

Dasar Pertumbuhan Kraniofasial Setelah Kelahiran

by I Gusti Aju Wahyu Ardani Fkg

Submission date: 05-Nov-2020 01:44PM (UTC+0800)

Submission ID: 1436688411

File name: dengan_komentar_Kraniofaisal_Series_1-converted_Revisi1_ok.docx (35.4M)

Word count: 7611

Character count: 50971

Dasar Pertumbuhan **KRANIOFASIAL** setelah Kelahiran

I GUSTI AJU WAHJU ARDANI



KRANIOFASIAL SERIES #1

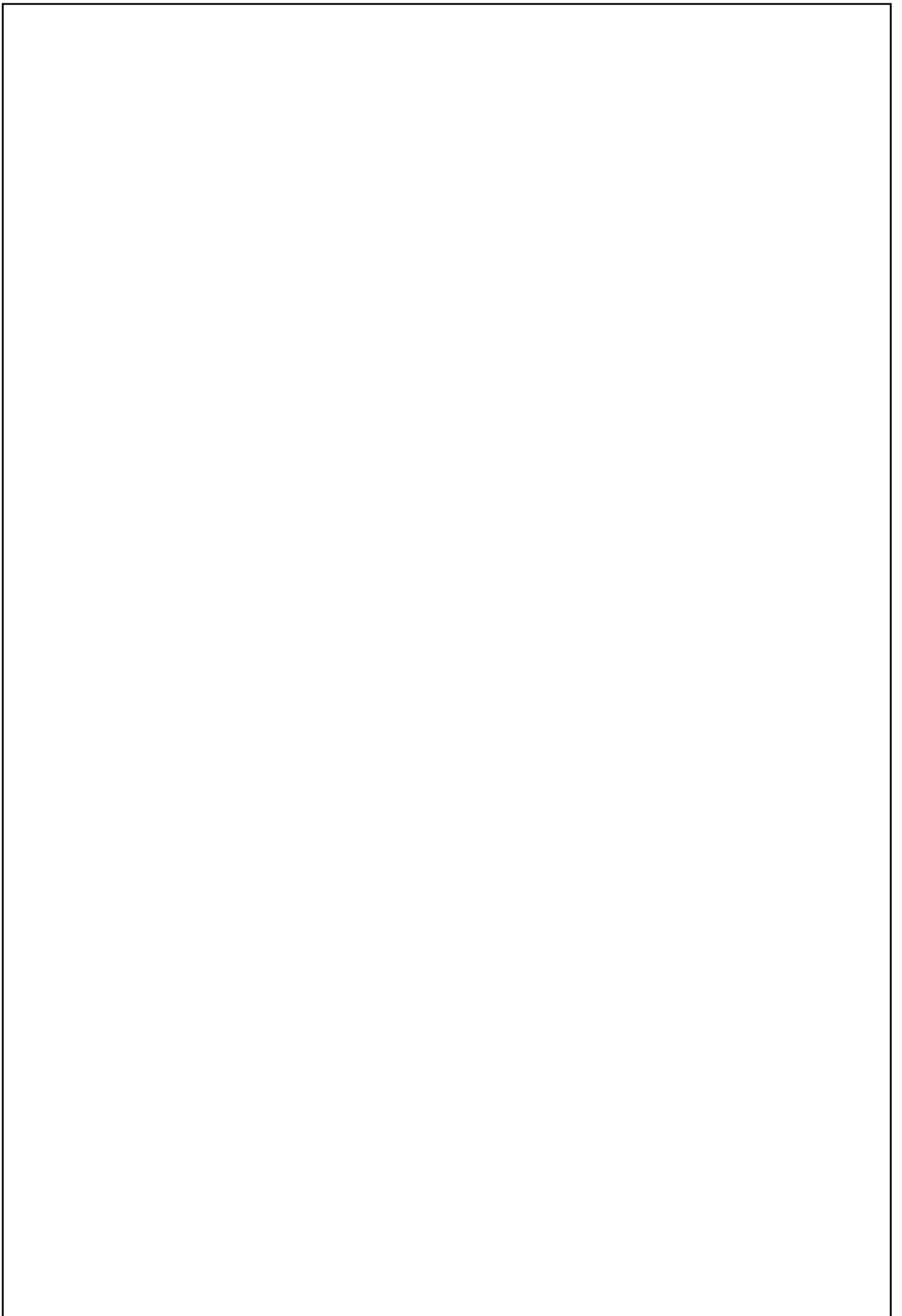
Dicetak oleh
Airlangga University Press – Airlangga
di Surabaya Agustus 2020

#1

**Dasar Pertumbuhan
KRANIOFASIAL
setelah Kelahiran**



Dicetak oleh
Airlangga University Press – Airlangga
di Surabaya Agustus 2020



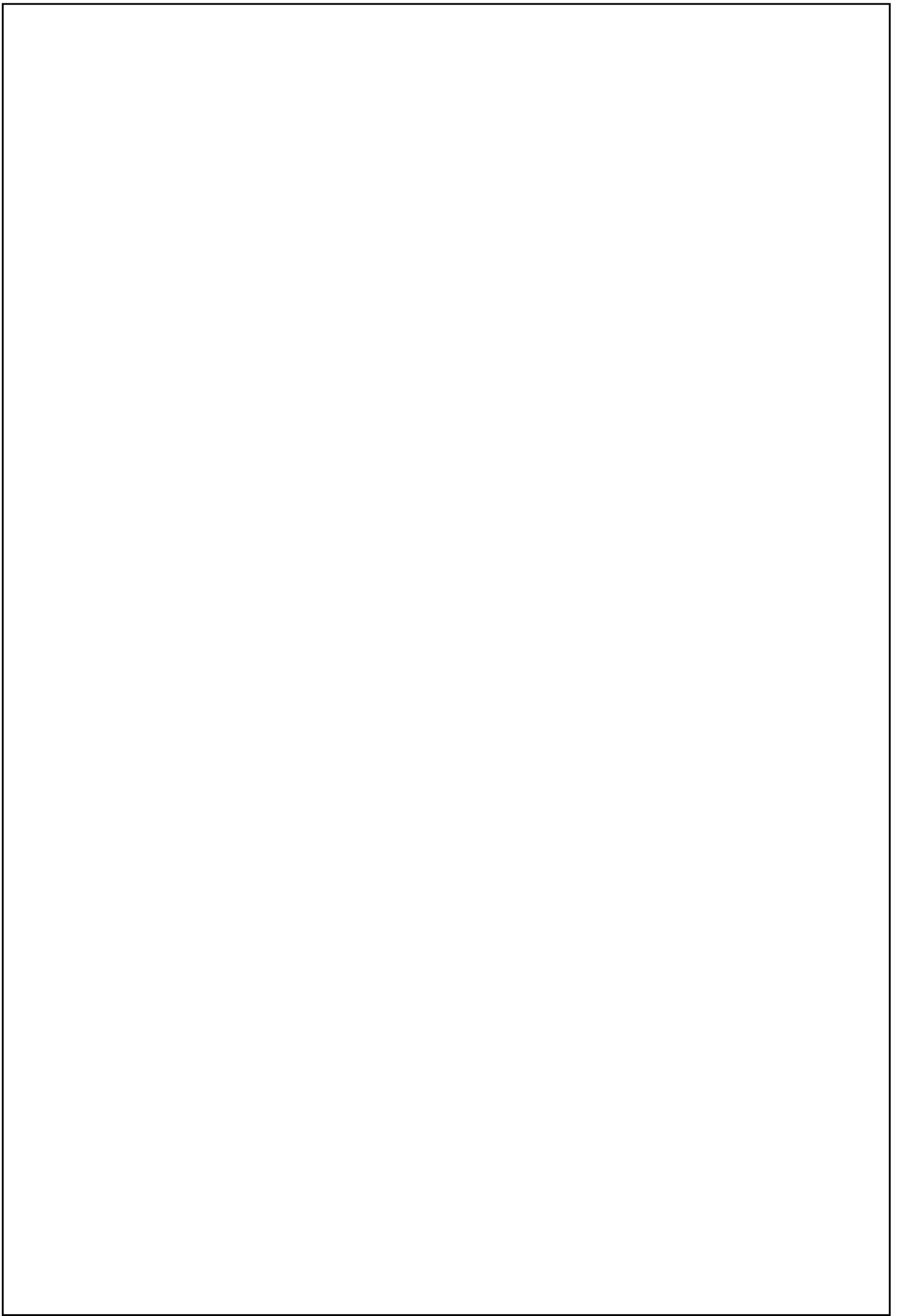
Kata Pengantar

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 telah dibagi menjadi lima bab, yang membahas tentang perkembangan tulang dan tulang rawan .

Buku ini merupakan terjemahan 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

(1) Prinsip Pertumbuhan Kraniofaisal

1.1	Pola Pertumbuhan	1
1.1.1	Pertumbuhan Cephalocaudal	2
1.1.2	Gradien Pertumbuhan Scammon	3
1.1.3	Variabilitas	4
1.1.4	Konsep Normalitas dan Variabilitas	5
1.1.5	Waktu, Jarak, dan Kurva Velositas	7
1.2	Mekanisme Pertumbuhan Tulang	11
1.2.1	Deposisi dan Resorpsi	11
1.2.2	Pertumbuhan Endosteal dan Periosteal	13
1.2.3	<i>Remodeling</i>	14
1.3	Pergerakan Pertumbuhan	17
1.3.1	<i>Drift dan Displacement</i>	17
1.3.2	Prinsip V	20
1.3.3	Prinsip Permukaan	22
1.3.4	Pertumbuhan Posterior dan Displacement Anterior	23
1.4	Konsep Ekuivalen Pertumbuhan/Enlow Counterpart <i>Principle</i>	24

(2) Mekanisme Kontrol Pertumbuhan Kraniofasial

2.1	Perubahan Paradigma dari Biologi Kraniofasial	28
2.1.1	<i>Paradigma Genom</i>	28
2.1.2	<i>Paradigma Fungsional</i>	29
2.2	Tempat Pertumbuhan dan Pusat Pertumbuhan (<i>Site vs Center</i>)	36
2.3	Faktor yang Mengontrol Pertumbuhan Kraniofasial	37
2.3.1	Klasifikasi Von Limborgh	37
2.3.2	Klasifikasi Enlow dan Moyers	38
2.3.3	Klasifikasi Goose dan Appleton	38

Daftar Gambar

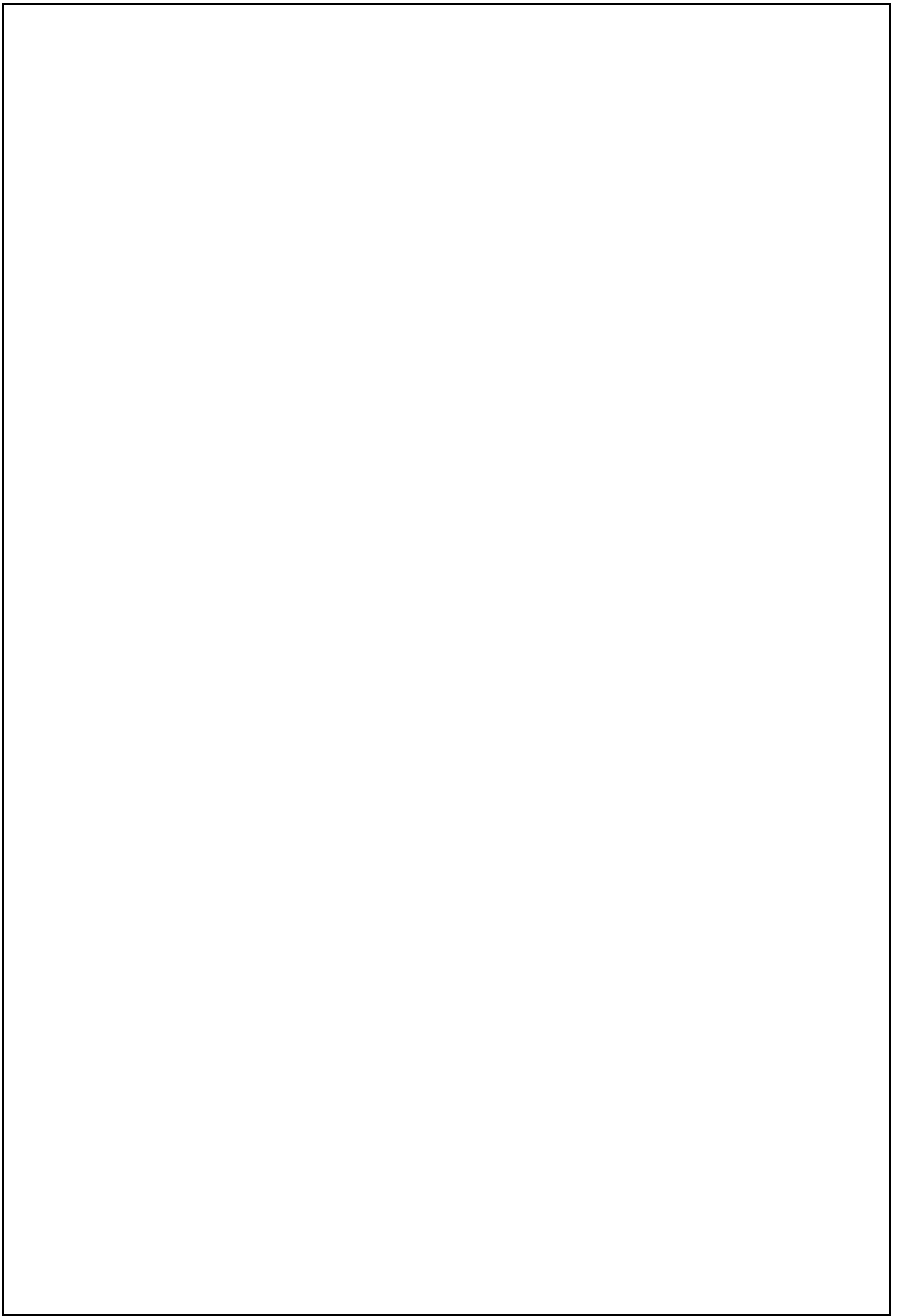
Gambar		Hal.
1.1.	Diagram representatif dari pertumbuhan <i>cephalocaudal</i> .	4
1.2.	Kurva Scammon tentang macam sistem jaringan pada tubuh.	5
1.3.	Grafik Pertumbuhan	
1.4.	Kurva jarak pada abad ke-18 dari data Montbeillard mengenai perubahan tinggi badan pada satu individu.	12
1.5.	Kurva velositas standar untuk anak-anak dengan pertumbuhan normal.	14
1.6.	Daerah deposisi dan resorpsi.	18
1.7.	Pembentukan plat kortikal dari tulang wajah dan kranial.	19
1.8.	Garis reversal pemisah lapisan periosteal dan endosteal pada korteks.	20
1.9.	<i>Remodeling</i> meliputi <i>resizing</i> dan <i>reshaping</i> yang konstan dari tulang.	23
1.10.	Proses pergeseran kortikal.	25
1.11.	<i>Displacement</i> primer.	27
1.12.	<i>Displacement</i> sekunder.	28
1.13.	Prinsip V - ekspansi vertikal.	29
1.14.	Prinsip V- ekspansi horizontal.	30
1.15.	Prinsip permukaan.	31
1.16.	Perbandingan pertumbuhan posterior - <i>displacement</i> anterior.	33
1.17.	Pertumbuhan mandibula.	33
1.18.	Konsep ekuivalen pertumbuhan oleh Enlow.	36

Daftar Gambar

Gambar		Hal.
2.1.	Konsep paradigma.	40
2.2.	Model biologi kraniofasial pada tahun 1940-an dan 1950-an	45
2.3.	Percobaan klasik oleh Moss.	45
2.4.	Model biologi Model kraniofasial pada tahun 1960 dan 1970.	46
2.5.	Distribusi pertumbuhan dan faktor transkripsi sutura.	58
2.6.	Skema representasi dari kontrol langsung dan tidak langsung hormon pertumbuhan melalui somatomedin.	62
2.7.	Kompilasi faktor yang mengontrol pertumbuhan.	64

Daftar Tabel

Tabel		Hal.
2.1.	Klasifikasi Von Limborgh.	37
2.2.	Faktor genetik pertumbuhan dan peran yang mungkin pada pertumbuhan endokondral.	40





PRINSIP PERTUMBUHAN KRANIOFASIAL

1.1. Pola Pertumbuhan

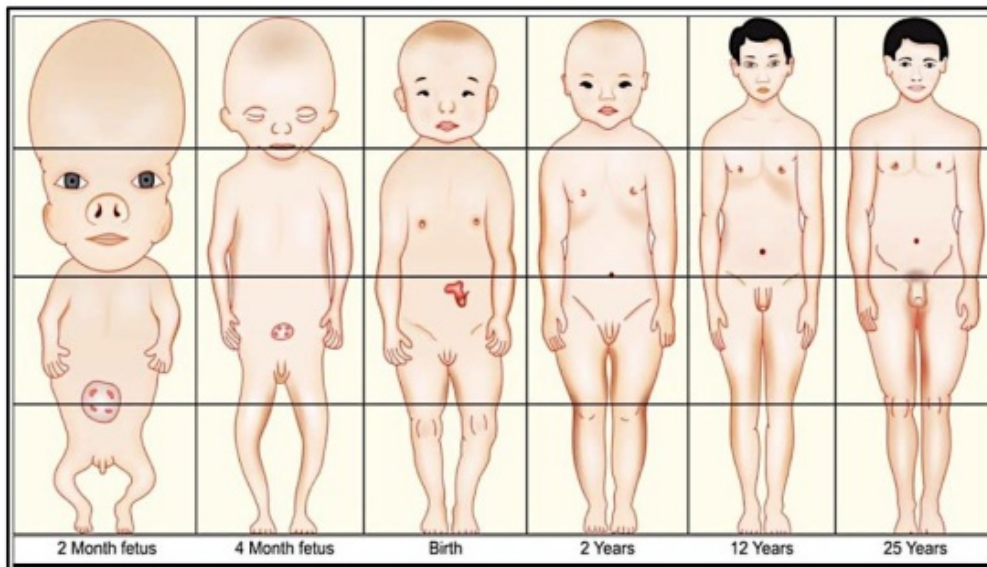
Pola pertumbuhan yaitu dimana berbagai bagian tubuh diatur dalam hubungan yang proporsional. Hal ini menunjukkan hubungan proporsional secara keseluruhan dan bukan hanya satu hubungan saja. Dan terlebih lagi hubungan ini tidak hanya menggambarkan suatu waktu tertentu namun juga menunjukkan perubahan 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, dimana 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 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.



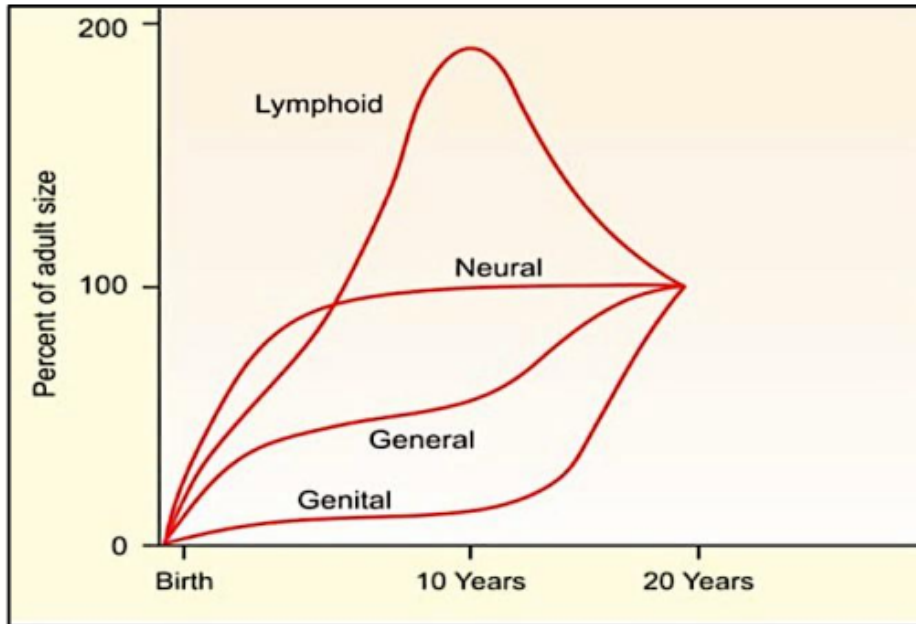


Gambar 1.1. Diagram representatif dari pertumbuhan *cephalocaudal*. Perhatikan peningkatan proporsi pada pertumbuhan ekstremitas seiring bertambahnya usia. Skema representatif dari perubahan keseluruhan proporsi tubuh saat pertumbuhan dan perkembangan normal. Setelah tiga bulan kehidupan janin, proporsi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

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 dimana 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.

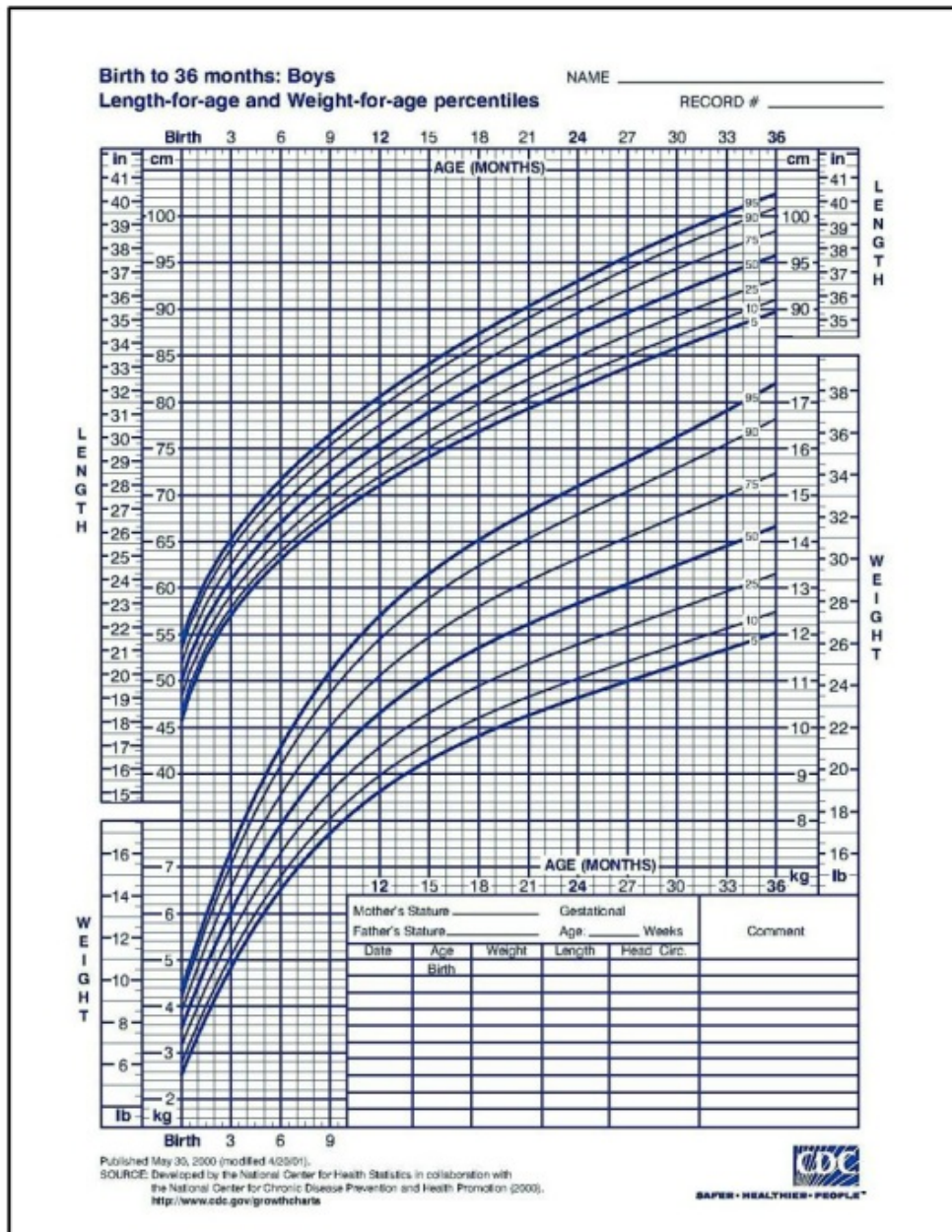
1.1.4. Konsep Normalitas dan Variabilitas

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, dan 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).



Dasar Pertumbuhan Kraniofasial setelah Kelahiran

Penting untuk menempatkan variabilitas sebagai deviasi dari pola yang seharusnya, dan digambarkan secara kuantitatif. Hal ini dapat terjadi dengan bantuan dari grafik pertumbuhan, dimana 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.
- c. Variasi karena efek waktu.

1.1.5. Waktu, Jarak dan Kurva Velositas

Waktu

Konsep utama pada pertumbuhan fisik adalah tentang waktu. Periode ketika dimulainya proses pertumbuhan dinamakan *growth spurt*, dimana *growth spurt* pada masa pubertas ini sangat penting. Variabilitas waktu biasanya tampak pada hubungannya dengan jenis kelamin, umur, bentuk tubuh, hubungannya dengan etnis/budaya, dsb. 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, dimana 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 menggambarannya dengan mencatat tinggi anak dengan usia (Gambar 1.4). Ini merupakan kurva jarak dimana 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 bentuk datar.

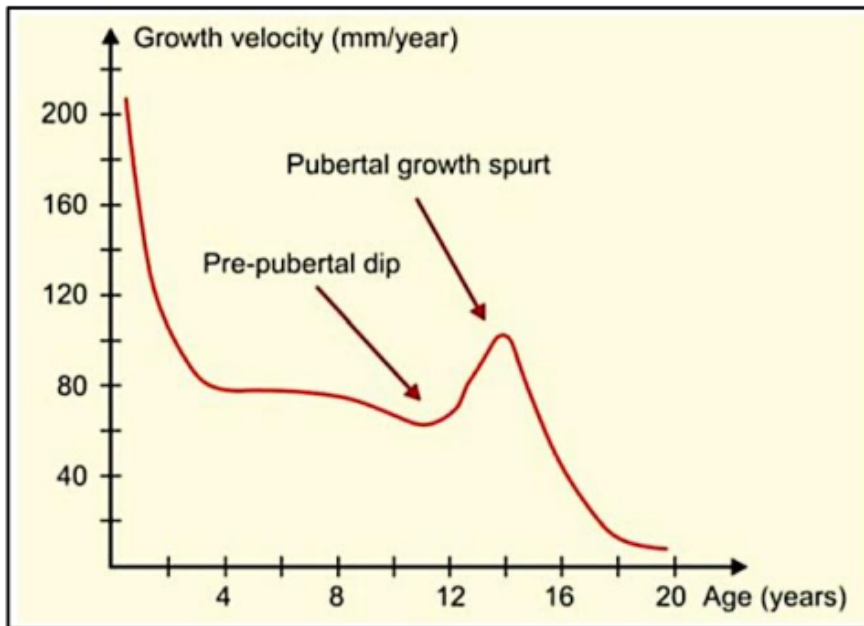


Gambar 1.4. Kurva jarak pada abad ke-18 dari data Montbeillard mengenai perubahan tinggi badan pada satu individu (Premkumar, 2011).

Variabilitas pertumbuhan, dikarenakan waktu dapat terlihat pada perempuan, dimana lebih cepat matang daripada laki-laki. Hal ini dapat dijelaskan dengan baik 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 mengurangkan tanggal pertama dari tanggal terakhir, memberikan kecepatan dalam mm / tahun (Gambar 1.5).



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

Variabilitas pada waktu juga mempengaruhi usia. Usia diukur secara kronologis sejak lahir atau saat pembuahan. 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, dimana 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

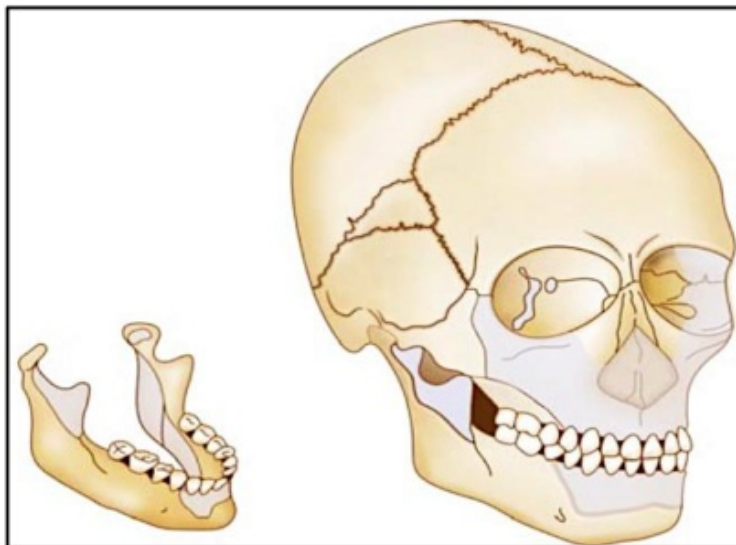
Tulang tumbuh dengan adanya penambahan jaringan tulang baru pada satu sisi korteks tulang dan satu sisi lainnya mengalami kehilangan (Gambar 1.6). Permukaan yang menghadap ke arah pertumbuhan progresif akan mendapatkan deposisi tulang baru. Permukaan yang lain akan mengalami resorpsi. Permukaan luar 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 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.



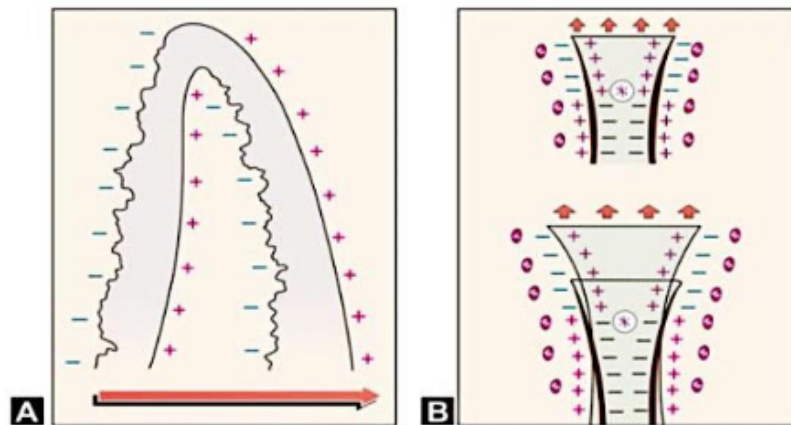
Gambar 1.6. Daerah deposisi dan resorpsi. Daerah coklat menggambarkan daerah depositori dan daerah biru menggambarkan daerah resorptif (Premkumar, 2011).



1.2.2. Pertumbuhan Tulang Endosteal dan Periosteal

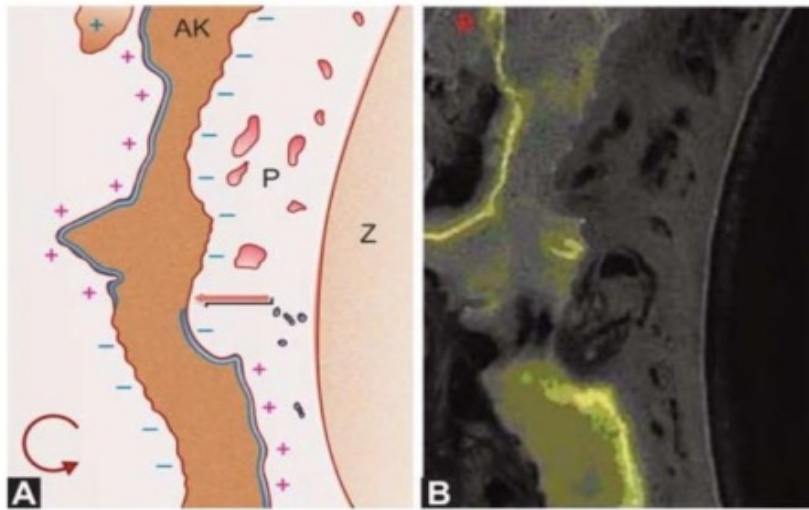
Rata-rata setengah dari plat kortikal dari tulang wajah dan kranial terbentuk dari permukaan terluar, seperti periosteum, dan lainnya dari permukaan dalam, endosteum (Gambar 1.7 A dan B)

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.



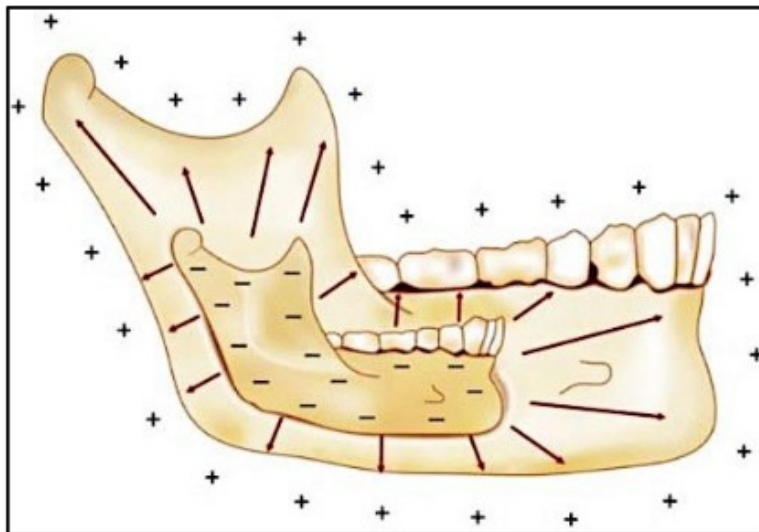
Tipe Remodeling

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. 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).



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).



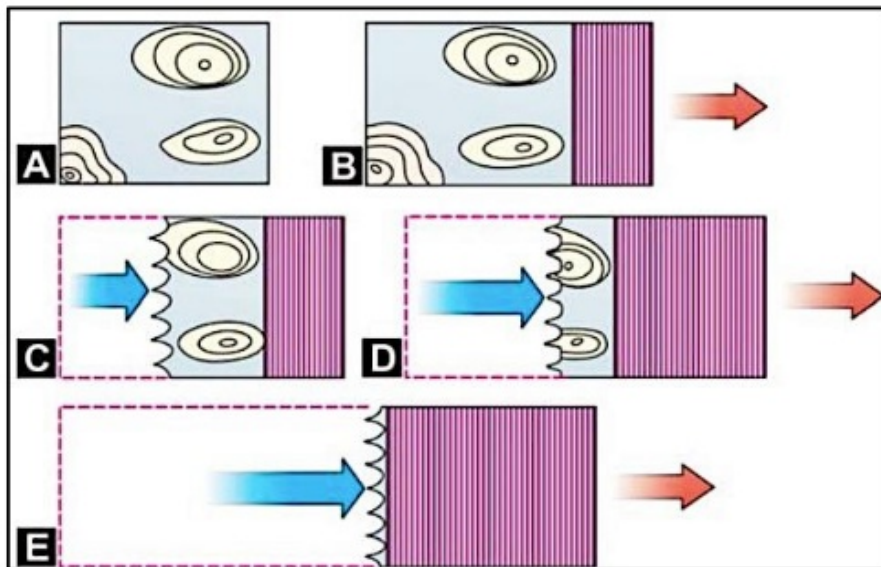
1.3. Pergerakan Pertumbuhan

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 atau pergeseran) dari bagian tulang yang membesar dengan aksi *remodeling* pada jaringan osteogenik, dimana *displacement* adalah pergerakan fisik seluruh tulang.

Plat kortikal dapat direlokasi dengan aposisi dan resorpsi secara bersamaan pada daerah yang berlawanan dengan permukaan periosteal dan endosteal (*cortical drift*). Plat tulang kortikal bergeser karena adanya substansi tulang yang mengalami deposisi dan resorpsi pada permukaan luar dan dalam, sesuai arah pertumbuhan (Gambar 1.10). Jika resorpsi dan deposisi terjadi pada tingkat yang sama, ketebalan struktur tulang akan sama. Apabila tulang deposisi lebih besar daripada yang teresorpsi, maka ketebalan struktur bertambah. Selama periode perkembangan, deposisi lebih cepat terjadi daripada resorpsi, sehingga tulang akan semakin besar. Gigi akan ikut bergeser dengan alveolar ketika rahang tumbuh dan itulah alasan mengapa posisinya tetap sama meskipun struktur tulang di sekitarnya mengalami *displacement*.





Gambar 1.10. Proses pergeseran kortikal: (A) Plat kortikal tulang; (B) peningkatan ketebalan karena aposisi salah satu permukaan; (C) Ketika proses resorpsi pada satu sisi lebih besar dari proses aposisi pada sisi berlawanan, ketebalan tulang akan berkurang; (D) Ketika resorpsi pada satu sisi sama dengan aposisi di sisi yang berlawanan, maka tulang akan bergeser tanpa adanya perubahan ukuran; (E) Plat kortikal bergeser sepenuhnya ke kanan jika dibandingkan dengan posisi awal 'A' dengan proses *remodeling* (Premkumar, 2011).

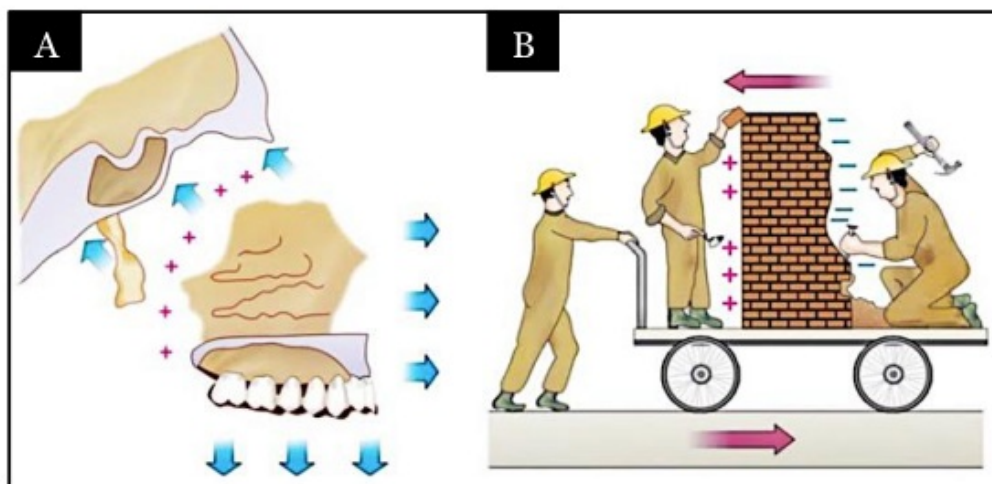
Displacement adalah pergerakan seluruh tulang sebagai satu unit. Itu merupakan pergerakan translasi seluruh tulang yang disebabkan karena gaya fisik sekitar, dan merupakan karakteristik sekunder dari pertumbuhan kranial. Seluruh tulang terbawa dari batas artikular (sutura, sinkondrosis, kondilus) dengan tulang di sekitar. *Displacement* dibagi menjadi dua jenis yaitu *displacement* primer dan sekunder.



Displacement primer: ketika tulang membesar, saat itu tulang akan terbawa dengan tulang lain karena adanya kontak langsung. Hal ini dapat menghasilkan ruang bagian dalam dimana pembesaran tulang terjadi. Ini yang disebut dengan *displacement primer*. Pergerakan fisik dari seluruh tulang, ketika tulang tumbuh dan *remodeling* karena adanya resorpsi dan aposisi (Gambar 1.11).

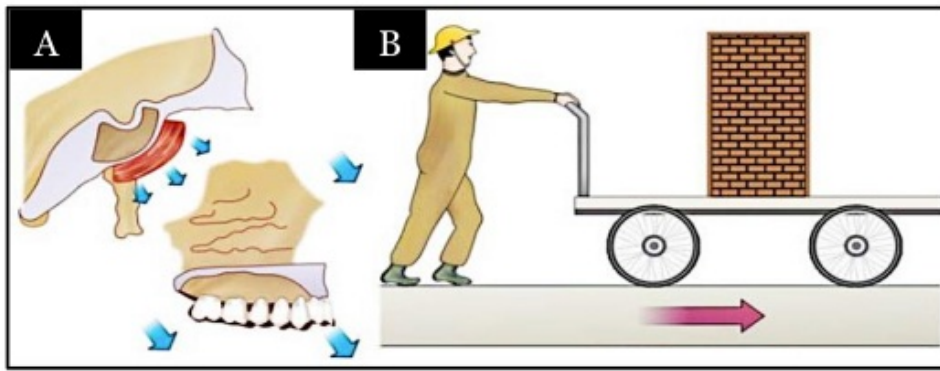
Displacement sekunder: ini merupakan pergerakan seluruh tulang yang disebabkan karena pembesaran terpisah dari tulang lain, yang mungkin berada di dekatnya atau agak jauh. Pergerakan ini termasuk proses pembesaran tulang. Contohnya, pertumbuhan pada fosa kranial tengah menghasilkan pergerakan kompleks maksila ke arah anterior dan inferior (Gambar 1.12).

Drift dan *displacement* terjadi bersamaan dan saling mendukung satu sama lain. Sulit untuk memisahkan keterkaitan *drift* dan *displacement* dari *remodeling* tulang.



Gambar 1.11. (A) *Displacement primer*. (B) Tulang berpindah dari satu posisi ke posisi lainnya tidak hanya karena deposisi dan resorpsi tapi juga karena adanya ruang yang dihasilkan saat pembesaran tulang (Premkumar, 2011).



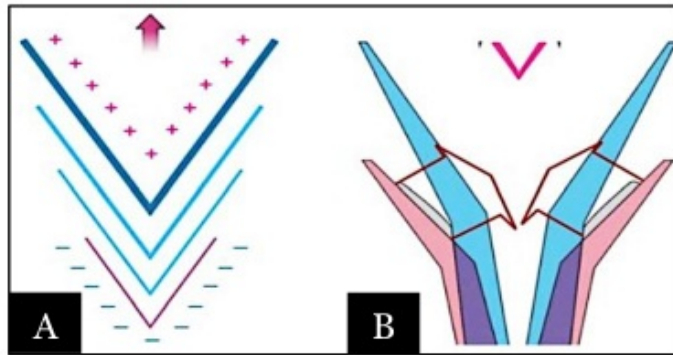


Gambar 1.12. (A) *Displacement* sekunder. (B) Tulang berpindah dari satu posisi ke posisi lain tidak karena deposisi dan resorpsi tapi karena gaya fisik dari daerah sekitar (Premkumar, 2011).

1.3.2. Prinsip V

Prinsip V merupakan mekanisme pertumbuhan tulang wajah yang penting, karena banyak tulang wajah dan kranial memiliki bentukan “V” atau regio berbentuk “V”. Daerah yang tumbuh dengan deposisi tulang pada sisi dalam dikarenakan adanya konsep pertumbuhan permukaan tergantung dengan arah pertumbuhan. Resorpsi terjadi pada permukaan luar dari ‘V’. ‘V’ akan bergerak dari ujung dan membesar setelahnya. Itu merupakan alasan kenapa peningkatan ukuran dan gerakan pertumbuhan merupakan satu kesatuan. Proses ini disebut dengan prinsip ekspansi ‘V’. Tulang bergerak menuju ujung terlebar dari ‘V’ (Gambar 1.13).





Gambar 1.13. (A) Prinsip ekspansi V-ekspansi vertikal. (B) Tulang terletak pada permukaan dalam tulang dengan bentuk “V” dan resorpsi terjadi pada permukaan luar. Itulah mengapa bentuk “V” berpindah dari dasar (arah panah) dan membesar secara keseluruhan (Premkumar, 2011).

Bagian longitudinal prosesus koronoid kiri dan kanan dari mandibula menunjukkan adanya pembesaran pada prosesus saat terjadinya pertumbuhan. Berhubungan dengan prinsip ‘V’, tulang terdeposisi pada sisi lingual dan teresorpsi pada permukaan bukal. Struktur tulang memiliki peningkatan tinggi, ujung prosesus koronoid lebih terbuka, dan basis tulang menyatu (Gambar 1.14).

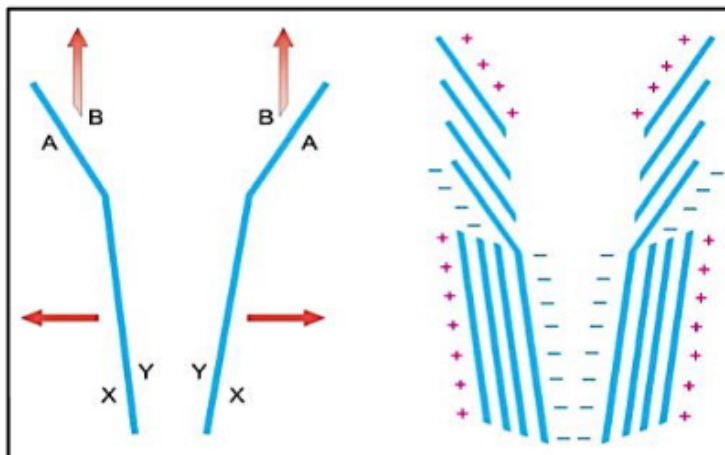


Gambar 1.14. (A) Prinsip ‘V’-ekspansi horisontal. (B) Bentuk mandibula dari anak berusia 5 tahun dan dewasa tampak pada gambar di atas. Mandibula tampak dari atas, termasuk bagian horizontal dari basis prosesus koronoid. Tulang terdeposisi pada sisi lingual struktur mandibula hingga permukaan ramus. Kemudian, prosesus koronoid bergerak meskipun deposisi tulang pada permukaan dalam dengan arah ke belakang dan bagian posterior mandibula melebar (Premkumar, 2011).



1.3.3. Prinsip Permukaan

Prinsip permukaan menunjukkan bahwa sisi tulang yang menghadap ke arah pertumbuhan akan terjadi deposisi dan sisi lainnya akan terjadi resorpsi. Proses ini terjadi pada kontralateral permukaan tulang sehingga plat kortikal mengikuti arah pertumbuhan. Arah pertumbuhan tidak sama pada semua area tulang karena tiap struktur memiliki pola pertumbuhan yang spesifik. Kebalikan dari arah pertumbuhan yaitu terdapat deposisi dan resorpsi tulang yang terjadi langsung pada setiap tulang di korteks yang sama. Karena bagian tulang yang tumbuh dengan arah tumbuhnya masing-masing, hanya setengah dari proses deposisi terjadi di plat kortikal terluar (formasi tulang periosteal). Setengah lainnya dari proses pertumbuhan terdapat deposisi tulang pada permukaan dalam kortikal (formasi tulang endosteal).

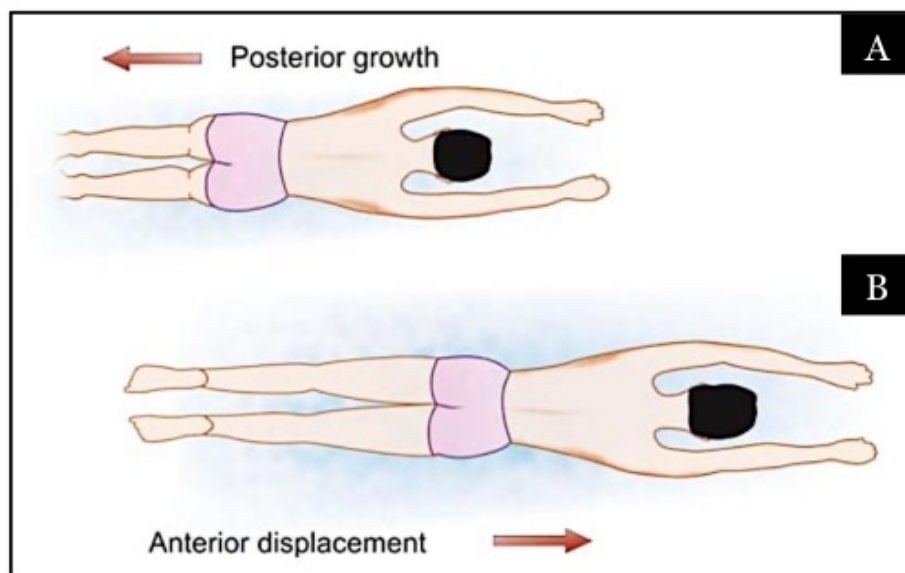


Gambar 1.15. (A) Prinsip permukaan. Area bertanda 'X' pada permukaan luar dari tulang dan bertanda 'B' pada permukaan dalam sedang dalam arah pertumbuhan dan terjadi deposisi. Begitu juga dengan area 'A' dan 'Y' terjadi resorpsi pada arah berlawanan. (B) Area permukaan yang mengalami resorpsi ditunjukkan dengan simbol minus, sedangkan area deposisi ditunjukkan dengan simbol positif (Premkumar, 2011).



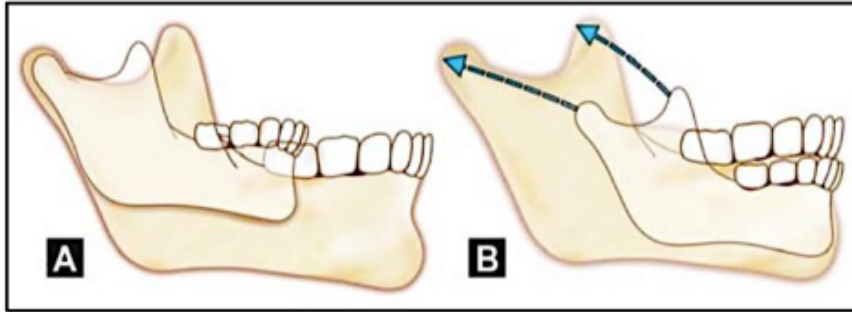
1.3.4. Pertumbuhan Posterior dan *Displacement Anterior*

Pola pertumbuhan maksila dan mandibula pada umumnya dapat dijelaskan dengan dua cara. Ketika kranium dijadikan sebagai acuan, maksila mandibula bergerak ke bawah dan ke depan. Sebaliknya, pada beberapa studi menunjukkan khususnya mandibula pada permukaan posterior ramus, kondilus dan prosesus koronoid menjadi daerah penting untuk pertumbuhan dengan sedikit perubahan pada anterior mandibula. Hal ini menunjukkan bahwa tulang rahang bergerak secara translasi ke arah bawah dan depan ketika terjadi pertumbuhan ke atas dan ke belakang yang merupakan respon dari translasi. Proses ini membantu menjaga kontak dengan kranial (Gambar 1.16 dan 1.17).



Gambar 1.16. Perbandingan antara: (A) Pertumbuhan posterior; (B) *Displacement anterior*. Digambarkan dengan perenang yang beranjak dari papan (Premkumar, 2011).





Gambar 1.17. (A) Pertumbuhan mandibula ke bawah dan depan apabila basis kranii digunakan sebagai acuan dan (B) Studi lain yang menunjukkan konsep B benar dan mandibula tumbuh ke belakang dan ke atas (Premkumar, 2011).

1.4. Konsep Ekuivalen Pertumbuhan/*Enlow Counterpart Principle*

Ini merupakan konsep yang menjelaskan tentang bagian tertentu dari wajah dan kranial dan dibandingkan satu sama lain untuk melihat kesesuaiannya. Ukuran vertikal atau horizontal suatu bagian dibandingkan. Keseimbangan dimensi terjadi ketika kedua bagian tersebut cocok. Ketidakseimbangan dapat menyebabkan baik protrusi maupun retrusi pada bagian wajah tersebut.

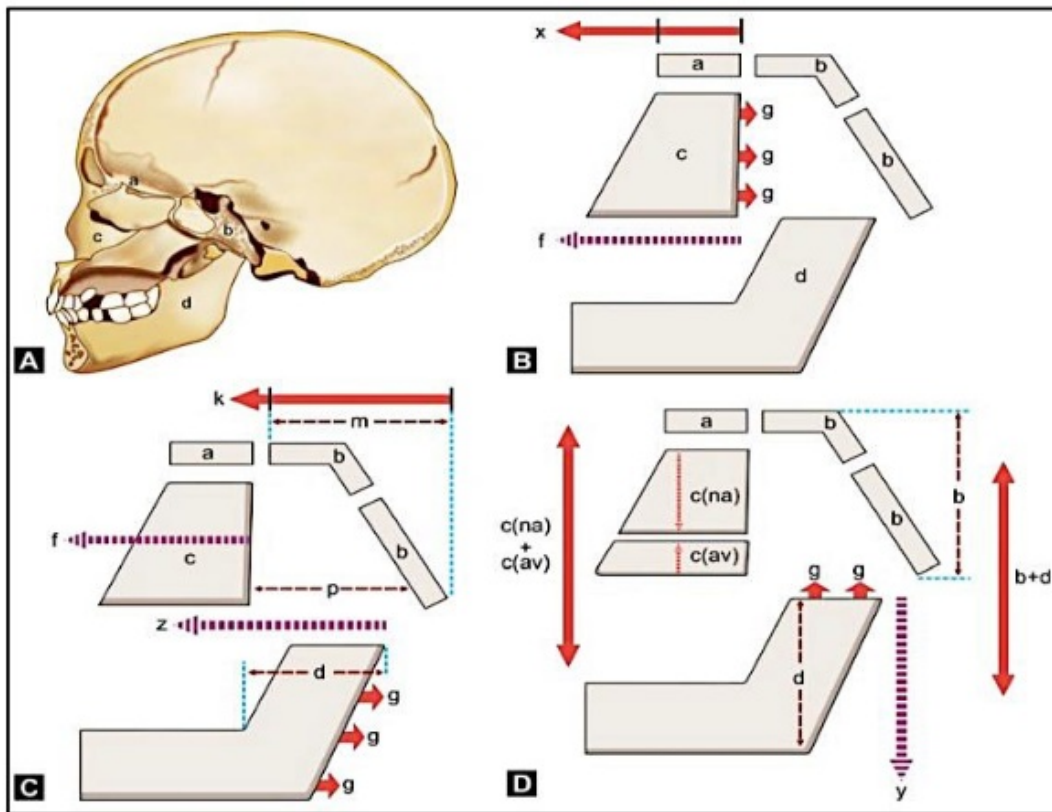
Menurut Enlow, aktivitas pertumbuhan di satu regio selalu disertai dengan pertumbuhan di regio lain. Aktivitas tambahan ini penting untuk menjaga keseimbangan fungsional dan estetik. Enlow menunjukkan bahwa dimensi dan kesejajaran komponen kraniofasial penting untuk menentukan keseluruhan keseimbangan wajah. Jika tinggi wajah anterior panjang, keseimbangan wajah dipertahankan jika tinggi wajah posterior dan



tinggi ramus mandibula juga besar. Di sisi lain, pendeknya tinggi wajah posterior dapat menimbulkan tendensi gigitan terbuka skeletal dan adanya proporsi wajah yang terganggu. Sama halnya dengan kesejajaran dapat mempengaruhi posisi vertikal dan anterioposterior unit skeletal dan dapat mengkompensasi atau malah memperparah ketidakseimbangan. Sebagai contoh, apabila maksila rotasi ke bawah dan ke belakang, ramus yang panjang dan kecilnya sudut gonial akan mengkompensasi dan menghasilkan proporsi wajah yang normal, namun apabila terdapat sedikit perpendekan ramus akan menghasilkan rotasi mandibula ke arah bawah dan belakang dan tendensi wajah panjang-gigitan terbuka. Oleh karena itu, Enlow menekankan pentingnya pertumbuhan tambahan dari tulang wajah untuk menjaga harmoni wajah. Berdasarkan konsep ekuivalen pertumbuhan, Enlow memperkenalkan analisa perbandingan terhadap rotasi rahang.

Counterpart yang berbeda atau Ekuivalen pertumbuhan (Gambar 1.18): Pemanjangan kompleks nasomaksila adalah bagian dari pemanjangan fossa kranial anterior. Pemanjangan regio occipital merupakan ekuivalen pertumbuhan dari regio faring dan peningkatan panjang ramus. Kombinasi pemanjangan vertikal clivus dan ramus mandibula adalah ekuivalen pertumbuhan dari total vertikal regio nasomaksila. Korpus maksila dan mandibula merupakan pasangan.





Gambar 1.18. Konsep ekuivalen pertumbuhan Enlow. (A) Komponen regio kraniofasial (a= basis kranii anterior; b= sinkondrosis speno-occipital; c= kompleks nasomaksila; d= mandibula; g= arah pertumbuhan). (B) Pemanjangan basis kranii anterior (a) menyebabkan pembesaran simultan kompleks nasomaksila (c). (C) Pemanjangan regio speno-occipital (m) adalah ekuivalen pertumbuhan dari regio faring (p) dan peningkatan jarak ramus (d). Ekuivalen pertumbuhan ini menyebabkan posisi normal dari mandibula dan berhubungan dengan kompleks nasomaksila. (D) Kombinasi pemanjangan vertikal clivus (b) dan ramus mandibula (d) adalah ekuivalen pertumbuhan dari total pemanjangan vertikal regionasomaksila (Premkumar, 2011).



RANGKUMAN

Pertumbuhkembangan kraniofasial penting untuk diketahui dan dipahami sebagai suatu pertimbangan dalam menentukan rencana perawatan yang akan diberikan. Selama masa pertumbuhan, terdapat area permukaan yang mengalami deposisi dan resorpsi, disertai adanya proses *remodeling*. Salah satu faktor percepatan pertumbuhkembangan adalah adanya growth spurt yang prosesnya lebih sering terjadi lebih dahulu pada perempuan dibandingkan laki-laki.

LATIHAN SOAL

1. Sebutkan empat jaringan utama pada tubuh manusia!
2. Apa saja yang bisa dilihat dari grafik pertumbuhan?
3. Sebutkan tiga macam variabilitas pada pertumbuhan!
4. Apa itu *remodeling*? Jelaskan fungsinya!
5. Jelaskan perbedaan antara drift dan displacement!
6. Sebutkan dua macam displacement dan berikan contohnya!





MEKANISME KONTROL PERTUMBUHAN KRANIOFASIAL

Ranah dentofasial ortopedik telah dikreditkan dengan sejumlah metode perawatan yang bersaing dan kredibel. Sebagian besar pendekatan perawatan berdasarkan mekanisme dasar biologis yang terdiri dari pertumbuhan tulang kraniofasial dan gigi. Mekanisme yang tepat yang dapat mengontrol pertumbuhan kraniofasial menjadi perdebatan dan diteliti selama bertahun-tahun. Dari waktu ke waktu, berbagai percobaan sudah dilakukan untuk melihat kerangka konseptual dari pertumbuhan kraniofasial. Terkadang sintesis dari beberapa teori telah diajukan. Memahami konsep pertumbuhan kraniofasial menjadi hal yang sangat penting bagi ortodontis.



2.1. Perubahan Paradigma dari Biologi Kraniofasial

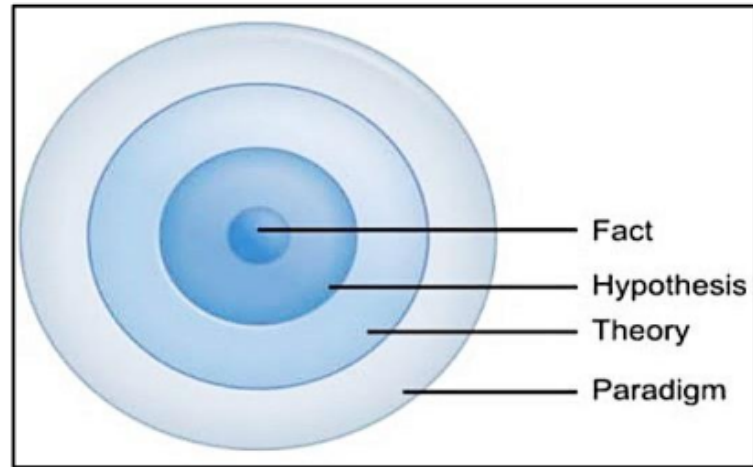
“Paradigma” dalam bahasa Yunani berarti kerangka konsep terkini dari bidang sains. Hal ini terkait dengan pengetahuan umum. Kuhn (1970) mendefinisikan pengetahuan umum sebagai penelitian yang terdiri dari kelompok ilmuwan yang merupakan inti dari bidang tersebut. Paradigma di samping itu meliputi teori, hipotesis, dan fakta (Gambar 2.1).

Sebuah paradigma mungkin merupakan dasar dari banyak teori dan hipotesis. Evolusi dari beragam konsep atau teori pertumbuhan dapat dipelajari dalam dua paradigma yang berbeda, yaitu “Paradigma genom” dan “Paradigma fungsional”. Perubahan paradigma dapat terjadi karena tidak konsistensinya paradigma atau konsep yang lama.

2.1.1. Paradigma Genom

Paradigma genom melihat pertumbuhan kraniofasial yang secara primer ditentukan secara genetik dan tidak dapat diubah. Brodie setelah melihat adanya pola yang sama dari bentuk wajah, beranggapan bahwa hal itu dikarenakan kontrol genetik yang ketat. Banyak penelitian fokus dengan area pertumbuhan untuk kontrol ini; sutura, kartilago kranium dan wajah, dan periosteum. Dapat diasumsikan bahwa kartilago dan sutura wajah berada dalam kontrol genetik ketat dan otak menentukan dimensinya.





Gambar 2.1. Konsep paradigma (Premkumar, 2011).

Setelah penggunaan hewan dalam penelitian kraniofasial, perubahan ide tentang konsep genetik terjadi. Moss (1960) memperluas konsep dari Vander Klaauw menjadi hipotesis matriks fungsional, dimana menandakan awal dari paradigma fungsional. Teori matriks fungsional merupakan perubahan radikal menuju cara baru dalam melihat pertumbuhan kraniofasial.

2.1.2. Paradigma Fungsional

Paradigma fungsional menegaskan fleksibilitas pertumbuhkembangan tulang kraniofasial. Menurut paradigma fungsional, interaksi epigenetik dari faktor intrinsik dan ekstrinsik menghasilkan bentuk kraniofasial yang bermacam-macam. Prinsip dari paradigma fungsional mendukung pendapat tentang kegunaan teknik dentofasial ortopedik dalam mengoreksi perkembangan maloklusi dan deformitas dentofasial.



David S. Calson (2005) membuat klasifikasi paradigma yang sudah berubah menjadi tiga kelas:

1. 1920 sampai 1940
2. 1940 sampai 1960
3. 1960 sampai 1980

1920 sampai 1940

Penelitian kraniofasial dari 1920 sampai 1940 yg paling utama berdasarkan studi tentang struktur tulang kraniofasial. Sedikit pembahasan tentang fungsinya. Krogman (1974) menyatakan bahwa saat periode ini terdapat pendekatan statis yang penting dalam penelitian kraniofasial. Moss (1981) membaginya menjadi: (1) fase preradiologi, dimana kranimetri sangat diandalkan, dan (2) fase radiologi. Fase radiologi dimulai dengan adanya radiografi sefalometri. Konsep awal dari pertumbuhan kraniofasial diambil dari penelitian komparatif anatomi, kranimetri, dan radiografi sefalometri. Dapat diasumsikan pada periode ini pertumbuhan kraniofasial ditentukan secara genetik dan tidak dapat diganti. Moss telah menggambarkan pandangan umum saat periode ini menjadi sebuah trias:

- a. Sutura merupakan daerah pertumbuhan primer.
- b. Pertumbuhan kubah kranial terjadi karena deposisi periosteal dan resorpsi endosteal.



- c. Semua kartilago kepala termasuk basis kranii, septum nasal, dan kondilus mandibula merupakan “pusat” pertumbuhan utama dan di bawah kontrol langsung dari genetik.

1940 sampai 1960 (Gambar 2.2)

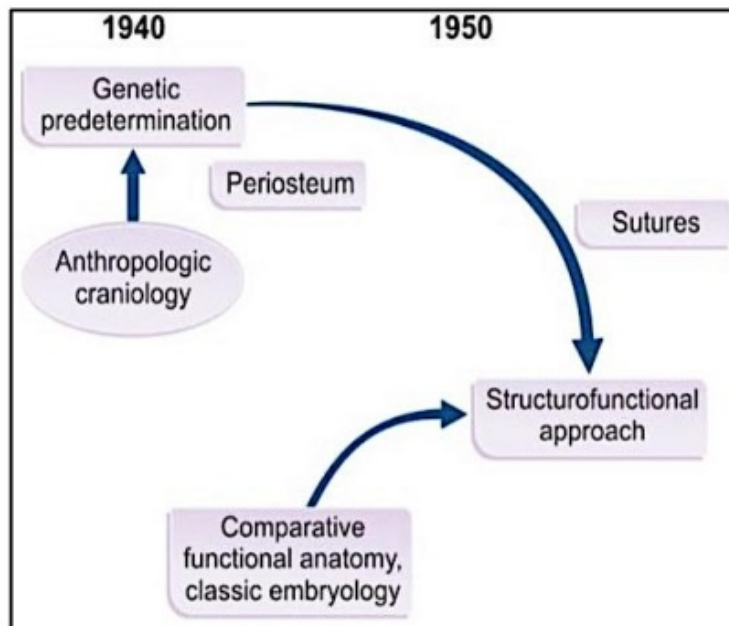
Biologi kraniofasial selama periode ini menandakan awal dari konsep pengenalan dari fungsi dan adaptasi fungsi lain. Terdapat peningkatan penekanan pada penelitian eksperimental pada hewan yang merupakan bentuk usaha untuk mencari tahu mekanisme sebenarnya dari pertumbuhan wajah. Selama periode ini, terdapat perkembangan dan penggunaan teknologi seperti implan radiopak, pewarnaan vital, autoradiografi, dan transplantasi *in vivo* dan *in vitro*.

Analisa percobaan Moss dari pertumbuhan sutura, tidak diragukan perkembangannya, dimana sutura dalam ruang kranial dan wajah menjadi aktif, namun berbentuk sebagai kompensasi pertumbuhan skeletal. Hal ini menyebabkan adanya pemikiran biologis kraniofasial menjadi goyah. Moss juga berpendapat bahwa pertumbuhan sutura dan bentuk tulang tidak ditentukan secara genetik (Gambar 2.3). Pertanyaan-pertanyaan tentang validitas paradigma genom mulai bermunculan.

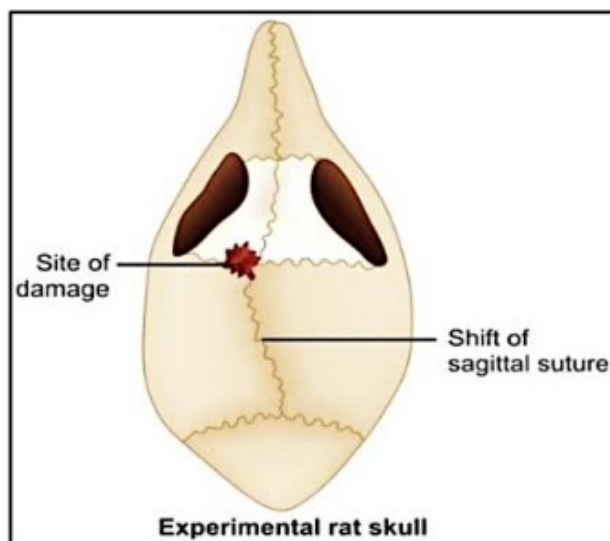
Krogman menjelaskan bahwa terdapat dua pendekatan di akhir tahun 1950 dalam paradigma genom biologi kraniofasial, “pendekatan komprehensif” dan “pendekatan struktur-fungsional”. Pendekatan komprehensif melanjutkan awal



penggunaan kradiometri dan radiografi, sefalostat, dimana pendekatan struktur-fungsional lebih fokus pada penyebab dan efek dari hubungan kompleks kraniofasial.



Gambar 2.2. Model biologi kraniofasial selama tahun 1940-an dan 1950-an (Premkumar, 2011).

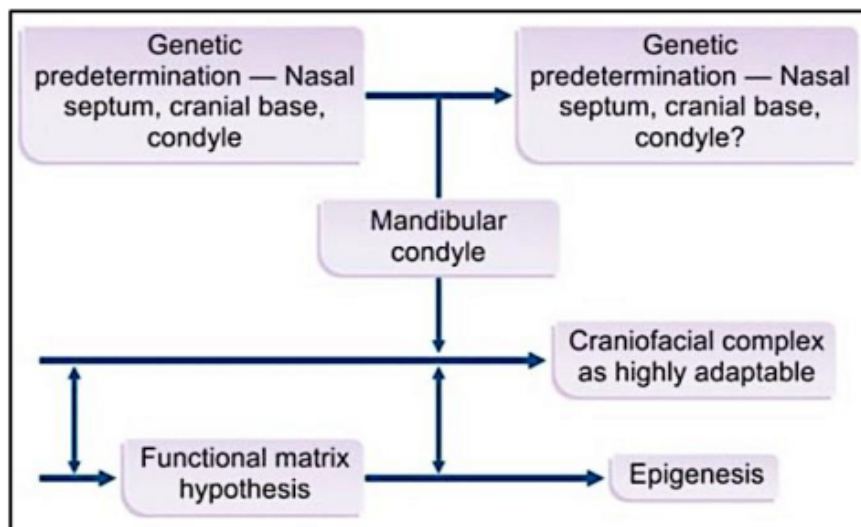


Gambar 2.3. Percobaan klasik oleh Moss: Pemotongan/kauter dari sutura kranial menyebabkan pergeseran sutura sehingga menjadi pertanyaan mengenai potensial genetik dari sutura (Premkumar, 2011).



Dasar Pertumbuhan Kraniofasial setelah Kelahiran

Pertumbuhan periosteal dan sutura tulang tidak lagi dipertimbangkan dalam memiliki hubungan erat dengan kontrol genetik yang ketat dan dihilangkan dari paradigma genom. Namun terdapat sedikit bukti terhadap kartilago dan kondilus pada kepala. Oleh karena itu, paradigma genom tetap mendominasi. Pandangan alternatif tetap ada, dimana “fungsi” memainkan peran penting dalam pertumbuhan kraniofasial.



Gambar 2.4. Model biologi kraniofasial pada 1960 dan 1970 (Premkumar, 2011).

1960 sampai 1980 (Gambar 2.4)

Periode ini ditandai dengan keberadaan paradigma alternatif dan juga awal dari revolusi pengetahuan tentang pertumbuhan kraniofasial. Pada kenyataannya periode ini dikuasai oleh Melvin Moss. “Hipotesis matriks fungsional”-nya dijadikan sebagai paradigma alternatif. Hipotesis matriks fungsional telah menjadi subjek debat, analisis eksperimental dan diskusi



dibandingkan dengan teori lainnya. Penekanan terdapat pada semua jaringan skeletal responsif dan memiliki tingkat fleksibilitas selama pertumbuhan. Paradigma alternatif ini bernama “paradigma fungsional” menyatakan bahwa kompleks kraniofasial sangat mudah beradaptasi, baik secara ontogenik maupun filogenetik menjadi kebutuhan fungsional perkembangan lingkungan. Paradigma fungsional menjaga bahwa beban bukti terdapat pada mereka yang percaya dan terdapat adanya pengaruh genetik pada pertumbuhan skeletal kraniofasial. Moss lebih menekankan pada hipotesis epigenetik, dimana menyatakan bahwa “baik struktur dan fungsi berubah sesuai dengan parameter biomekanik, biofisika biokimia dan bioelektrik dari perkembangan organisme, secara intra dan ekstraseluler”. Perubahan ini secara signifikan untuk meregulasi tahapan perkembangan selanjutnya sama halnya untuk meregulasi reaksi genom pada tingkat lingkungan lainnya. Pada hipotesis ini, lingkungan tidak hanya memberikan kebebasan dan suportif namun juga mengatur.

Masa Depan Biologi Kraniofasial

Dengan ortodontik klinis dibenak kita, bidang biologi kraniofasial mengutamakan penelitian tentang pertumbuhan kraniofasial setelah kelahiran dari lahir melalui kematangan skeletal. Ortopedik dentofasial mungkin dapat berpartisipasi hanya dalam periode ini. Saat ini difokuskan pada perkembangan biologi, juga, yang meliputi area hereditas, genetik, dan embriologi.



Peran dari sel *neural crest* pada perkembangan kraniofasial dan pada faktor yang mempengaruhi migrasi dan diferensiasinya menjadi area yang diteliti. Penelitian lain juga dilakukan dengan teratologi dan efek teratogen pada perkembangannya. Penemuan dan indentifikasi faktor spesifik seperti *growth factor* dan *homeobox genes* telah memiliki titik terang pada bidang morfogenesis dan perkembangan kompleks kraniofasial.

Pada saat ini, terdapat tiga permasalahan penting pada pertumbuhan kraniofasial, yaitu:

1. Terdapat jumlah faktor regulasi yang dikodekan secara genetik yang memiliki efek mendalam pada morfogenesis dan perkembangan prenatal kompleks kraniofasial.
2. Semua faktor ini bekerja pada lingkungan epigenetik dari tingkat posisi gen kromosom hingga interaksi sel dan seluruh organisme dengan lingkungan luar.
3. Banyak bukti yang mendukung dan menyimpulkan bahwa morfogenesis, perkembangan prenatal dan perkembangan postnatal kompleks kraniofasial dapat dimodifikasi dengan cara yang dapat diprediksi, dikontrol, dan secara klinis efektif.

Kemungkinan dalam beberapa dekade ke depan, ortodontis akan menggunakan alat molekular untuk mendiagnosa permasalahan pertumbuhan dan menentukan secara akurat perkembangan tiap pasien sama halnya dengan ada atau tidaknya *growth factor* dan molekul lain.



2.2. Tempat Pertumbuhan dan Pusat Pertumbuhan (*Site vs Center*)

Penting untuk mengetahui istilah *growth site* dan *growth center* sehingga dapat membantu dalam membedakan teori pertumbuhan. Baume merupakan orang yang membuat kedua terminologi ini. Menurutnya, “*growth center*” merupakan tempat osifikasi endokondral dengan gaya yang dapat memisahkan jaringan, berperan dalam meningkatkan massa tulang. “*Growth site*” didefinisikan sebagai regio periosteal atau sutura tulang dan bersifat resorptif adaptif terhadap pengaruh lingkungan. Profitt (2006) mendefinisikan *growth site* hanya sebagai lokasi dimana pertumbuhan terjadi, sedangkan pusatnya adalah lokasi terjadinya pertumbuhan terkontrol baik genetik maupun independen. Semua *growth center* merupakan *growth site*, sedangkan semua *growth site* bukan *growth center*. Kebanyakan teori pertumbuhan ialah berdasarkan dimana terjadinya *growth center*.

Enlow dan Moyers menggunakan istilah *growth fields* yang meliputi *growth site* dan *growth center*. Semua permukaan tulang ditutupi oleh pola ireguler dari *growth fields* yang terdiri dari bermacam-macam jaringan membran osteogenik atau kartilago. Tulang tidak tumbuh sendiri, melainkan tumbuh karena lingkungannya. “*Growth site*” merupakan *growth field* yang memiliki peran penting dalam pertumbuhan beberapa bagian tulang. Contoh dari *growth site* yaitu kondilus mandibula, tuberositas maksila, sinkondrosis, sutura, prosesus alveolaris, dll.



Mereka tidak mengakibatkan tumbuhnya semua tulang. *Growth center* menandakan area khusus yang mengontrol pertumbuhan tulang secara keseluruhan. *Growth center* memiliki “gaya” dan “energi” yang ada untuk pertumbuhan tulang.

2.3 Faktor yang Mengontrol Pertumbuhan Kraniofasial

Terdapat beberapa metode klasifikasi faktor, yaitu: Klasifikasi Von Limborgh; klasifikasi Enlow dan Moyers; klasifikasi Goose dan Appleton.

2.3.1 Klasifikasi Von Limborgh.

Beberapa faktor pada klasifikasi Von Limborg ini, antara lain genetik intrinsik, genetik lokal, epigenetik umum, lingkungan lokal, dan lingkungan umum (Tabel 2.1.).

Tabel 2.1. Klasifikasi Von Limborgh (Premkumar, 2011).

No.	Faktor	Definisi/Penjelasan
1.	Faktor intrinsik genetik	Faktor genetik diturunkan pada jaringan skeletal kraniofasial.
2.	Faktor epigenetik lokal	Secara genetik berpengaruh terhadap pembentukan dari struktur dan ruang yang berdekatan (otak, mata, dll).
3.	Faktor epigenetik umum	Secara genetik berpengaruh terhadap pembentukan struktur yang jauh (hormon seksual).
4.	Faktor lingkungan lokal	Faktor non genetik lokal berpengaruh terhadap lingkungan luar (kekuatan otot, tekanan lokal eksternal).



5.	Faktor lingkungan umum	Faktor non genetik umum berpengaruh terhadap lingkungan luar (suplai oksigen, makanan).
----	------------------------	---

2.3.2. Klasifikasi Enlow dan Moyers

Menurut Enlow dan Moyers terdapat lima faktor yang mengontrol pertumbuhan kraniofasial yaitu: *Natural* (alamiah); genetik; fungsi; pertumbuhan tubuh; dan *neutrophism*.

Terdapat pula lima faktor yang menghambat pertumbuhan antara lain: Gaya ortodontik; bedah; malnutrisi; malfungsi; dan anomali kraniofasial.

2.3.3. Klasifikasi Goose dan Appleton

Menurut Goose dan Appleton yang mengontrol pertumbuhan kraniofasial ada beberapa faktor yaitu: Endokrin; bawaan yang bersifat multifaktorial; perbedaan ras; nutrisi; penyakit; faktor sosio-ekonomi; dan tren sekuler.

Genetik

Morfogenesis tulang dan kartilago tulang kraniofasial dimulai ketika proses embriogenesis terjadi pada masa kanak-kanak dan selesai pada saat dewasa. Pada umumnya pertumbuhan tulang pada sutura kranial dan wajah terjadi ketika tulang dipisahkan dari jaringan di bawahnya seperti otak, duramater, dan kartilago nasal dimana menggunakan gaya tarik dari *growth site*. Meskipun terdapat komponen intrinsik atau genetik yang



mendasari karena ada stimulasi faktor pertumbuhan dan faktor transkripsi.

Kartilago

Molekul dan kaskade pensinyalan molekuler yang terlibat dalam regulasi pertumbuhan tulang rawan telah diuraikan sebagai berikut:

Parathyroid hormone related peptide (PTHrP) menstimulasi proliferasi kondrosit dan menghambat hipertrofi kondrosit. *Indian hedgehog* (Ihh) mengontrol proliferasi kondrosit dan hipertrofi melalui sirkuit molekuler dengan PTHrP dan *parathyroid hormone receptor* (PTHrR). *Bone morphogenetic protein* (BMP) menstimulasi diferensiasi kondrosit, hipertrofi dan mineralisasi.

Fibroblast growth factors (Fgf), memberikan sinyal *fibroblast growth factors receptors* (Fgfr) untuk menghambat proliferasi kondrosit. *Transforming growth factor beta* (Tgf- β) menstimulasi diferensiasi kondrosit. Ia juga berperan dalam menghambat proliferasi kondrosit. Tabel 2.2 menjelaskan kemungkinan peran dari *growth factor* pada pertumbuhan endokondral.



Tabel 2.2. Faktor genetik pertumbuhan dan peran yang mungkin pada pertumbuhan endokondral (Premkumar, 2011).

Faktor Genetik	Fungsi
<i>Parathyroid hormone related peptide (PTHrP)</i>	Menstimulasi proliferasi kondrosit, menghambat hipertrofi kondrosit.
<i>Indian hedgehog (Ihh)</i>	Mengontrol proliferasi kondrosit, dan hipertrofi.
<i>Bone morphogenetic protein (BMP)</i>	Menstimulasi diferensiasi kondrosit, hipertrofi dan mineralisasi.
<i>Fibroblast growth factors (FGF)</i>	Menghambat proliferasi kondrosit.
<i>Transforming growth factors beta 1 (TGF-β1),</i>	Menstimulasi diferensiasi kondrosit, menghambat proliferasi kondrosit, hipertrofi, dan mineralisasi
Hyaluronan dan CD 44	Mengontrol pemanjangan basis kranii.

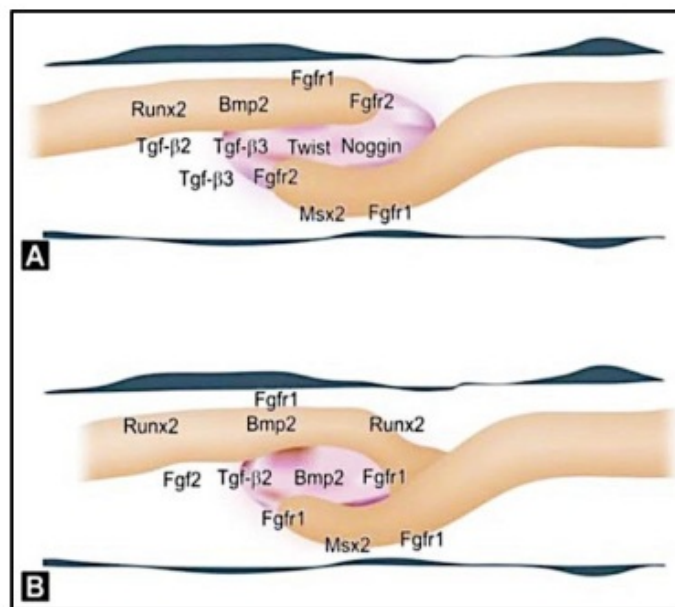
Studi menunjukkan *growth factor* seperti *transforming growth factors beta 1* (TGF-1), TGF- β 2, TGF- β 3, *bone morphogenetic protein 2* (BMP-2), BMP-7, *fibroblast growth factor 4* (FGF4), *insulin like growth factor 1* (IGF-1) and *sonic hedgehog* (Shh) ditemukan pada sutura dan durameter. Penambahan TGF- β 2 dan FGF-4 pada tikus ditemukan dapat menginduksi sinostosis. Ekspresi berlebihan dari faktor transkripsi menginduksi obliterasi jahitan.

Mutasi gen dari *fibroblast growth factor receptors 1, 2* dan *3* (FGFR1, FGFR2 dan FGFR3) berhubungan dengan sinostosis kraniofasial manusia. Diyakini bahwa fungsi sutura wajah sama dengan sutura kranial selama pertumbuhan tulang kraniofasial.



Interaksi Multifaktorial

Biasanya tidak ada ekspresi karakteristik dari rasio Mendel yang khas pada keturunannya. Faktor bawaan yang bersifat multifaktorial seperti kemiripan pada orang tua dan keturunannya, dapat diartikan dengan *correlation coefficients*. *Correlation coefficient* memiliki nilai antara +1 dan -1. +1 menandakan korelasi sempurna dan, -1 berarti korelasi negatif dan 0 menandakan tidak ada korelasi.



Gambar 2.5. Diagram menunjukkan distribusi *growth factor* dan faktor transkripsi sutura. (A) Sutura terbuka. (B) Penggabungan sutura (Premkumar, 2011).

Adanya gen resesif dengan efek aditif menghasilkan *correlation coefficient* sebesar 0.5 antara orang tua dan keturunannya. Pernikahan antara pasangan dengan karakteristik yang mirip akan menghasilkan nilai yang lebih tinggi. Contoh dari



faktor bawaan yang bersifat multifaktorial bawaan meliputi achondroplasia, sindrom Marfan.

Fungsi

Peran fungsi yang normal penting untuk pertumbuhan normal dari tulang. Hal ini merupakan inti dari hipotesis matriks fungsional Moss. Kurangnya peran fungsi dapat mengakibatkan pertumbuhan yang lambat pada daerah tersebut. Contoh sederhana meliputi kondisi seperti mikroglosi, ankilosis TMJ, dan disfungsi otot.

Pertumbuhan Tubuh

Pertumbuhan tubuh (pertumbuhan somatik) dan pertumbuhan kraniofasial tidak berhubungan, namun hubungan ini tidak dapat diprediksi secara tepat. Jumlah studi yang cukup banyak telah dilakukan untuk melihat hubungan antara maturasi dengan pertumbuhan somatik dan pertumbuhan dimensional pada regio kraniofasial. Sebagian besar studi ini memiliki konsentrasi pada prediksi ketinggian maksimum dari velositas. Hal ini dilakukan untuk memprediksi waktu puncak velositas tinggi dimana dapat dimanfaatkan untuk koreksi ortopedik. Usia skeletal berasal dari radiograf pergelangan tangan digunakan dalam prinsip ini.



Neurotrophism

Neurotrophism dapat didefinisikan sebagai “neurofungsi transmisi nonimpulsif yang melibatkan transpor aksoplasma, digunakan untuk interaksi jangka panjang antara saraf dan jaringan saraf, yang secara homeostatis mengatur integritas morfologi, komposisi dan fungsional dari jaringan tersebut”. Kontrol saraf pada pertumbuhan skeletal diasumsikan karena adanya transmisi substans atau transmitter. *Neurotrophism* dapat terjadi secara langsung atau tidak langsung. Pada kontrol langsung, dapat terjadi osteogenensis dengan stimulasi saraf langsung. Pada kontrol tidak langsung, saraf mengontrol atau memodulasi pertumbuhan skeletal melalui stimulasi jaringan lunak. Efek langsung tidak dapat didemonstrasikan dalam eksperimen. *Neurotrophism* telah ditangani secara ekstensif bersama dengan teori matriks fungsional pertumbuhan tulang.

Faktor Penghambat

Faktor-faktor ini tidak berkontribusi terhadap adanya variasi, tetapi dapat menyebabkan perubahan dalam pertumbuhan. Contohnya meliputi:

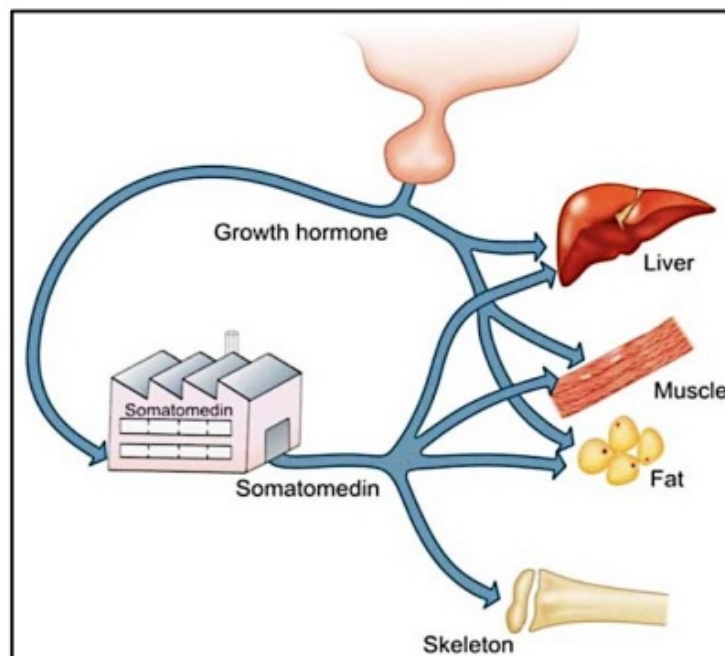
1. Gaya ortodonti/ortopedi ketika digunakan untuk memodifikasi pertumbuhan.
2. Prosedur bedah yang menghambat pertumbuhan.
3. Malnutrisi.



4. Malfungsi: pernapasan selain dari hidung (*Linder Aronson et al.*), dan postur (Beni Solow dan Tallgren) ditemukan dapat mengubah pertumbuhan kraniofasial.
5. Anomali kraniofasial seperti sinostosis dapat mengubah pertumbuhan yang normal.

Kontrol Endokrin

Hormon pertumbuhan yang diproduksi oleh kelenjar pituitari penting untuk pertumbuhan normal. Hormon pertumbuhan juga menstimulasi produksi kelompok hormon lain bernama somatomedin. Somatomedin diproduksi di hati. Somatomedin bekerja pada pertumbuhan sel kartilago (Gambar 2.6).



Gambar 2.6. Skema representasi dari kontrol langsung dan tidak langsung hormon pertumbuhan melalui somatomedin (Premkumar, 2011).



Tiroksin penting untuk perkembangan pada kehidupan awal janin, perkembangan sistem saraf, dan juga perkembangan keseluruhan. Kekurangan tiroksin pada awal masa kehidupan akan mempengaruhi otak dan juga pertumbuhan dimana nantinya akan menyebabkan perlambatan pada pertumbuhan dan maturitasi.

Pubertas atau remaja adalah hasil dari kerjasama bermacam-macam hormon seperti *follicle stimulating hormone* (FSH) dan *luteinizing hormone* (LH). Mereka menghasilkan estrogen pada perempuan dan testosteron pada laki-laki. Estrogen menyebabkan pertumbuhan payudara, vagina, uterus, dan menstruasi pada perempuan. Testosteron diproduksi karena pengaruh dari LH menyebabkan tumbuhnya penis, prostat, dan *seminal vesicle*. FSH berperan dalam pertumbuhan testis dan spermatogenesis. Hormon pertumbuhan dan androgen berperan penting pada mulainya *growth spurt* saat remaja.

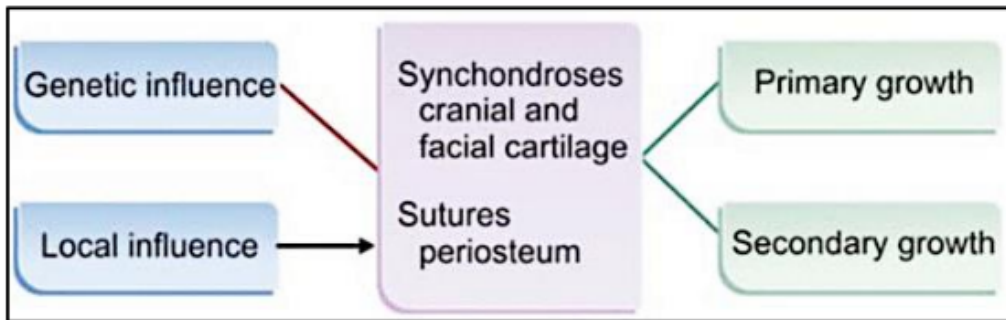
Perbedaan Ras

Terdapat perbedaan pertumbuhan di antara bermacam-macam ras. Ras Asia pada umumnya lebih pendek daripada Eropa, juga terdapat perbedaan proporsi badan (Gambar 2.7).

Nutrisi

Malnutrisi menyebabkan penurunan dan terlambatnya pertumbuhan pada anak.





Gambar 2.7. Kompilasi faktor yang mengontrol pertumbuhan (Premkumar, 2011).

Penyakit

Penyakit ringan pada anak-anak normal tidak memiliki efek pada pertumbuhan, namun dapat menyebabkan kelainan mineralisasi pada gigi. Namun pada anak-anak dengan malnutrisi, penyakit ringan dapat berperan secara negatif dan berpengaruh terhadap pertumbuhan. Penyakit kronis yang melemahkan memiliki pengaruh terhadap pertumbuhan. Saat ini faktor psikologis menunjukkan efeknya terhadap status pertumbuhan individu.

Status Sosio-ekonomi

Anak dari kelompok sosial yang berbeda menunjukkan variasi ukuran dan kecepatan pertumbuhan. Anak-anak pada strata bawah memiliki pertumbuhan yang lambat. Ukuran keluarga juga memiliki pengaruh terhadap pertumbuhan kelompok sosio-ekonomi rendah. Erupsi gigi dan mulainya menstruasi, lebih awal terjadi pada populasi sosial tingkat atas.



Tren Sekuler (Gaya Hidup)

Dengan adanya evolusi, terdapat tendensi anak-anak tumbuh besar dibandingkan dengan orang tuanya dan juga maturasi lebih awal. Nutrisi yang lebih baik dan sedikitnya penyakit yang dialami pada masa kanak-kanak karena imunisasi bisa menjadi alasan terjadinya perubahan ini, namun mekanisme pastinya belum dapat dipastikan.

RANGKUMAN

Selama fase pertumbuhan terdapat *growth site* dan *growth center* yang menyebabkan pertumbuhan dapat berjalan secara terkontrol, dan keduanya memiliki perannya masing-masing. Identifikasi faktor spesifik seperti *growth factor* dan *homeobox genes* memiliki peran pada bidang morfogenesis dan pertumbuhkembangan kraniofasial.

LATIHAN SOAL

1. Jelaskan perbedaan dari paradigma genom dan paradigma fungsional!
2. Jelaskan pengertian dari *growth site* dan *growth center*!
3. Sebutkan tiga klasifikasi yang mengontrol pertumbuhan kraniofasial, dan jelaskan faktor yang menentukan masing-masing klasifikasi tersebut.



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 pertumbuhan perkembangan dentokraniofasial, bahkan diberi kesempatan untuk mengerjakan 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 pertumbuhan 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**. Dimana 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 dentokraniofasial untuk guru, orang tua, dan murid sekolah dasar; dan berbagai artikel ilmiah yang telah dipublikasi baik tingkat nasional maupun internasional berindeks Scopus.



Dasar Pertumbuhan Kraniofasial Setelah Kelahiran

ORIGINALITY REPORT

6%

SIMILARITY INDEX

6%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

2%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

www.scribd.com

Internet Source

3%

2

Submitted to University of College Cork

Student Paper

<1%

3

www.koreascience.or.kr

Internet Source

<1%

4

qdoc.tips

Internet Source

<1%

5

Submitted to Cardiff University

Student Paper

<1%

6

es.scribd.com

Internet Source

<1%

7

journals.plos.org

Internet Source

<1%

8

link.springer.com

Internet Source

<1%

9

e-journal.unair.ac.id

Internet Source

<1%

10

clinical-epigenetics.imedpub.com

Internet Source

<1%

11

revistas.ucu.edu.uy

Internet Source

<1%

12

Submitted to University of Baghdad

Student Paper

<1%

ehormon.blogspot.com

13

Internet Source

<1%

14

cd.dgb.uanl.mx

Internet Source

<1%

15

news.unair.ac.id

Internet Source

<1%

16

opacbook.payap.ac.th

Internet Source

<1%

17

de.slideshare.net

Internet Source

<1%

18

fr.scribd.com

Internet Source

<1%

19

bakalngapatau.blogspot.com

Internet Source

<1%

20

sinta.unud.ac.id

Internet Source

<1%

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off

Dasar Pertumbuhan Kraniofasial Setelah Kelahiran

GRADEMARK REPORT

FINAL GRADE

/0

GENERAL COMMENTS

Instructor

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12

PAGE 13

PAGE 14

PAGE 15

PAGE 16

PAGE 17

PAGE 18

PAGE 19

PAGE 20

PAGE 21

PAGE 22

PAGE 23

PAGE 24

PAGE 25

PAGE 26

PAGE 27

PAGE 28

PAGE 29

PAGE 30

PAGE 31

PAGE 32

PAGE 33

PAGE 34

PAGE 35

PAGE 36

PAGE 37

PAGE 38

PAGE 39

PAGE 40

PAGE 41

PAGE 42

PAGE 43

PAGE 44

PAGE 45

PAGE 46

PAGE 47

PAGE 48

PAGE 49

PAGE 50

PAGE 51

PAGE 52

PAGE 53

PAGE 54

PAGE 55

PAGE 56

PAGE 57

PAGE 58

PAGE 59

PAGE 60

PAGE 61

PAGE 62

PAGE 63

PAGE 64

PAGE 65
