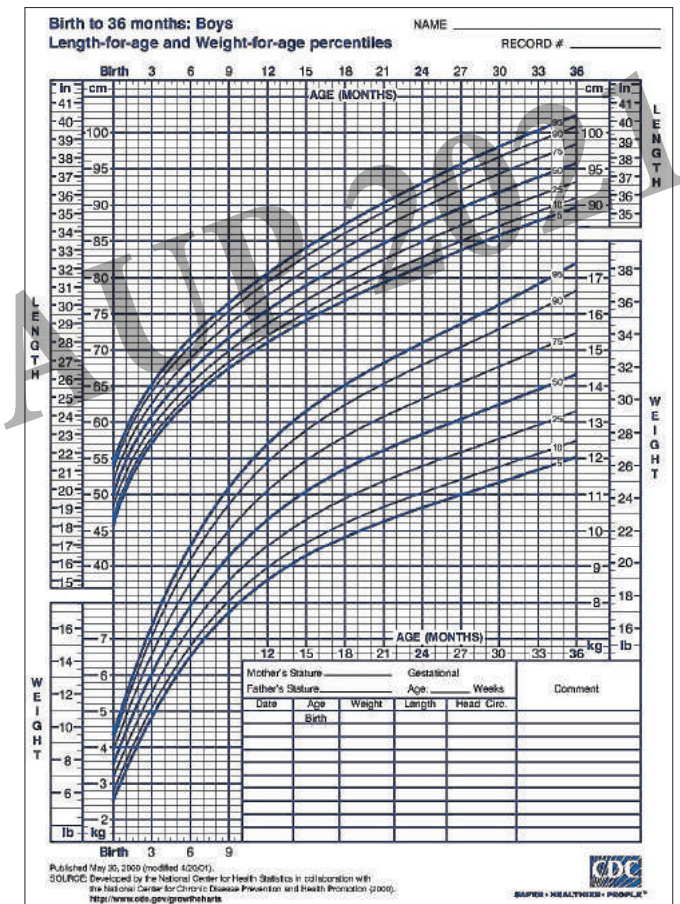
Sebelum memasuki konsep variabilitas penting untuk dipahami arti dari kenormalan itu.

1.1.4 Konsep Normalitas dan Variabilitas

Normal mengacu pada hal yang biasanya terjadi, umumnya terlihat, atau tipikal. Penggunaan kata normal dan konsep normalitas beragam dan seringkali terjadi kesalahpahaman. Normalitas dapat dijelaskan dengan beberapa cara.

1. Statistik: terdapat beberapa cara spesifik secara matematika untuk menggambarkan tendensi dari suatu grup atau populasi. Parameter mean, median, modus, dan standar deviasi digunakan untuk menunjukkan normalitas.

- 2. *Evolutionary*: semenjak semua bentuk kehidupan sudah melalui tes *survival*, bentuk abnormal yang tidak mampu bertahan akan hilang.
- 3. Fungsional: normal untuk semua organisme untuk meningkatkan homeostatis yang efektif dengan lingkungan agar dapat beradaptasi dan selamat.
- 4. Estetik: karakteristik wajah tampak estetik pada suatu daerah mungkin tidak dapat diaplikasikan pada daerah lain. Dibungkusnya telapak kaki perempuan, kelainan pertumbuhan, insersi plat kayu pada bibir, melukai wajah sudah dilakukan pada kelompok etnis yang berbeda.
- 5. Klinis: ada beberapa hal yang perlu dipatuhi ketika akan menjelaskan normalitas dari perspektif klinis. Normalitas tidak harus disamakan dengan ideal atau hal yang diinginkan, ataupun hasil akhir perawatan.



Gambar 1.3 Grafik pertumbuhan (Department of Health and Human Service, 2002).

Penting untuk menempatkan variabilitas sebagai deviasi dari pola yang seharusnya, dan digambarkan secara kuantitatif. Hal ini dapat terjadi dengan bantuan dari grafik pertumbuhan, di mana terdapat evaluasi hubungan anak-anak dengan standar grafik pertumbuhan. Grafik pertumbuhan umumnya digunakan untuk melihat tinggi dan umur, panjang, lingkar kepala, *Body Mass Index* (BMI), berat berdasarkan usia, dan kesesuaiannya dengan perawakannya. Grafik ini memiliki garis solid yang menggambarkan variasi tiap individu pada pola yang normal. Individu yang berada pada titik tengah distribusi normal berada pada 50% garis dari grafik tersebut. Jika ada yang lebih besar dari 90% populasi maka akan terdapat di atas garis 90%; sedangkan apabila di bawah 90% populasi maka akan berada di bawah garis 10%.

Variabilitas dari grafik pertumbuhan dapat diprediksi secara dua arah. *Pertama*, akan didapatkan lokasi individu di grafik yang berhubungan dengan suatu kelompok. Anak-anak dengan nilai di atas 97% populasi akan menerima studi khusus sebelum diterima sebagai sampel yang ekstrem pada normal populasi.

Kedua, grafik pertumbuhan dapat digunakan untuk mengevaluasi anak seiring berjalannya waktu apakah terdapat pola pertumbuhan yang tidak diinginkan. Karena pola pertumbuhan dapat diprediksi, pertumbuhan seorang anak seharusnya sudah direncanakan sesuai dengan individunya. Jika terdapat perubahan, sebuah abnormalitas bisa terjadi. Variabilitas pada pertumbuhan biasanya terjadi karena beberapa alasan:

- a. variasi dalam batas normal;
- b. variasi karena pengaruh luar, seperti sakit, malnutrisi; dan
- c. variasi karena efek waktu.

1.1.5 Waktu, Jarak, dan Kurva Velositas

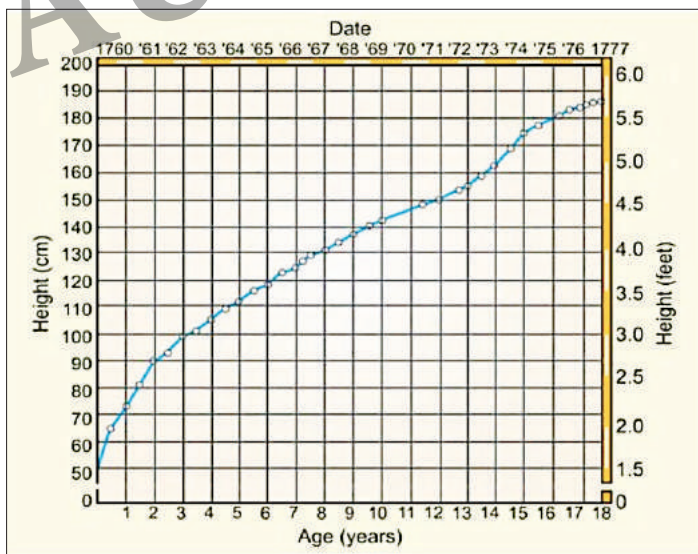
Waktu

Konsep utama pada tumbuh kembang fisik adalah tentang waktu. Periode ketika dimulainya proses pertumbuhan dinamakan *growth spurt*, di mana *growth spurt* pada masa pubertas ini sangat penting. Variabilitas waktu biasanya tampak pada hubungannya dengan jenis kelamin, umur, bentuk tubuh, hubungannya dengan etnis/budaya, dan sebagainya. Beberapa anak tumbuh dan matang lebih awal ketika teman-teman seusianya mengikutinya. Yang lain dapat tumbuh secara lambat, namun akan mengikuti yang lain di lain waktu dan terkadang akan melebihi anak-anak yang dulunya lebih besar. Anak-anak mengalami peningkatan pada pertumbuhan saat remaja; hal ini dapat dilihat pada kurva pertumbuhan, di mana terdapat keterangan tinggi atau berat dengan usia, atau besarnya peningkatan tinggi per tahun dengan usia (kurva velositas).

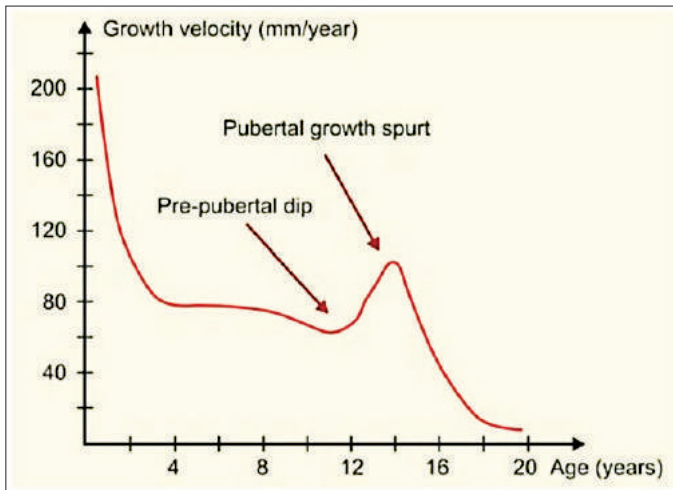
Jarak dan Kurva Velositas

Kurva ini didapatkan dari pengukuran anak-anak secara individu secara berulang pada masa pertumbuhan. Tinggi dan berat adalah pengukuran yang sering dilakukan. Pengukuran lainnya yang digunakan meliputi lingkar kepala, tinggi ketika duduk, dan ketebalan lapisan kulit. Kurva yang didapatkan berturut-turut dari tinggi anak dari lahir hingga dewasa dinamakan *kurva jarak*. Standar kurva jarak akan menunjukkan pertumbuhan yang cepat hingga 2 tahun, kemudian akan terjadi peningkatan tinggi yang stabil hingga usia 13 tahun, setelah itu terdapat percepatan karena adanya *growth spurt* selama beberapa waktu, kemudian akan melambat hingga usia dewasa. Studi awal tentang *growth spurt* dilakukan pada tahun 1759 ketika Gueneau de Montbeillard memulai penelitian selama 18 tahun pada anak laki-lakinya untuk melihat peningkatan pertumbuhan setiap tahun. Dia menggambarkannya dengan mencatat tinggi anak dengan usia (Gambar 1.4). Ini merupakan kurva jarak di mana tinggi dipasangkan dengan usia. Pada kurva jarak, tinggi diukur sesuai dengan interval waktu yang ada. Grafik yang dihasilkan dapat membantu dalam membayangkan seluruh pola pertumbuhan dari pertama hingga akhir. Karena peningkatan tinggi berhenti setelah *growth spurt* usia dewasa, kurva jarak berakhir dengan bentukan datar.

Variabilitas pertumbuhan, dikarenakan waktu dapat terlihat pada perempuan, di mana lebih cepat matang daripada laki-laki. Hal ini dapat dijelaskan dengan baik



Gambar 1.4 Kurva jarak pada abad ke-18 dari data Montbeillard mengenai perubahan tinggi badan pada satu individu (Premkumar, 2011).



Gambar 1.5 Kurva velositas standar untuk anak-anak dengan pertumbuhan normal (Premkumar, 2011).

pada kurva velositas. Pada kurva velositas, jumlah peningkatan tinggi per tahun dipasangkan dengan usia. Kurva velositas, jika dibandingkan dengan kurva jarak dapat memberikan informasi lebih banyak tentang percepatan dan perlambatan pada tingkat pertumbuhan. Kurva velositas lebih jelas daripada kurva jarak. Hal ini tidak mungkin digunakan untuk mengukur anak-anak pada interval yang tepat dalam satuan tahun, sehingga lebih baik mengubah usia dalam satuan hari dan bulan dalam desimal. Pertumbuhan yang dicapai antara tanggal tertentu kemudian dibagi dengan angka desimal yang diperoleh dengan mengurangi tanggal pertama dari tanggal terakhir, memberikan kecepatan dalam mm/tahun (Gambar 1.5).

Variabilitas pada waktu juga memengaruhi usia. Usia diukur secara kronologis sejak lahir atau saat pemuahan. Tidak semua individu dengan usia kronologis yang sama memiliki status maturasi yang sama. Untuk menghilangkan variabilitas ini, usia perkembangan bisa digunakan. Hal ini memungkinkan untuk mengukur usia secara biologis terhadap berbagai tanda maupun tahapan perkembangan. Pada kurva velositas, jika kita mengganti tahapan perkembangan seksual dengan usia kronologis, akan didapatkan bahwa kematangan awal maupun yang telat memiliki pola yang sama. Hal ini tidak dapat terjadi apabila yang digunakan adalah usia kronologis.

1.2 MEKANISME PERTUMBUHAN TULANG

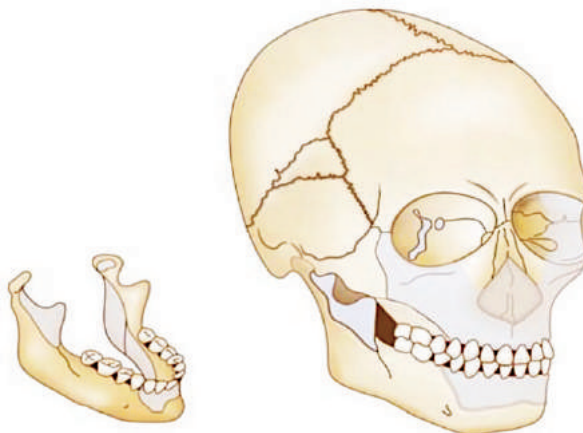
Pertumbuhan tulang ialah berdasarkan beberapa prinsip dasar. Tulang tidak membesar secara simetris, namun tumbuh dengan mekanisme yang kompleks. Dua

mekanisme tersebut sangat penting dalam pertumbuhan tulang. Pertumbuhan tulang secara langsung memiliki arti, yaitu proses deposisi dan resorpsi pada permukaan tulang, di mana dapat mengakibatkan plat kortikal bergeser. *Displacement* dari seluruh tulang dapat terjadi karena pertumbuhan tulang itu sendiri atau ekspansi struktur lainnya.

1.2.1 Deposisi dan Resorpsi

Tulang tumbuh dengan adanya penambahan jaringan tulang baru pada satu sisi korteks tulang dan satu sisi lainnya mengalami kehilangan (Gambar 1.6). Permukaan yang menghadap ke arah pertumbuhan progresif akan mendapatkan deposisi tulang baru. Permukaan yang lain akan mengalami resorpsi. Permukaan luar dan dalam tulang akan ditutupi oleh pola ireguler bernama *growth fields*. Hal itu terdiri dari bermacam-macam jaringan lunak seperti membran osteogenik atau kartilago. Program genetik dari pertumbuhan tidak terdapat dalam jaringan keras. Namun dia terletak di sekitar jaringan *growth fields*. Semua tulang akan memiliki daerah resorptif dan depositori.

Aktivitas yang beragam pada daerah depositori bertanggung jawab terhadap proses pertumbuhan, yang akan menghasilkan tulang dengan bentuk ireguler. Bentuk ireguler ini merupakan hasil dari fungsi yang bervariasi pada perlekatan tulang, artikulasi sutura dengan tulang lain, keberadaan gigi, dan proses lainnya. Semua daerah resorptif dan depositori pada tulang tidak memiliki aktivitas pertumbuhan yang sama. Beberapa daerah akan tumbuh secara cepat atau lebih banyak daripada lainnya. Sama halnya dengan daerah resorptif. Daerah yang



Gambar 1.6 Daerah deposisi dan resorpsi. Daerah cokelat menggambarkan daerah depositori dan daerah biru menggambarkan daerah resorptif (Premkumar, 2011).

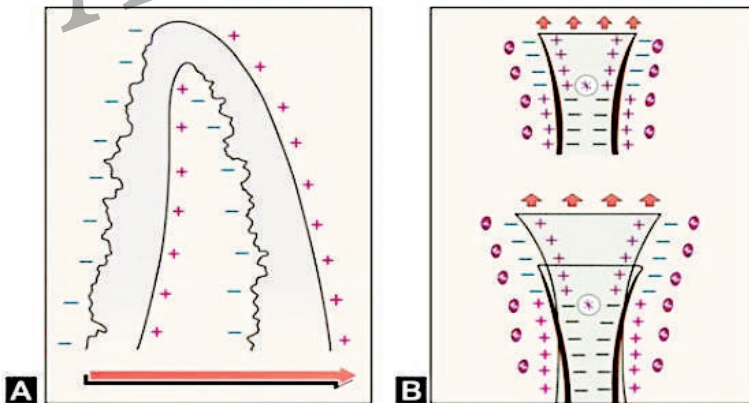
memiliki signifikansi khusus atau peran penting dalam proses pertumbuhan biasa disebut sebagai daerah pertumbuhan. Kondilus mandibula adalah salah satu contohnya. Namun daerah pertumbuhan ini tidak berkontribusi pada seluruh pertumbuhan tulang.

Beberapa daerah pertumbuhan disebut juga sebagai “pusat pertumbuhan”, sebuah istilah yang dapat menggambarkan daerah pertumbuhan yang secara signifikan sangat aktif dalam proses pertumbuhan seperti sutura kranial dan wajah, kondilus mandibula, kartilago septum nasal, dan sinkondrosis dari basis kranii.

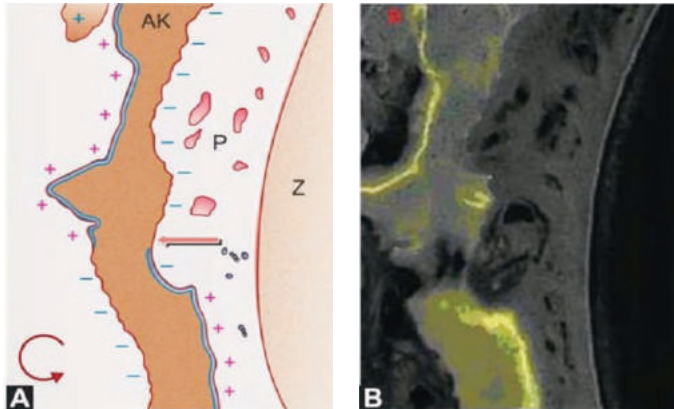
1.2.2 Pertumbuhan Tulang Endosteal dan Periosteal

Rata-rata setengah dari plat kortikal dari tulang wajah dan kranial terbentuk dari permukaan terluar, seperti periosteum, dan lainnya dari permukaan dalam, endosteum (Gambar 1.7 A dan B).

Lapisan aposisi dari tulang kortikal dapat terbentuk seluruhnya dari periosteum atau endosteum. Pada beberapa kasus, korteks yang sama disusun dari lapisan periosteal dan endosteal yang dipisahkan dengan garis reversal (Gambar 1.8 A dan B). Tipe pertumbuhan tulang ini mengindikasikan adanya perubahan arah pertumbuhan pada suatu waktu. Ketika tulang kortikal baru selalu mengalami deposisi pada permukaan yang menghadap ke arah pertumbuhan, tulang berubah menjadi formasi tulang periosteal dari formasi tulang endosteal dan begitu juga sebaliknya. Garis reversal menggambarkan adanya hambatan antara lapisan tulang endosteal dan periosteal.



Gambar 1.7 A dan B. (A) Jika arah pertumbuhan konstan, kortikal di kanan akan terbentuk secara periosteal dan yang kiri endosteal. Keduanya akan terjadi bersamaan pada arah pertumbuhan. (B) Arah pertumbuhan tulang dapat berubah saat proses perkembangan tulang. Pada area dengan formasi tulang asterisk awalnya terjadi secara endosteal (atas) dan kemudian setelah perubahan arah pertumbuhan, secara periosteal (bawah) (Premkumar, 2011).



Gambar 1.8 A dan B: (A) Garis reversal: pembatas antara periosteal dan endosteal. Gambaran garis pada daerah histologi: AK-tulang alveolar; P-ruang periodontal; Z-akar gigi. (B) potongan tulang alveolar. Daerah berwarna kuning menunjukkan formasi tulang endosteal pada daerah atas permukaan yang menghadap ke gigi dan formasi periosteal di bagian bawah. Hal ini akan menimbulkan rotasi struktur tulang (tampilan mikroskopik *fluorescent* setelah pewarnaan tetrasiklin) (Premkumar, 2011).

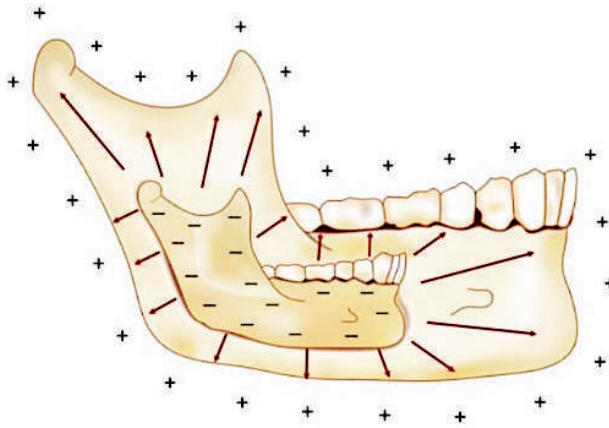
1.2.3 Remodeling

Tulang wajah mengalami *resizing* dan *reshaping* bersamaan dengan deposisi dan resorpsi tulang. *Reshaping* pada tulang terjadi tidak karena deposisi dan resorpsi. Pembentukan tulang membutuhkan aktivitas pertumbuhan yang berbeda, dinamakan remodeling. Remodeling merupakan bagian dari proses pertumbuhan, menghasilkan perubahan bentuk, dimensi, dan proporsi. Juga menghasilkan penyesuaian regio yang dapat adaptasi dengan perkembangan fungsi tulang dan beragam perkembangan jaringan lunak.

Tipe Remodeling

Terdapat empat jenis remodeling pada jaringan tulang, antara lain: 1) remodeling biokimia, meliputi deposisi berkelanjutan dan penghilangan ion untuk menjaga homeostasis mineral; 2) remodeling pertumbuhan, pemindahan konstan dari tulang selama masa kanak-kanak; 3) remodeling Haversian, proses sekunder dari rekonstruksi kortikal tulang seperti tulang primer digantikan dengan vaskular; dan 4) remodeling patologis, regenerasi dan rekonstruksi tulang saat dan setelah adanya patologi atau trauma.

Alasan mengapa tulang harus menjalani remodeling adalah karena beberapa bagiannya bergerak. Terjadi gerakan bergeser pada setiap bagian tulang ketika mengalami pembesaran tulang. Hal ini disebut sebagai remodeling berjenjang (*sequential remodeling*), yaitu perubahan pada bentuk dan ukuran pada setiap regio.



Gambar 1.9 *Remodeling* meliputi *resizing* dan *reshaping* yang konstan dari tulang. Bentuk dasar dari tulang (gambar rahang yang berukuran lebih kecil) tetap terjaga (Premkumar, 2011).

Pada ramus, sebagai contoh, bergerak ke arah posterior sebagai kombinasi deposisi dan resorpsi. Ketika hal itu terjadi, bagian anterior ramus mengalami remodeling menjadi tambahan pada korpus mandibula. Pergerakan progresif berjenjang ini dari pemanjangan korpus berubah posisi menjadi terletak pada daerah yang sebelumnya ditempati oleh ramus. Remodeling struktural dari bagian yang dulu menjadi bagian ramus kemudian menjadi bagian baru dari korpus mandibula. Pertumbuhan dan remodeling tidak dapat dipisahkan dan merupakan proses yang sama. Sama halnya dengan deposisi dan resorpsi yang membawa proses pembesaran pertumbuhan dari seluruh tulang memiliki proses relokasi dan remodeling di waktu yang sama. Remodeling didukung oleh jaringan lunak atau *growth fields*. Fungsi dari remodeling meliputi pembesaran secara progresif setiap keseluruhan tulang, untuk nantinya merelokasi setiap komponen tulang agar terjadi pembesaran secara menyeluruh, untuk membentuk tulang dalam mengakomodasi bermacam-macam fungsi sesuai dengan fisiologisnya yang diberikan pada tulang itu dan melakukan penyesuaian struktur regional sehingga secara fungsional pemasangan semua tulang yang terpisah satu sama lain dan untuk tercapainya jaringan lunak (Gambar 1.9).

1.3 PERGERAKAN PERTUMBUHAN

1.3.1 *Drift* dan *Displacement*

Terdapat dua macam gerakan pertumbuhan, dinamakan *drift* dan *displacement* kortikal. Semua tulang memiliki satu prinsip pertumbuhan yang sama, yaitu *drift*, yang dinamakan oleh Enlow (1963). *Drift* adalah gerakan pertumbuhan (relokasi

Daftar Pustaka

- David SC. 2005. Theories of craniofacial growth in the postgenomic era. *Semin Orthod.* 11: 172–83.
- Department of Health and Human Service. 2002. 2000 CDC Growth Charts for United States: Methods and Development. *Vital and Health Statistic.* May; 11(246): 37.
- Enlow DH, Hans MG. 1996. *Essential of Facial Growth.* United states: W.B. Saunders Company.
- Krogman WM. 1974. The human species: An introduction to physical anthropology, 2nd ed. *American Journal of Physical Anthropology.* May; 40(3): 452–54.
- Kuhn TS. 1970. *The structure of scientific revolutions.* 2nd ed. Chicago: The University of Chicago Press.
- Mitchell L, Littlewood SJ, Nelson-Moon ZL, Dyer F. 2013. *An Introduction to Orthodontics.* 4th ed. United Kingdom: Oxford University Press.
- Moss ML. 1981. Genetics, Epigenetics and Causation. *Am J Orthod*; 80: 366–75.
- Moss ML, Young R. 1960. A functional approach to craniology. *Am J Phys Anthropol.* 18: 281–92.
- Moyers RE. *Handbook of Orthodontics for the Student and General Practitioner.* 3rd ed. Chicago: Year Book Medical Publishers.
- Proffit WR. 2006. *Contemporary Orthodontics.* 4th Ed. Elsevier.
- Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. 2019. *Contemporary Orthodontics.* 6th ed. Philadelphia: Elsevier Inc.
- Premkumar S. 2011. *Textbook of Craniofacial Growth.* 1st ed. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd.
- Singh G. 2015. *Textbook of Orthodontics.* 3rd ed. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publisher (P) Ltd.

Biografi



I Gusti Aju Wahyu Ardani lulus **Pendidikan Dokter Gigi** dari Universitas Airlangga tahun 1987. Mempunyai kesempatan pada tahun 1990 sampai 1992 mengikuti suami tugas

belajar di Jerman dan mendapatkan beasiswa DAAD (*Deutscher Akademischer Austauschdienst*) untuk mengambil **clinical training** selama dua tahun di “**Eberhard Karls University of Tübingen**”. Selama di Jerman mempunyai kesempatan untuk melihat dan belajar tumbuh kembang dentokraniofasial, bahkan diberi kesempatan untuk menangani pasien yang memerlukan perawatan ortodontik dan ortopedik dengan peranti fungsional dan *facemask*.

Tahun 2001 menyelesaikan **Pendidikan Magister Ilmu Kesehatan Gigi** di Pasca Sarjana Universitas Airlangga. Pada tahun yang sama melanjutkan **Pendidikan Doktorat Ilmu Kedokteran** juga di Pasca Sarjana Universitas Airlangga diselesaikan pada tahun 2005. Kemudian tahun 2005 beliau menyelesaikan **Pendidikan Spesialis Ortodonti** di Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga dan pada tahun 2017 memperoleh gelar konsultan.

Di Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga beliau mengajar bidang ilmu Ortodonti, yaitu tumbuh kembang dentokraniofasial dan penyimpangannya; analisis sefalometri sebagai pemeriksaan penunjang dalam menentukan diagnostik dan cara menentukan diagnostik maloklusi dentokraniofasial (melibatkan dental, skeletal, dan wajah); teknik perawatan ortodonti melalui modifikasi pertumbuhan (misalnya: *Facemask* dan fungsional); teknik perawatan dan biomekanik pergerakan gigi; serta indikasi dan cara penggunaan *Temporary Anchorage Device* (TAD).

Selain aktivitas **mengajar**, beliau juga melakukan berbagai **penelitian** dan **pengabdian masyarakat**. Di mana ketiga kegiatan akademik yang telah ditekuni merupakan kegiatan yang berkesinambungan sebagai upaya preventif, interseptif dan kuratif terjadinya maloklusi dentokraniofasial.

Kegiatan-kegiatan akademik tersebut telah menghasilkan: Buku modul pertumbuhan-kembangan dentokraniofasial untuk guru, orangtua, dan murid sekolah dasar; dan berbagai artikel ilmiah yang telah dipublikasi baik tingkat nasional maupun internasional berindeks Scopus.

AUP 2021