

# Pertumbuhan Kraniofasial Setelah Kelahiran

*by* I Gusti Aju Wahyu Ardani Fkg

---

**Submission date:** 05-Nov-2020 01:52PM (UTC+0800)

**Submission ID:** 1436694362

**File name:** dengan\_komentar\_Kraniofaisal\_Series\_3-converted\_Revisi1\_ok.docx (21.77M)

**Word count:** 15778

**Character count:** 103765

Pertumbuhan  
**KRANIOFASIAL**  
setelah Kelahiran

I GUSTI AJU WAHJU ARDANI



KRANIOFASIAL SERIES #3

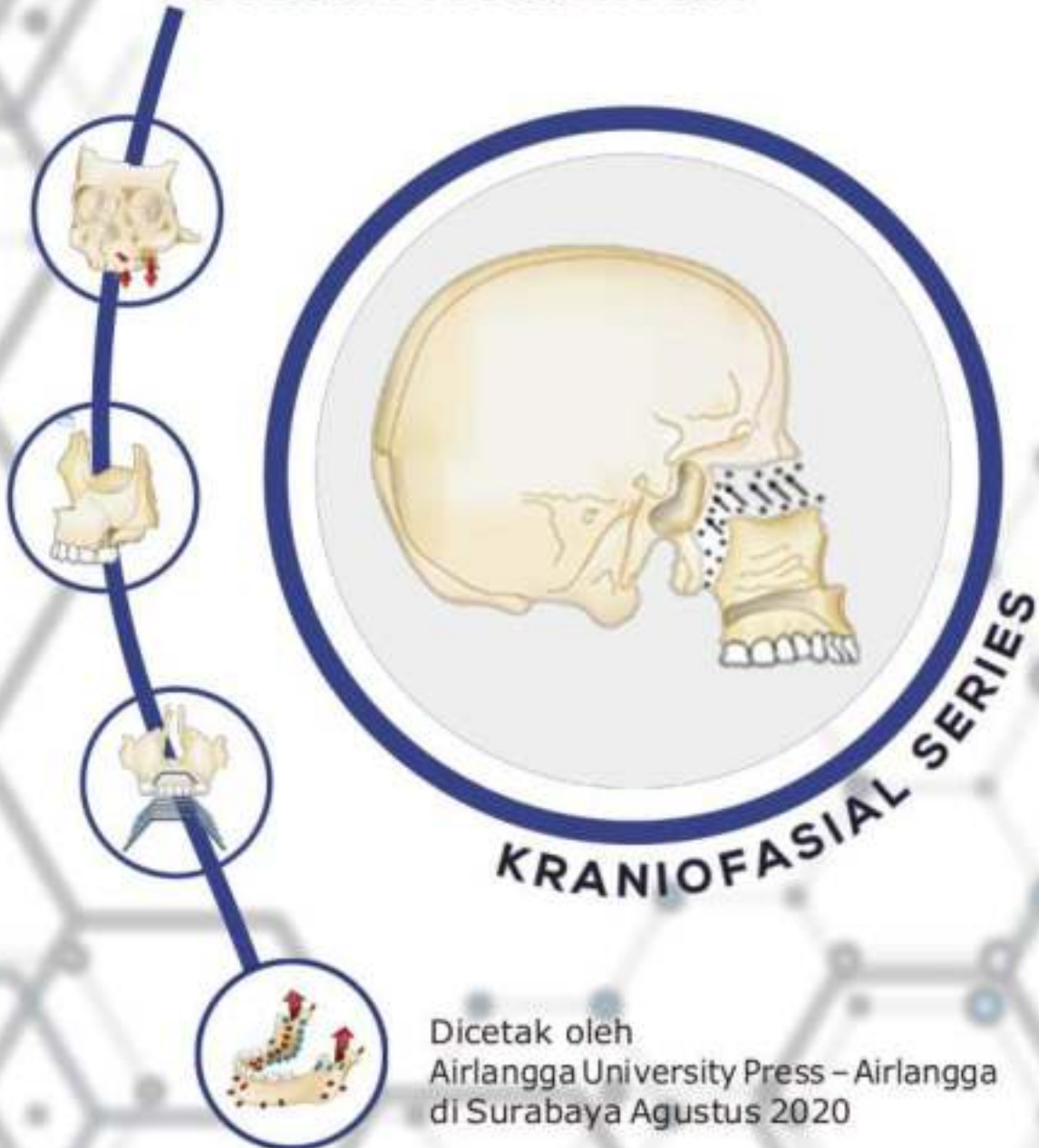
Dicetak oleh  
Airlangga University Press - Airlangga  
di Surabaya Agustus 2020

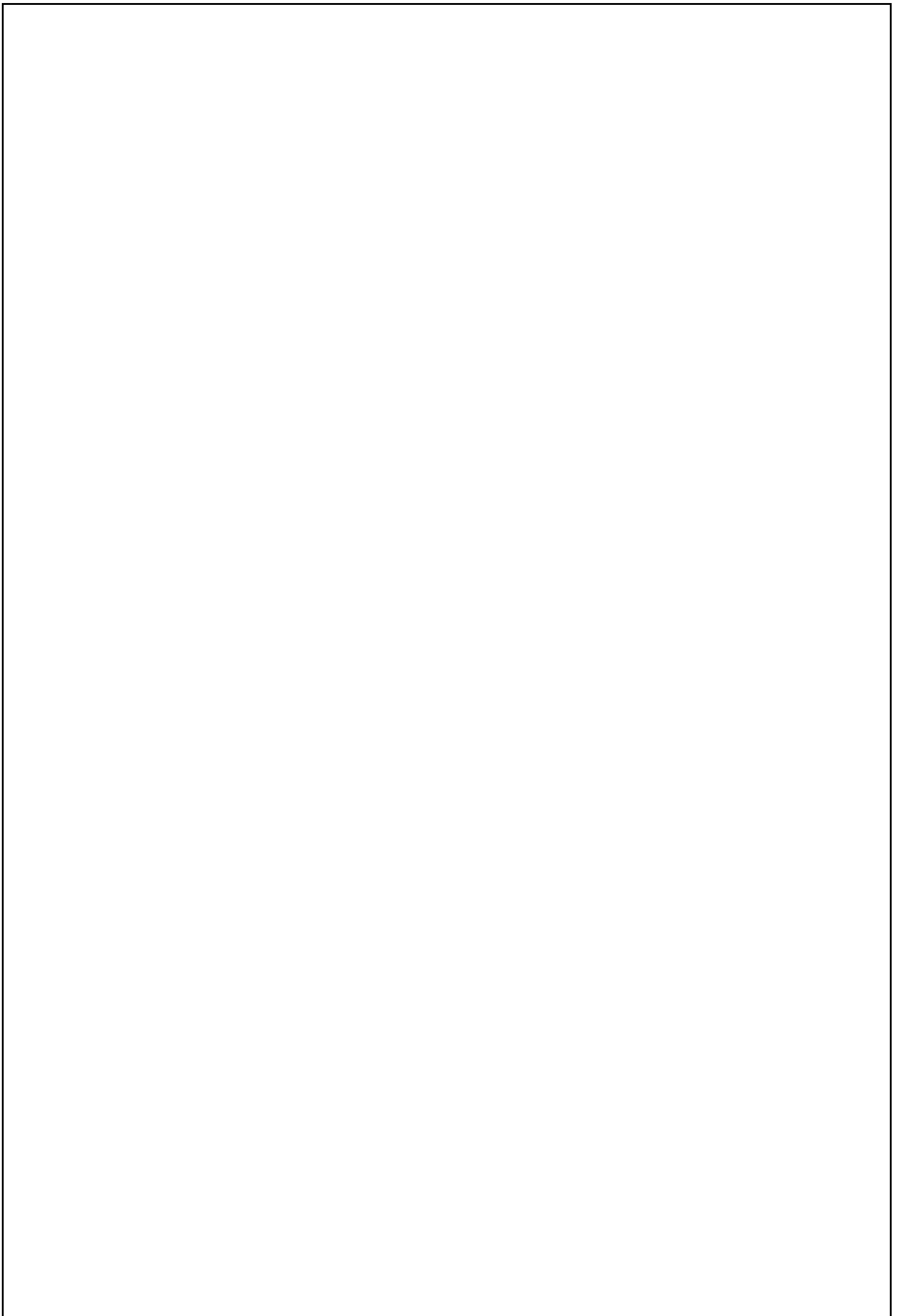
**#3**

**Pertumbuhan**

# **KRANIOFASIAL**

**setelah Kelahiran**





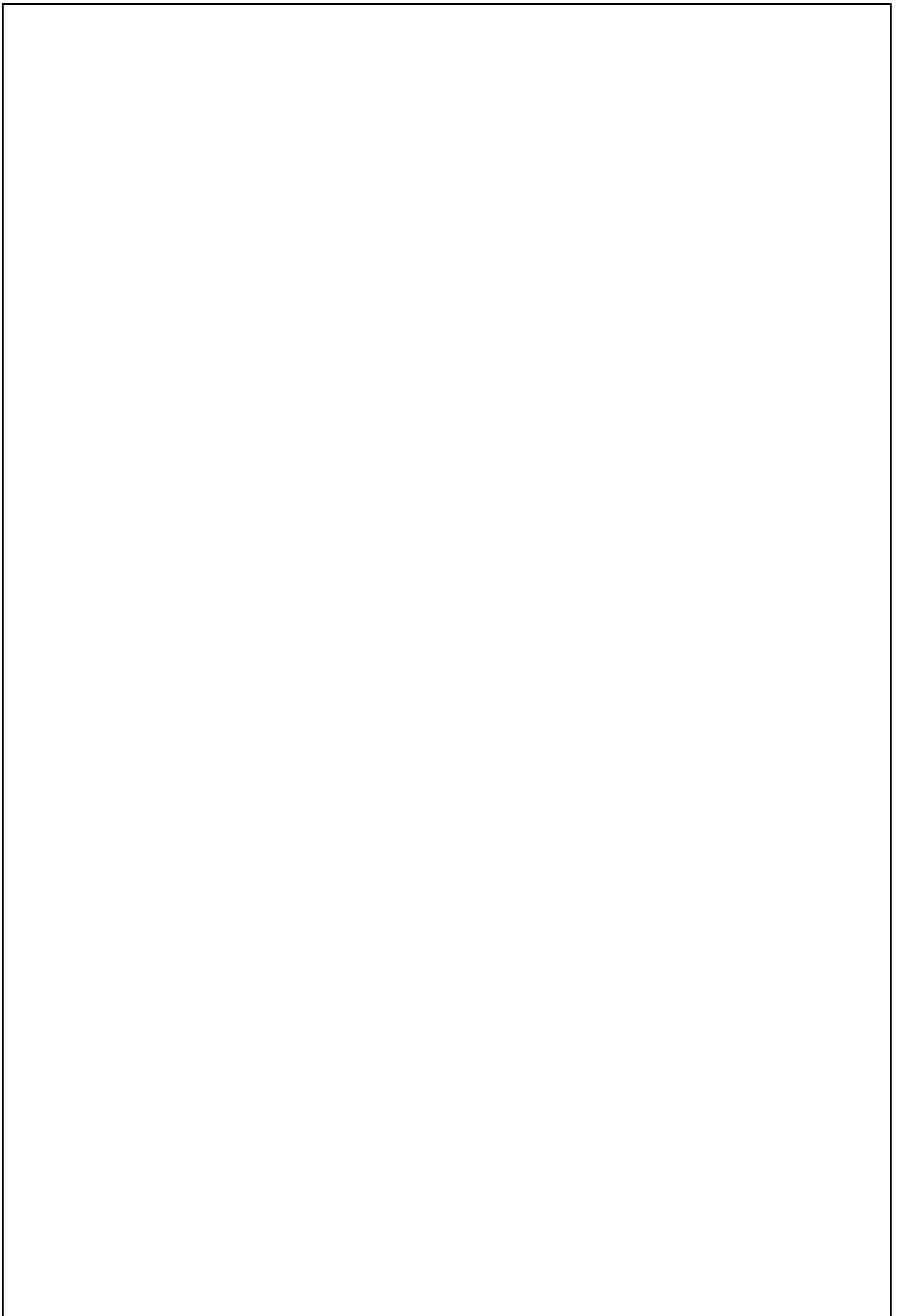
# Kata Pengantar

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**



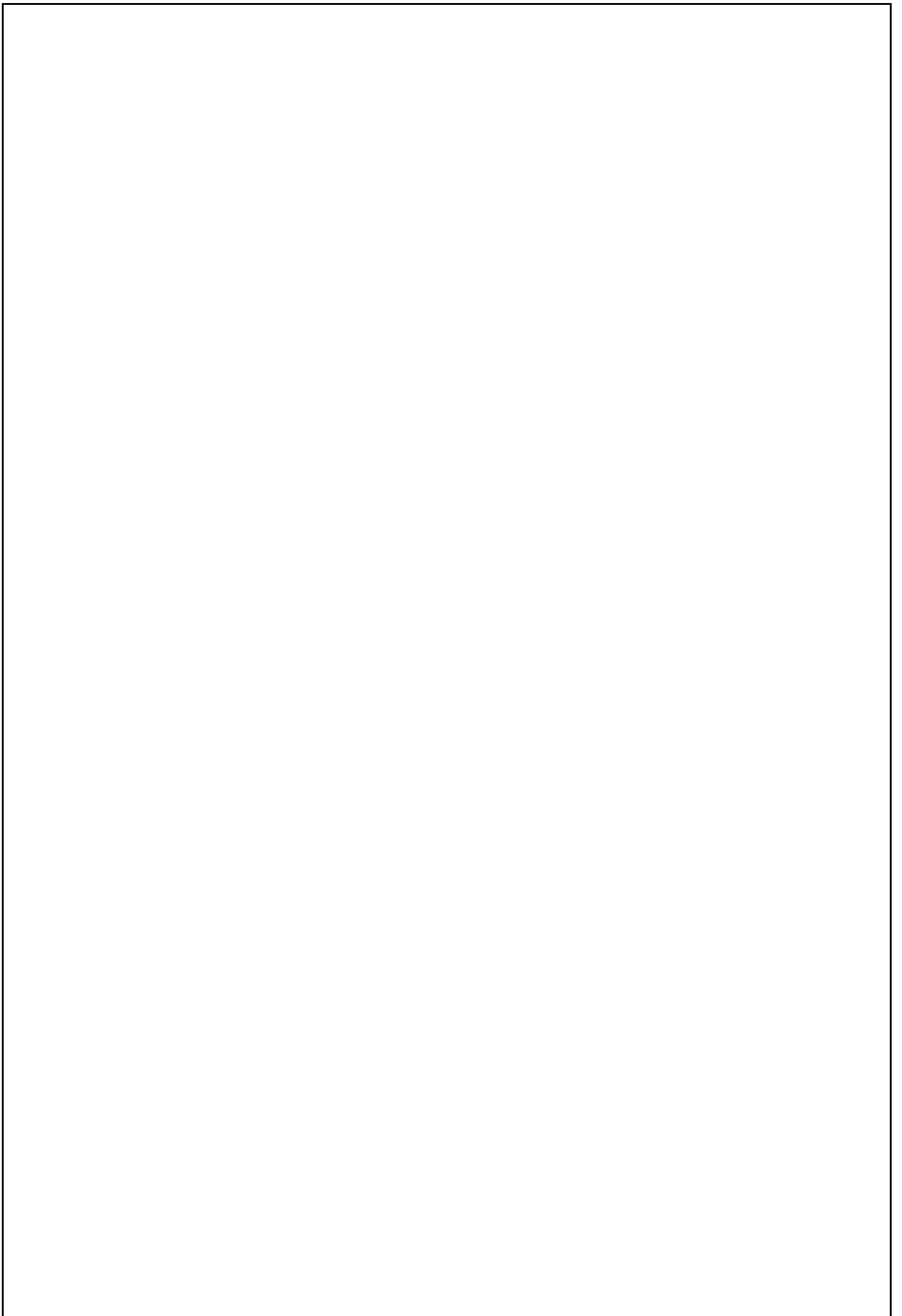
# Daftar Isi

## ① Pola Pertumbuhan Tulang Kraniofasial Setelah Kelahiran

1.1	Pertumbuhan Kranial Vault/Kalvaria Postnatal	3
1.2	Basis Kranial	11
1.3	Kompleks Nasomaksila	21
1.3.1	<i>Maxillary Complex</i>	26
1.3.2	Palatum	31
1.3.3	Tulang Zygoma	33
1.3.4	Rongga Hidung	34
1.3.5	Orbita	34
1.4	Mandibula	38
1.5	Sendi Temporomandibula	55
1.6	Dinamika Pertumbuhan Wajah	59

## ② Rotasi Pertumbuhan

2.1	Pertumbuhan Kraniofasial pada Orang Dewasa	76
2.2	Pertumbuhan Jaringan Lunak	77
2.3	Kontrol Pertumbuhan Kerangka Wajah	80
2.4	Prediksi Pertumbuhan	86





## Daftar Gambar

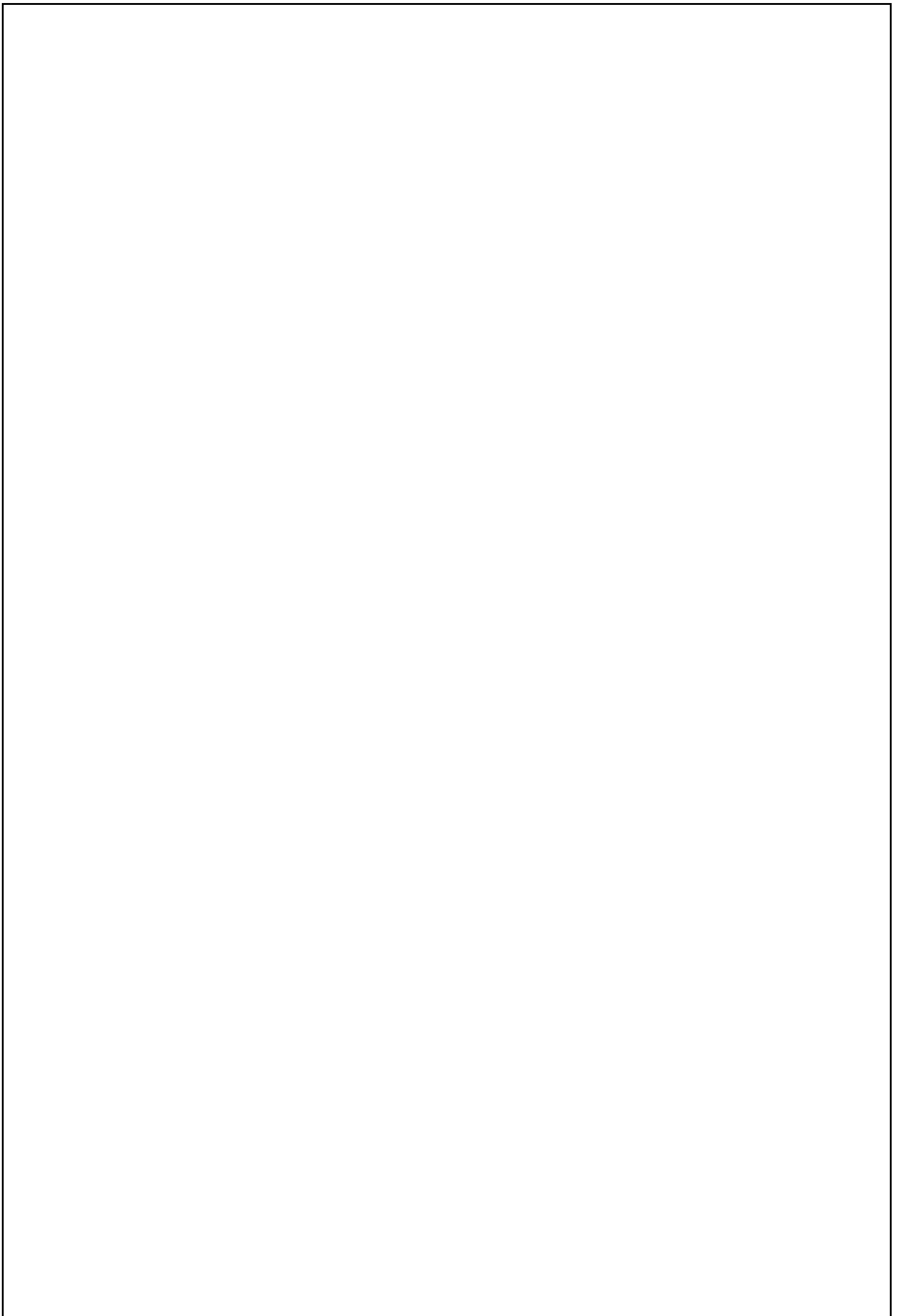
Gambar		Hal.
1.1.	Remodeling pada kranial vault.	10
1.2.	Pertumbuhan dan perluasan kranial vault menyebabkan tulang lebih rata.	10
1.3.	Perluasan lobus frontal menyebabkan pertumbuhan anterior tulang frontal. Resorpsi terlihat di fossa, deposisi di permukaan ektokranial	14
1.4.	Pola resorpsi fossa kranial dengan resorpsi 16 dan pendalaman daerah foramen magnum. Deposisi terjadi di permukaan ektokranial. Aktivitas proliferasi di sinkondrosis mengarah ke pertumbuhan basis kranial ke arah depan.	
1.5.	Pertumbuhan matriks jaringan lunak menyebabkan perluasan basis kranial. Perluasan lobus serebral menyebabkan terdorongnya struktur kerangka bagian tengah ke atas, dan deposisi berikutnya di daerah ini. Foramen basis kranial mempertahankan kontak dengan strukturnya masing-masing.	17
1.6.	Pertumbuhan saat sinkondrosis dengan gaya yang memisahkan jaringan.	20
1.7.	Gambaran pertumbuhan posterior pada tuberositas (A) dan perpindahan anterior (B).	25
1.8.	Terdorongnya kompleks nasomaksila ke bawah dan ke depan dengan deposisi adaptif sekunder pada sutura.	25

## Daftar Gambar

Gambar		Hal.
1.9.	Pola remodeling permukaan anterior maksila.	28
1.10.	Daerah yang lebih gelap adalah daerah deposisi dan daerah yang lebih terang bersifat resorptif.	29
1.11.	Perbedaan remodeling pada permukaan anterior rahang atas, pembalikan berada pada key ridge. Bagian di daerah 'B' cekung dan resorptif sedangkan bagian 'A' tumbuh dengan deposisi periosteal.	29
1.12.	Pertumbuhan ke bawah dan perluasan palatum dalam bentuk V akibat deposisi di palatal.	32
1.13.	Remodeling tulang zygoma. Resorpsi terlihat jelas di permukaan anterior dan medial dan deposisi di permukaan posterior dan lateral. Zygoma menunjukk lateral, ada peningkatan lebar interzygoma.	33
1.14.	Remodeling orbita dan rongga hidung.	36
1.15.	Pertumbuhan mandibula menurut prinsip V.	40
1.16.	Remodeling Ramal: Konsep Hunterian.	41
1.17.	Remodeling terkait dengan penegakan ramal.	41
1.18.	Ramus: Penegakan dan arah rotasi.	44
1.19.	Foramen mandibula berpindah ke posterior untuk mempertahankan posisinya di ramus.	44
1.20.	Proses koronoid sebagaimana V yang berkembang. Tumbuh secara medial dan vertikal.	45

## Daftar Gambar

<b>Gambar</b>		<b>Hal.</b>
1.21.	Pola aposisi / resorpsi mandibula.	46
1.22.	Area yang lebih terang adalah deposit dan area yang lebih gelap bersifat resorptif.	46
1.23.	Resorpsi panah biru, deposisi panah merah.	46
1.24.	Simfisis. Deposisi pada permukaan lingual dan resorpsi pada permukaan labial alveolar.	48
1.25.	Deposisi pada dagu untuk menonjolkannya.	48
1.26.	Kondilus seperti V yang mengembang dengan deposisi pada aspek dalam dan resorpsi pada aspek luar V.	48
1.27.	Leher kondilus Resorpsi dan deposisi terjadi pada permukaan bukal dan lingual.	49
1.28.	Tuberositas lingual, permukaan deposisi.	51
1.29.	Pertumbuhan arah posterior dari tuberositas lingual akibat deposisi.	51
1.30.	Prinsip banding Enlow.	53
2.1.	Arah pertumbuhan kondilus dan rotasi pertumbuhan mandibula.	72
2.2.	Rotasi pertumbuhan mandibula mencerminkan rasio antara tinggi muka anterior dan posterior, di sini ditunjukkan relatif terhadap bidang Frankfort.	73
2.3.	Rotasi pertumbuhan ke depan.	75
2.4.	Rotasi pertumbuhan ke belakang.	75



# Daftar Tabel

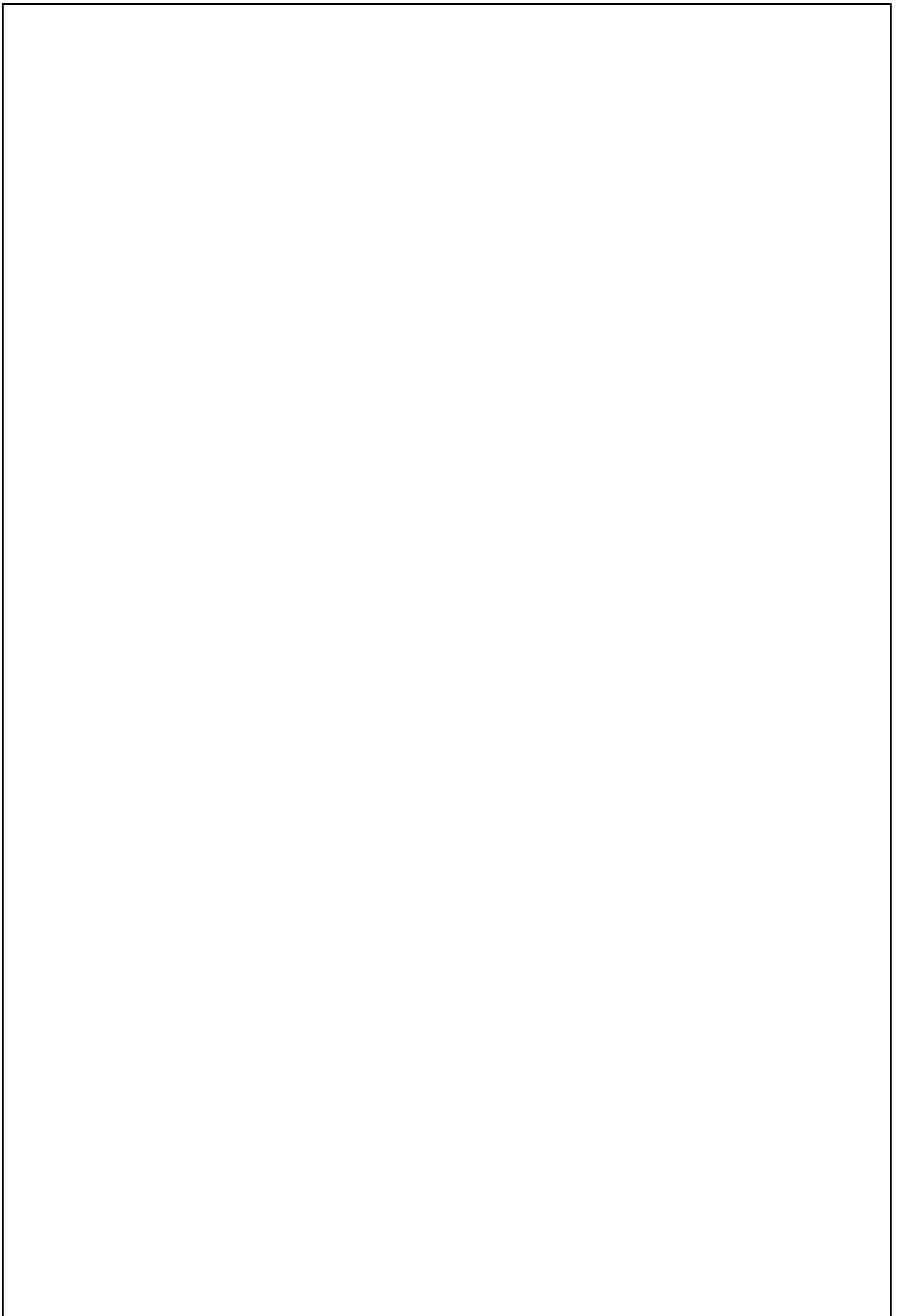
**Tabel**

**Hal.**

2.1.

Penurunan tingkat pertumbuhan orang dewasa

77





# **POLA PERTUMBUHAN TULANG KRANIOFASIAL SETELAH KELAHIRAN**

Tulang wajah manusia itu unik; kraniofasial terdiri dari 22 tulang, 8 kranial dan 14 tulang wajah termasuk mandibula, tulang wajah yang dapat bergerak. Pertumbuhan tulang kraniofasial postnatal merupakan hal yang menarik untuk dipelajari karena pola *remodeling* wajah yang sangat terprogram, selektif dan spesifik. Wajah bayi hampir bulat, panjang dan lebarnya hampir sama dan rasio kranium : wajah adalah sekitar 1:8. Wajah tampak melipat masuk dibawah tulang tengkorak saat lahir, dan dengan adanya pertumbuhan akan lebih keluar dari kranium. Seiring bertambahnya usia, peningkatan pada panjang wajah lebih banyak dari dimensi lainnya (lebar dan kedalaman) yang tampak pada rata-rata individu, tinggi wajah dua kali lipat dari yang sebelumnya pada periode segera postnatal. Pola *remodeling* sangat spesifik; struktur seperti tulang zygoma, dagu, lengkung super silia menjadi



*Pertumbuhan Kraniofasial setelah Kelahiran*

lebih menonjol seiring bertambahnya usia. Pola aposisi/resorpsi berfungsi untuk pencapaian bentuk wajah dewasa. Pertumbuhan wajah tidak hanya spesifik tetapi juga memiliki perbedaan dan mengikuti suatu pola. Pola pertumbuhan sefalokaudal juga terlihat di wajah, terdapat peningkatan sumbu pertumbuhan seiring bertambahnya usia seseorang; kranial menyelesaikan pertumbuhan lebih cepat dari basisnya. Demikian pula, maksila selesai lebih awal, tetapi mandibula meskipun selesai pertumbuhannya lebih terlambat, memiliki potensi yang lebih baik untuk modifikasi pertumbuhan.

Pola keturunan pada bentuk wajah merupakan pola keturunan, dimana peningkatan ukuran lobus frontal bertanggung jawab untuk menentukan fitur yang unik pada manusia, yaitu dahi. Pertumbuhan lobus temporal menyebabkan perubahan arah orbita dari lateral ke depan, dan selanjutnya, dua tulang wajah yang menonjol, maksila dan mandibula arahnya menjadi ke arah bawah. Wajah manusia bagian tengah dan bagian bawah datar, dengan dahi baru pada manusia.

Pertumbuhan wajah postnatal telah diteliti dan dipelajari secara sistematis secara regional. Tulang kraniofasial dapat dibagi menjadi tulang kranial dan tulang wajah. Kranium, dapat dibagi menjadi kranial vault dan basis kranial sementara tulang wajah dapat dipelajari menjadi kompleks nasomaksila, mandibula, dan sendi temporomandibula.





### 1.1. Pertumbuhan Kranial Vault/Kalvaria Postnatal

Kranial vault atau desmokranium terbentuk dari 8 tulang (2 parietal; 1 oksipital; 1 frontal; 2 sphenoid (bagian dari *the greater wing/ali-sphenoid*); 2 temporal). Osifikasi tulang desmokranium bersifat intramembran. Saat lahir, ukuran kranial vault 63 persen dari ukuran dewasa mereka, suturnya terbuka lebar, korteksnya tipis dan area kontak tulang hanya memiliki lapisan fibrous yang merupakan perpanjangan periosteum. Mereka disebut fontanel. Secara keseluruhan terdapat enam fontanel, anterior: di pertemuan antara tulang frontal dan parietal, posterior: di pertemuan tulang oksipital dan parietal, posterolateral: di pertemuan tulang temporal, tulang oksipital dan parietal, anterolateral: di pertemuan frontal, parietal, temporal dan *greater wing* dari sphenoid. Penutupan fontanel (osifikasi membran) selesai dalam waktu yang berbeda-beda: posterior saat lahir, anterior sekitar tahun pertama, anterolateral sekitar 15 bulan dan posterolateral sekitar 1 1/2 tahun. Fontanel-fontanel tersebut merupakan hal alamiah yang memastikan jalan keluar yang mulus dari kepala janin yang relatif lebih besar dari saluran vagina. Fontanel-fontanel tersebut dapat diraba saat masih bayi. Fontanel- fontanel tersebut juga memfasilitasi pertumbuhan otak postnatal. Jaringan saraf tumbuh paling banyak selama delapan tahun pertama kehidupan setelah hampir tidak ada pertumbuhan. Synostosis atau sutura yang menyatu dan tidak adanya fontanel menghambat pertumbuhan otak dan penelitian telah menunjukkan



bahwa pemisahan dengan melakukan pembedahan synostotik pada sindrom tertentu mendorong pertumbuhan otak. Ketika otak bertumbuh, tulang-tulang kranium vault secara pasif menjadi sebuah ruang dengan pemisahan sutura. Untuk mempertahankan kontak dengan tulang yang berdekatan, jaringan osteogenik mengisi tepi sutura, remodeling terjadi dengan aposisi/resorpsi.

Korteks itu tipis dan bagian dalam dan luar dari lempeng tulang desmocranium dekat satu sama lain dan sejajar saat lahir. Dengan pertumbuhan dan remodeling bertahap, ketebalan tulang kranium vault bertambah; terdapat pembentukan sinus frontalis, peningkatan lebar antara tabula, dan pembentukan diploe antar sisi. Permukaan bagian dalam/endokraniel dari kranial vault lebih dipengaruhi oleh otak yang bertumbuh daripada tabula eksterna yang lebih dipengaruhi secara mekanis oleh tekanan fungsional yang mengarah ke pneumatisasi dari tengkorak.

Sutura kedua membantu dalam pertumbuhan desmocranium. Kranial vault bertambah panjang dengan pertumbuhan basis kranial yang aktif merespon sutura, khususnya sutura koronal dan lambdoid. Peningkatan lebar ini disebabkan oleh osifikasi di daerah interparietal, parietosphenoidal, parietotemporal, dll. Tepi-tepi pada sutura awalnya relatif halus tetapi, seiring berjalannya waktu, ketika sutura menyatu mereka menjadi lebih tumpang tindih. Sekitar 90 persen pertumbuhan akan selesai pada usia 5 hingga 8 tahun tetapi sutura midsagital atau interparietal tetap paten sampai dekade ketiga kehidupan.



Peningkatan tinggi disebabkan oleh pertumbuhan sutura parietal yang berartikulasi dengan tulang oksipital, temporal dan sphenoid.

Menurut Wagemans (AJO 1988), sutura merujuk pada "seluruh kompleks jaringan seluler dan fibrous yang terletak di antara dan mengelilingi tepi yang berlawanan dari dua tulang tengkorak dan termasuk tepi tulang". Tahapan pengembangan sutura disampaikan oleh Pritchard, Scott dan Girgis. Tahapan tersebut antara lain:

1. Tahap mendekati tepi tulang.
2. Tahap pertemuan tepi tulang.
3. Tahap pertumbuhan awal.
4. Tahap pertumbuhan akhir.
5. Tahap dewasa.

Weinmann dan Sicher berhipotesis bahwa sutura terdiri dari tiga lapis; dua lapisan perifer dari jaringan ikat padat di dekat tulang dan satu lapisan terdiri dari sel-sel di antara dua lapisan tersebut. Pritchard, Scott dan Girgis memberi sanggahan dengan mengklaim bahwa sutura terdiri dari lima lapis:

1. Dua lapisan kambial di dekat tepi tulang (seluler).
2. Dua lapisan kapsuler fibrous.
3. Zona tengah yang kaya akan vaskularisasi.

Dua lapisan pertama berdekatan dengan periosteum tulang. Populasi sel paling banyak terdiri dari sel osteositik dan fibrositik. Pada tingkat makroskopik, sutura dapat memiliki kontak antar ujung ke ujung atau mungkin bisa tumpang tindih. Sutura ujung ke ujung atau sutura bidang datar ditemukan di sistem sutura sagital dari tengkorak. Sutura yang tumpang tindih juga ditemukan di tengkorak. Sutura bersifat sangat



adaptif, bahkan pemberian tegangan gaya geser dan tekan dapat menyebabkan pembentukan tulang rawan sekunder di sutura. Perubahan adaptif yang terjadi pada sutura terhadap tegangan mekanis yang diberikan telah dirangkum oleh Linge. Menurut Linge, gaya yang diberikan pada sutura pertama-tama diwujudkan sebagai deformasi (mekanis) dan kemudian menjadi aktivitas seluler. Menurutnya, gaya mekanik eksternal merupakan gaya primer. Ketika gaya tersebut diterapkan pada kerangka kraniofasial, gaya diserap dan serangkaian gaya sekunder diproduksi setelahnya. Gaya sekunder ini memicu serangkaian reaksi mekanis seperti deformasi jaringan, perpindahan, dll. Reaksi mekanis mengarah ke respon biologis. Transduksi gaya menjadi aktivitas seluler dijelaskan melalui efek piezoelektrik. Distorsi membran sel menyebabkan perubahan tingkat cAMP dalam sel yang berhubungan dengan perubahan laju deposisi / resorpsi.

Pertumbuhan sutura adalah mekanisme sekunder dan adaptif terhadap pertumbuhan dari tulang. Sutura adalah daerah pertumbuhan. Pertumbuhan jaringan saraf hampir selesai dalam 8 tahun, sehingga sutura kranial vault berhenti mengisi tulang secara aktif setelah 15 tahun. Remodeling kortikal, peningkatan dimensi (pneumatisasi) sinus, aposisi di sisi anterior tulang frontal, adalah beberapa aktivitas pertumbuhan yang terlihat setelah 15 tahun.



Jelas bahwa kranial vault mengikuti pertumbuhan otak, mendekati kurva saraf di kurva pertumbuhan Scammon; kranial vault menyelesaikan pertumbuhan maksimalnya cukup awal dalam kehidupan setelah mencapai plateau. Fusi prematur dari sutura terlihat pada kraniosostenosis di mana otak yang sedang tumbuh memberikan tekanan yang menyebabkan bola mata menonjol keluar, dan tekanan intrakranial yang ekstrim.

Peningkatan ukuran desmokranium sejalan dengan pertumbuhan otak. Otak tidak bersentuhan langsung dengan permukaan endokranial dari kranial vault. Otak tertutup di dalam meninges; demikian pula kranial vault juga tertutup oleh selaput osteogenik. Pertumbuhan jaringan saraf menyebabkan perpindahan pasif tulang kalvaria ke arah luar. Semua tulang dipindahkan ke dalam ruang dan tertutup dalam matriks kapsulnya, kapsul neurokranial (periosteum, leptomeninges, otak menurut Moss). Harus diingat bahwa ini bukanlah pertumbuhan aktif (perpindahan primer) dari tulang itu sendiri; namun itu adalah perpindahan tulang sekunder karena perluasan matriks kapsul yang menyebabkan pertumbuhan desmokranium. Tulang kalvaria tertanam di dalam kapsul. Perpindahan mengarah pada pemisahan sutura yang menciptakan ketegangan di tepi sutura. Ujung sutura ini menerima deposisi tulang baru. Osteoblas melapisi tepi sutura dan deposisi tulang di daerah dekat ujung sutura dan dimulainya mempertahankan kontak dari tulang yang berdekatan. Dengan demikian, pertumbuhan sutura bukanlah



pendorong utama sebagai alasan pertumbuhan tulang, dengan kata lain sutura bukanlah pusat pertumbuhan tetapi daerah pertumbuhan aktif. Baume mendefinisikan tempat pertumbuhan sebagai "daerah periosteal atau pembentukan tulang sutura dan terjadinya resorpsi, adaptif terhadap pengaruh lingkungan". Berdasarkan definisi tersebut, jelas bahwa sutura memang merupakan daerah pertumbuhan, studi eksperimental juga telah membuktikan dengan pasti bahwa jaringan sutura ketika ditransplantasikan secara subkutan gagal untuk tumbuh secara mandiri. Mereka tidak memiliki potensi genetik intrinsik untuk menjadi pusat pertumbuhan. Koski mendefinisikan pusat pertumbuhan sebagai tempat osifikasi endokondral dengan kekuatan pemisahan jaringan, yang berkontribusi pada peningkatan massa rangka. Definisi ini menyiratkan bahwa kekuatan pemisahan jaringan yang disebabkan oleh proliferasi sel adalah potensi genetik intrinsik.

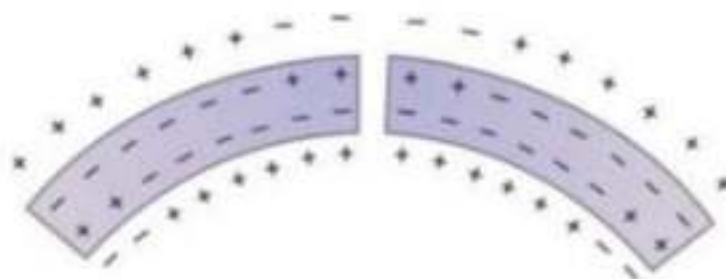
Sutura hanya memiliki tipe pertumbuhan sekunder dan adaptif. Sutura sangat responsif terhadap pengaruh lingkungan eksternal. Ujung sutura dari tulang kranial yang rata, relatif lembut saat lahir. Dengan bertambahnya usia dan remodeling, sutura menjadi bergerigi. Dalam beberapa kasus, spikula tulang dapat terbentuk di antara dua tulang yang terikat oleh sutura, ini disebut *wormian bones*. Deposisi tidak hanya terlihat di ujung sutura tetapi juga di daerah fontanel.



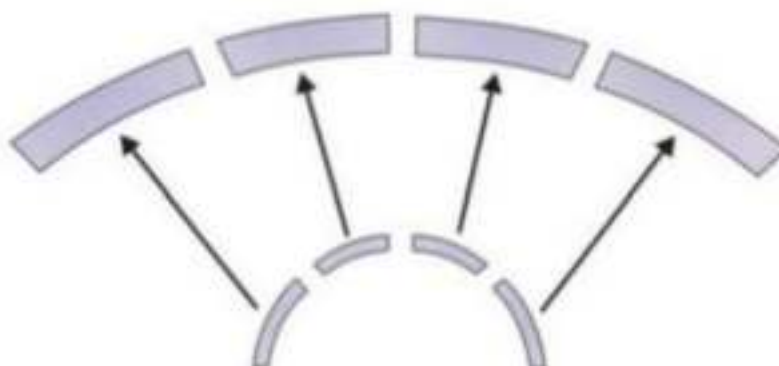
Tulang kalvaria tidak hanya tumbuh dengan osifikasi yang bersifat menimbun pada sutura tetapi juga dengan remodeling. Permukaan endokranial dan ektokranial mengalami aposisi saat kalvarium mengembang seiring dengan pertumbuhan otak (Gambar 1.1). Permukaan endosteal mengalami resorpsi, awalnya korteksnya tipis dengan tabel bagian dalam dan luar mendekati satu sama lain dan sejajar. Resorpsi permukaan endosteal bertanggung jawab untuk pembentukan *diploe* di dalam tulang kalvaria. Gagasan memperluas otak yang menyebabkan pertumbuhan tulang kranial mungkin salah menyebabkan resorpsi permukaan endokranial kalvaria tetapi telah terbukti bahwa permukaan endokranial dan ektokranial menerima deposisi tulang. Hanya permukaan endosteal dari tabula interna dan tabula eksterna yang mengalami resorpsi. Ketebalan korteks meningkat seiring dengan peningkatan ruang medula. Ujung sutura adalah daerah deposisi yang menyebabkan peningkatan ukuran keseluruhan tulang individu. Saat *remodeling* berlangsung, kurvatura tulang berkurang dan tulang menjadi lebih rata (Gambar 1.2). Demikian pula, permukaan anterior tulang frontal di regio supraorbital rim mengalami aposisi tulang. Proses ini menonjolkan arkus supersilia. Permukaan endosteal tulang frontal mengalami resorpsi yang memperluas daerah sinus frontal. Perbedaan mendasar dalam morfologi permukaan endosteal dari kranial vault dan dasarnya telah dikaitkan dengan penyebab kranial vault menjadi daerah deposisi dan daerah dasarnya adalah bagian



resorptif. Basis kranial terbentuk dari fossa endokranial yang menjadi pelindung bagi lobus serebral sehingga menahan beratnya. Pertumbuhan di sutura tidak sama di seluruh kranium vault. Pertumbuhan di perifer (zona terluar) dekat kalvaria jauh lebih banyak daripada pertumbuhan di inti batang otak. Selain itu, pertumbuhan sutura lebih tinggi pada ketinggian kalvaria dan secara bertahap menurun saat sutura mendekati daerah basis kranial.



**Gambar 1.1.** *Remodeling* pada kranial vault. Perhatikan aposisi pada permukaan ekto dan endokranial. Resorpsi terjadi di permukaan endosteal, dan pembentukan *diploe* (Premkumar, 2011).



**Gambar 1.2.** Pertumbuhan dan perluasan kranial vault menyebabkan tulang lebih rata (Premkumar, 2011).





## 1.2. Basis Kranial

Dasar basis kranial dibentuk melalui osifikasi endokondral. Dalam kehidupan prenatal, dasar tengkorak adalah bagian besar tulang rawan yang tidak beraturan. Permukaan endokranial dasar tengkorak tidak rata, tidak seperti kranial vault; terbagi menjadi fossa kranial anterior, tengah dan posterior oleh elevasi tulang. Fossa kranial anterior berada pada tingkat yang lebih tinggi dari pada fossa kranial tengah yang pada gilirannya berada pada tingkat yang lebih tinggi dari pada fossa kranial posterior. Perbedaan fungsional antara basis kranial dan kranial vault sangat berbeda, fungsi umumnya adalah perlindungan otak. Basis kranial: (i) Membentuk semua lobus otak besar; (ii) Menanggung beban dari otak yang berkembang pesat; (iii) Menyediakan jalan untuk keluarnya semua saraf kranial dan pembuluh darah memasuki otak; (iv) Memberikan dorongan untuk pertumbuhan anterior kerangka wajah. Posisi bipedal manusia dikaitkan dengan lekukan basis kranial. Fossa kranial tengah dan posterior merupakan daerah bersudut, keseluruhan basis kranial tampak telah tertekuk di clivus. Angulasi clivus sekitar  $65^{\circ}$ . Lekukan basis kranial telah membuka jalan untuk perubahan arah perkembangan wajah dari arah depan ke bawah. Lekukan tersebut juga bertanggung jawab atas gerakan anterior dan inferior pada bagian tengah wajah.

Digambarkan dengan jelas batas-batas di ketiga fossa tersebut. Fossa kranial anterior dan tengah oleh *lesser wing of sphenoid*; fossa kranial tengah dan posterior oleh petrous



temporal; fossa anterior kiri dan kanan di dekat *midline bony ridge*; fossa kranial tengah kanan dan kiri oleh badan sphenoid; fossa kranial posterior kanan dan kiri oleh clivus, foramen magnum, *midventral bony ridge*; dan rongga hidung kanan dan kiri dipisahkan oleh krista galli. Semua fossa bersifat resorptif dan elevasinya merupakan daerah deposisi. Basis kranial juga merupakan tempat sejumlah sinkondrosis. Berbagai sutura berkontribusi pada pertumbuhan tulang adaptif. Sangat mudah untuk memahami bahwa remodeling sutura tidak akan cukup untuk mengkompensasi lobus yang membesar secara masif. Sutura diketahui tidak tahan di bawah tekanan dan berat dari lobus yang ditopang oleh basis kranial memberikan tekanan pada sutura. Oleh karena itu, pertumbuhan basis kranial disebabkan sebagai berikut,

(i) Pergeseran tulang karena perluasan lobus otak dan pertumbuhan saat sinkondrosis; (ii) Osifikasi sekunder yang mengisi sutura (memainkan peran kecil); dan (iii) Remodeling kortikal. Jelas sekali bahwa semua sinkondrosis terkonsentrasi pada *midline* basis kranial; karenanya pemanjangan di *midline* saja dikontribusikan oleh sinkondrosis. Orientasi sel tulang rawan dari sinkondrosis spheno-oksipital juga merupakan bukti bahwa hanya pertumbuhan anteroposterior di *midline* basis kranial yang disumbangkan oleh sinkondrosis. Ekspansi lateral sebagian besar disebabkan oleh ekspansi lobus otak.

Fossa kranial anterior dibentuk oleh lapisan orbita dari tulang frontal dan krista galli. Pertumbuhan otak depan pada tahap

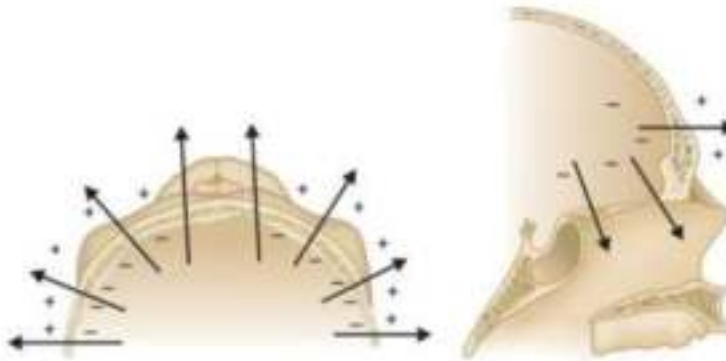


awal pertumbuhan menyebabkan perpindahan sekunder anterior tulang frontal (dinding anterior fosa kranial anterior). Terdapat resorpsi di dasar fosa kranial anterior untuk mengakomodasi pertumbuhan otak dan kompensasi deposisi pada bagian atap orbita (Gambar 1.3). Perpindahan tulang ini menggeser seluruh tulang termasuk tabula eksterna dan interna. Pola aposisi dan resorpsi merupakan kebalikan dari pola saat prenatal. Pada masa janin, terjadi pertumbuhan bola mata yang cepat dengan lobus frontal yang lebih terlambat. Deposisi terjadi di basis kranial dan resorpsi terjadi di atap orbita. Setelah lahir, lobus frontal mengejar dan melampaui matriks orbita, sehingga memutarbalikkan remodeling kortikal. Orbita berkembang seperti 'V' yang mengembang dengan deposisi dibagian dalam dan resorpsi di luar 'V'. Setelah usia delapan tahun, pertumbuhan otak depan berhenti dan selanjutnya adalah pembentukan kembali kortikal. Ada resorpsi di permukaan endosteal tabula eksterna dengan deposisi di sisi periosteal. Deposisi menonjolkan arkus supersiliari. Sinus frontal juga berkembang dalam prosesnya. Perpindahan belahan tulang dan menciptakan ketegangan pada sutura yang menyebabkan osifikasi bagian dalam. Sutura tersebut antara lain frontotemporal, sphenofrontal, dll. Perpanjangan fosa kranial anterior secara langsung disebabkan oleh pertumbuhan matriks fungsional. Area yang menampung lobus olfaktori (dekat ujung anterior di kedua sisi garis tengah) bersifat resorptif dan *central midline ridge* adalah daerah deposisi (krista galli).

Permukaan



ektokranial basis kranial adalah tempat deposisi. Pertumbuhan tidak hanya ke arah anterior tetapi juga ke arah lateral dan ke bawah.



**Gambar 1.3.** Perluasan lobus frontal menyebabkan pertumbuhan anterior tulang frontal. Resorpsi terlihat di fossa, deposisi di permukaan ektokranial (Premkumar, 2011).

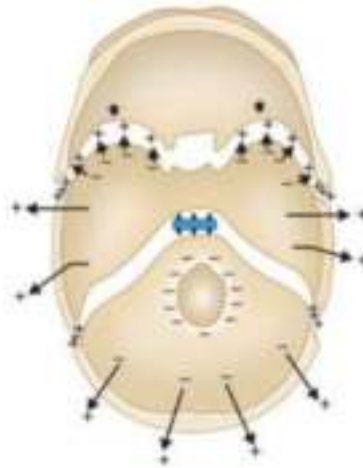
Lobus temporalis terletak di fossa kranial bagian tengah dari kedua sisi *midline*. Struktur *midline* seperti pons, *midbrain*, hipofisis, medula, dll. tumbuh lebih lambat daripada lobus serebral. Lobus frontal dan temporal tumbuh dan berkembang, saling bergeser satu sama lain ke arah yang berlawanan tetapi pertumbuhan sebenarnya terjadi pada anterior dan inferior. Pertumbuhan lobus temporal diadaptasi oleh resorpsi dinding anterior fossa kranial tengah, dasar fossa dan dinding lateral. Sebagai gantinya, permukaan orbita sphenoid dan permukaan ektokranial dari fossa kranial bagian tengah adalah tempat deposisi. Pertumbuhan kedua lobus temporal mendorong *midline bone* (sphenoid); *midline bony ridge* adalah daerah deposisi (Gambar 1.4). Petrous temporal juga merupakan tempat deposisi. Remodeling memperdalam fossa yang membantu mengakomodasi otak yang membesar. Pertumbuhan lobus temporal, melekat pada



masing-masing fosa kranial oleh jaringan fibrous, berlanjut ke periode pertumbuhan lobus frontal maka pertumbuhan lobus temporal tidak hanya mendorong fosa kranial tengah ke luar tetapi juga fosa kranial anterior, kompleks nasomaksila dan mandibula (Gambar 1.5). Efeknya sangat terlihat di awal kehidupan ketika berkembangnya kedua lobus yaitu frontal dan temporal. Kompleks nasomaksila diposisikan sedemikian rupa sehingga ujung posteriornya berada pada garis PM, yang bertepatan dengan persimpangan fosa kranial anterior dan tengah. Kompleks menerima perpindahan sekunder positif karena pertumbuhan fosa kranial tengah. Perpindahan tulang kranial dikaitkan dengan tegangan pada sutura dan osifikasi bagian dalam. Proses perpindahan sekunder dan perubahan adaptif dalam sutura memastikan bahwa ukuran tulang secara keseluruhan bertambah dan berpindah ke posisi baru dengan tetap mempertahankan hubungannya dengan tulang yang berdekatan. Lapisan sinus sphenoid bersifat resorptif, sehingga ukurannya bertambah seiring bertambahnya usia. Bagian petrous tulang temporal lebih banyak tersimpan di permukaan medial daripada lateral. Jadi pertumbuhan lobus temporal menyebabkan pertumbuhan fosa kranial tengah ke arah anterior, inferior dan lateral. Bagian sebelumnya pada fosa kranial anterior dan tengah menjelaskan bahwa bukan hanya sinkondrosis spheno-oksipital yang semata-mata bertanggung jawab atas pertumbuhan basis kranial anterior



dan inferior. Perpindahan akibat pertumbuhan matriks fungsional merupakan kontribusi penting.

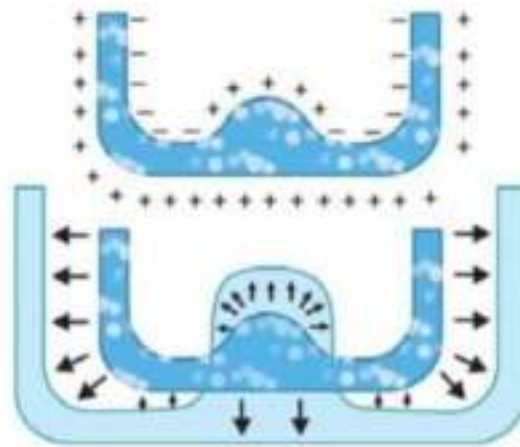


**Gambar 14.** Pola resorpsi fossa kranial dengan resorpsi dan pendalaman daerah foramen magnum. Deposisi terjadi di permukaan ektokranial. Aktivitas proliferaatif di sinkondrosis mengarah ke pertumbuhan basis kranial ke arah depan (Premkumar, 2011).

Basis kranial berlubang untuk lewatnya pembuluh darah dan saraf. Orang mungkin bertanya-tanya bagaimana posisi pembuluh darah dengan masing-masing lobus dipertahankan di fossa kranial yang terus membesar. Saat fossa kranial berubah bentuk, ia dipindahkan ke lokasi baru. Dengan demikian, posisi saraf dan pembuluh darah tetap terjaga (Gambar 1.5). Fossa kranial posterior menampung lobus oksipital dan serebelum. Salah satu struktur terpenting di *midline* fossa kranial posterior adalah clivus. Struktur tersebut merupakan tulang yang miring dengan sinkondrosis. Kemiringan clivus tersebut bertanggung jawab untuk pertumbuhan anterior dan ke depan dari basis kranial. Ini menggeser kompleks nasomaksila ke bawah dan ke depan. Perluasan lobus serebral menyebabkan perpindahan tulang



okspital mirip dengan yang ada di fossa kranial anterior dan tengah. Ada pertumbuhan tulang yang disesuaikan dengan tegangan pada sutura. *Remodeling* kortikal secara ekstensif memperdalam daerah fossa kranial posterior dan merelokasi foramen magnum lebih ke bawah.



**Gambar 1.5.** Pertumbuhan matriks jaringan lunak menyebabkan perluasan basis kranial. Perluasan lobus serebral menyebabkan terdorongnya struktur kerangka bagian tengah ke atas, dan deposisi berikutnya di daerah ini. Foramen basis kranial mempertahankan kontak dengan strukturnya masing-masing (Premkumar, 2011).

Sinkondrosis adalah jenis sendi tulang rawan yang tidak dapat digerakkan di mana tulang rawan hialin terpisah dan kemudian diubah menjadi tulang. Di basis kranial, terlihat empat jenis sinkondrosis antara lain intersphenoidal, interethmoidal, sphenothmoidal dan sphenoksipital atau basioksipital. Sinkondrosis merupakan sisa-sisa tulang rawan dari kehidupan prenatal. Sinkondrosis ibarat dua lempeng epifisis yang disandingkan satu sama lain sehingga pertumbuhan pada



sinkondrosis akan menjadi dua kali lipat dari pada lempeng epifisis.

Sinkondrosis sphenoccipital mulai menyatu pada usia 13-15 tahun dan pada 20 tahun akan benar-benar menyatu. Sinkondrosis interoccipital menutup pada tahun kelima, dan intersphenoid saat lahir. Sinkondrosis sphenothmoidal menyatu pada usia 5-20 tahun. Sebelumnya, pertumbuhan basis kranial hanya disebabkan oleh sinkondrosis. Pada postnatal, fossa kranial anterior menyelesaikan pertumbuhannya selama 8-9 tahun kehidupan. Dengan kata lain, sinkondrosis sphenothmoidal juga bergabung di sekitar periode gigi bercampur. Hanya sinkondrosis sphenoccipital yang jelas memiliki pertumbuhan yang cukup nyata.

Sinkondrosis terdiri dari lapisan tengah sel tulang rawan kecil, dengan zona proliferaatif, zona hipertrofik, dan zona osifikasi endokondral di kedua sisinya. Bertambahnya usia juga berpengaruh pada sinkondrosis. Lapisan tengah dari sel sangat lebar dan kaya akan seluler, susunannya sangat teratur dan tegak lurus dengan sumbu panjang clivus disertai sel yang memanjang saat lahir. Seiring bertambahnya usia, daerah seluler berkurang. Terjadi peningkatan lebar zona proliferaatif dan hipertrofik hingga usia 3 sampai 4 tahun, setelah itu berkurang. Jumlah sel di zona proliferaatif menjadi sedikit pada periode fusi sinkondrosis. Perubahan zona hipertrofik pada tahap ini adalah hilangnya keteraturan pengaturan seluler. Kumpulan serat kolagen terdapat pada perikondrium yang kepadatannya meningkat pada usia 6

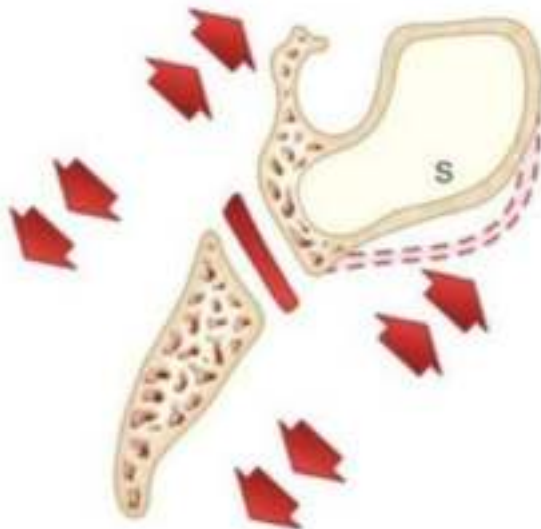




hingga 7 tahun. Bagian atas sinkondrosis sangat berserat dengan jumlah sel yang sedikit. Pengerasan endokondral dimulai dari semua sudut sinkondrosis, anterior, posterior dan lateral. Pengerasan dimulai pada usia 12 hingga 13 tahun, tetapi seluruh sinkondrosis tidak mengeras sebelum usia 16 hingga 17 tahun. Ada tahapan dalam pengerasan tulang rawan hialin yang digambarkan sebagai transformasi asbestos yang menandai degenerasi sinkondrosis. Pembentukan asbestos adalah tanda bahwa pertumbuhan telah berhenti dan osifikasi akan segera dimulai. Penghubungan sinkondrosis terjadi dalam satu tahun pembentukan asbestos. Semua perubahan seluler terlihat jelas pada arah anteroposterior sinkondrosis, sementara permukaan endokranial dari clivus itu sendiri resorptif karena tekanan yang didapatkan dari otak yang sedang bertumbuh. Deposisi terjadi di permukaan ektokranial basis kranial. Sebuah studi oleh Thilander dan Ingervall (1973) menunjukkan bahwa terdapat pertumbuhan tulang rawan di sella tursika yang tampak jelas hingga tahun ketiga kehidupan. Sinkondrosis merupakan tulang rawan primer dan telah digambarkan sebagai pusat pertumbuhan sampai sekarang. Pusat pertumbuhan adalah salah satu yang menghasilkan gaya yang memisahkan jaringan dengan pertumbuhannya (Gambar 1.6). Eksperimen transplantasi dengan sinkondrosis telah membuktikan memiliki potensi genetik untuk pertumbuhan independen tetapi tidak sekuat lempeng epifisis. Sinkondrosis menanggung beban pertumbuhan otak, pertumbuhan di



sinkondrosis beradaptasi dengan tekanan seperti tulang rawan lainnya. Sebaliknya, lobus yang membesar menyebabkan perpindahan tulang yang memicu tegangan pada sutura. Dengan demikian, sutura memiliki tegangan yang telah beradaptasi dengan pertumbuhan tulang dan tulang rawan memiliki pertumbuhan tulang yang beradaptasi dengan tekanan.



**Gambar 1.6.** Pertumbuhan saat sinkondrosis dengan gaya yang memisahkan jaringan (Premkumar, 2011).

Clivus mengalami resorpsi di sisi endokranial dan deposisi di sisi ektokranial yang sehingga menjadi lebih panjang dan menyebabkan pergeseran ke arah anterior dan inferior. Pertumbuhan di sinkondrosis juga menyebabkan perpindahan ke arah anterior dan inferior. Hal ini secara sekunder memindahkan kompleks nasomaksila ke bawah dan ke depan. Perpindahan kompleks nasomaksila ke bawah menyebabkan pertumbuhan vertikal dari wajah tengah dan bawah.



Pertumbuhan panjang clivus mungkin disebabkan oleh pemanjangan pada sinkondrosis sphenoksipital. Fossa kranial posterior termasuk tepi foramen magnum mengalami *remodeling* resorptif yang menurunkan semua struktur ini. Panjang basis kranial saat lahir adalah sekitar 63 persen dari ukuran dewasa, pada tahun pertama sudah lengkap sekitar 83 persen dan pada 15 tahun, 98 persen lengkap.

Menyimpulkan pertumbuhan basis kranial, peningkatan ukuran basis kranial disebabkan oleh perpindahan primer pada tulang karena pertumbuhan matriks fungsional, yaitu lobus otak dan perpindahan linier yang disebabkan oleh pertumbuhan pada sinkondrosis terutama sphenoksipital. Perpindahan ini terkait dengan aposisi tulang terkait tegangan di sutura. Ada juga remodeling kortikal secara ekstensif dari basis kranial dengan resorpsi dan pendalaman fossa serta deposisi tulang di permukaan ektokranial.

### 1.3. Kompleks Nasomaksila

Pemahaman tentang pertumbuhan postnatal dari maksila dan mandibula menjadi mudah setelah konsep dasar pertumbuhan dipahami. Ada dua gerakan pertumbuhan dasar, pergeseran (*drift*) dan perpindahan (*displacement*). Pergeseran atau disebut remodeling kortikal. Hal ini dicapai dengan aposisi selektif dan resorpsi permukaan kortikal (baik endosteal dan periosteal). Perpindahan, pergerakan seluruh tulang, pada gilirannya



diklasifikasikan sebagai perpindahan primer dan sekunder. Perpindahan primer (translasi) adalah pergerakan tulang karena pertumbuhannya sendiri. Transformasi adalah *remodeling* kortikal yang dikatakan sebaliknya. Menurut Moyers, fungsi kompleks nasomaksila adalah:

1. Untuk menyediakan jalan napas; Dengan menjadi wadah prosesus alveolar gigi untuk menutup dan mengunyah;
2. Untuk menutup sinus, sehingga mengurangi berat tengkorak dan menambah resonansi pada suara;
3. Untuk memasukkan saraf olfaktori dan indra penciuman;
4. Untuk mengkondisikan udara yang masuk dengan lapisan mukosa.

Banyak tulang kerangka kraniofasial tumbuh sesuai dengan prinsip 'V' yang berkembang dari Enlow. Bayangkan tulang menjadi V. Aposisi tulang terjadi di sisi dalam V dan resorpsi terjadi di permukaan luar. Saat V mengembang, bagian dalam dan luar tidak hanya menempati posisi baru tetapi juga tulang secara keseluruhan bertambah besar.

Selama pertumbuhan tulang melalui perpindahan primer, seluruh tulang dipindahkan ke posisi baru tetapi diresorpsi di permukaan ke arah pertumbuhan (permukaan anterior untuk maksila), ada aposisi tulang di ujung posterior untuk mempertahankan kontak dengan tulang yang berdekatan. Ini dijelaskan menggunakan diagram skema oleh Enlow dan Bang di mana seorang pria sedang menarik gerobak dengan dinding bata di atasnya. Saat gerobak digerakkan ke depan, permukaan dinding



bata hancur di sisi arah gerakan dan dibangun pada arah yang berlawanan. Jadi untuk mengutip Enlow, "ketika tulang tumbuh dengan deposisi permukaan dalam satu arah, tulang itu secara bersamaan bergeser ke arah yang berlawanan".

Teori relokasi area oleh Enlow dan Bang menyatakan bahwa "area lokal tertentu muncul untuk menempati posisi aktual baru secara berurutan, karena seluruh tulang membesar. Pergeseran dan perubahan pertumbuhan ini melibatkan penyesuaian remodeling yang sesuai dan berurutan untuk mempertahankan bentuk, posisi relatif dan proporsi konstan dari setiap area tersendiri di maksila secara keseluruhan".

Maksila tidak dapat dianggap sebagai tulang terpisah; sebaliknya pertumbuhannya paling baik dipelajari dengan mempertimbangkan seluruh kompleks nasomaksila atau *midface*. Ini adalah sistem sutura yang kompleks di mana semua tulang bersentuhan. Sutura tersebut adalah zygomatiko-maksila, zygomatiko-temporal, zygomatiko-frontal, fronto-maksila, nasomaksila, frontonasal, intermaksila, dll. Kompleks nasomaksila terdiri dari tulang zygoma, maksila (dengan palatum), tulang hidung; bagian dari tulang frontal (atap orbita).

Gaya gerak di belakang pertumbuhan maksila telah dikaitkan dengan perpindahan primer, pertumbuhan pada sinkondrosis, sutura, tulang rawan septum, dll. Perpindahan primer maksila disebabkan oleh pertumbuhan tuberositas maksila (Gambar 1.7 A dan B). Tuberositas dianggap sebagai tempat

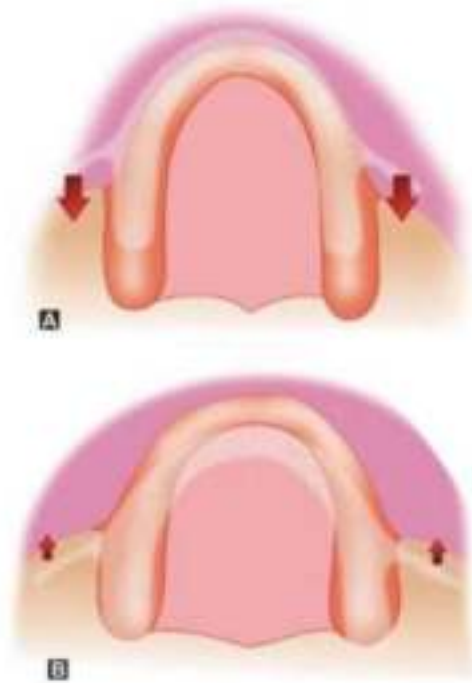


pertumbuhan utama. Deposisi kortikal di daerah ini mendorong struktur posterior dengan mendorong anterior berlawanan mengarah ke perpindahan primer. Fakta yang diterima di sini adalah bahwa tulang itu sensitif terhadap tekanan dan tidak tahan pada tekanan. Pertumbuhan posterior hanya membantu memperpanjang lengkung gigi maksila.

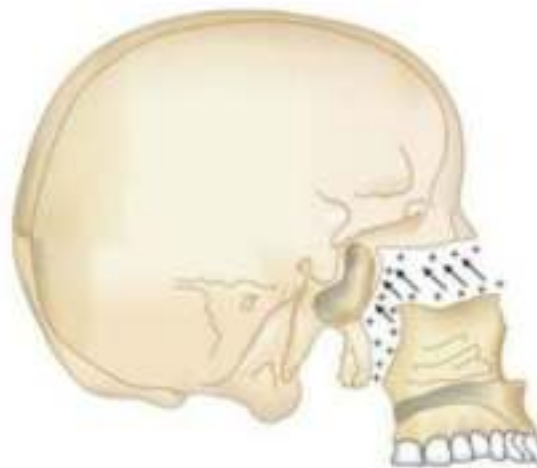
Sinkondrosis di basis kranial terutama sinkondrosis sphenoccipital tumbuh untuk memperpanjang basis kranial. Hal ini memberikan dorongan anterior ke *midface* (Gambar 1.8). Saat basis kranial tumbuh di anterior dan superior, *midface* tumbuh di anterior dan inferior. Hal ini disebut perpindahan sekunder. Tulang midfasial, dengan aposisi kortikal di ujung posterior, menjalin kembali kontak dengan basis kranial. Wajah atas tumbuh ke atas dan ke depan, serta wajah bawah tumbuh ke bawah dan ke depan sebagai V.

Teori sutura mengusulkan bahwa sutura kompleks nasomaksila merupakan pusat pertumbuhan. Proliferasi jaringan osteogenik pada sutura menyebabkan gerakan pertumbuhan yang mendorong tulang terlepas dengan pengisian setelahnya. Kita tahu bahwa sutura sensitif terhadap tekanan; oleh karena itu sutura hanya dapat bertindak sebagai pengisi pada perpindahan sekunder tetapi tidak dapat memberikan kekuatan untuk perpindahan primer tulang.





**Gambar 1.7.** (A) Gambaran pertumbuhan posterior pada tuberositas dan (B) perpindahan anterior (Premkumar, 2011).



**Gambar 1.8.** Terdorongnya kompleks nasomaksila ke bawah dan ke depan dengan deposisi adaptif sekunder pada sutura (Premkumar, 2011).

Pertumbuhan tulang rawan septum hidung dapat menyebabkan pergeseran pertumbuhan anterior kompleks. Teori oleh Scott yang mengklaim tulang rawan septum hidung sebagai



*Pertumbuhan Kraniofasial setelah Kelahiran*

pusat pertumbuhan dapat diterima. Pertumbuhan tulang rawan menyebabkan perpindahan kompleks ke anterior dan inferior, membelah sutura, tegangan di area sutura akan terisi tulang. Pertumbuhan matriks fungsional (jaringan lunak) juga dapat menggantikan maksila dalam ruangan, dengan deposisi adaptif di tepi sutura.

Pertumbuhan nasomaksila dapat dipelajari paling baik secara regional. Dimensi wajah yang menyelesaikan pertumbuhan awal adalah lebar, diikuti oleh kedalaman, dan tinggi dewasa yang dicapai terakhir. Saat lahir, perbedaan tinggi antara tengkorak dan wajah adalah 8 : 1. Saat anak tumbuh, rasionya berubah drastis karena bertambahnya kedalaman dan tinggi badan. Saat lahir, panjang wajah sama dengan lebarnya. Peningkatan panjang disebabkan oleh perpindahan tulang yang lebih rendah dan adanya pertumbuhan alveolar. Lebar wajah mengikuti kurva saraf di kurva Scammon, sedangkan kedalaman dan tinggi mengikuti pertumbuhan tubuh secara umum.

### ***1.3.1. Maxillary Complex***

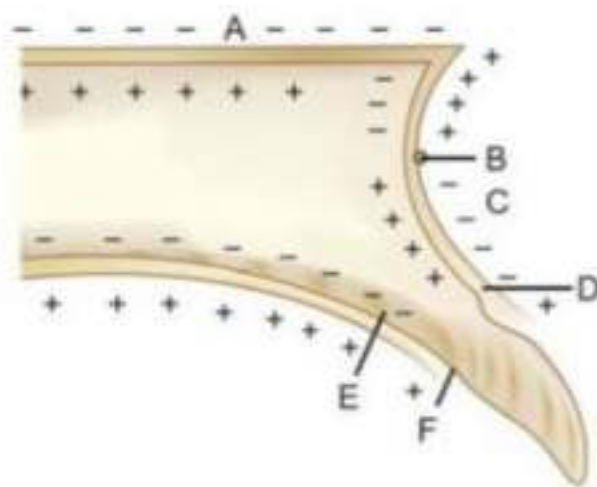
Kedua sisi maksila berartikulasi satu sama lain di *midline* sutura intermaksila. Seperti yang telah disebutkan, maksila melekat pada tulang lain dengan sistem sutura yang kompleks. Maksila tumbuh ke bawah dan ke depan sebagai respon terhadap berbagai gaya. Merupakan fakta yang mengejutkan bahwa saat rahang atas tumbuh ke depan, ujung posterior menjadi daerah





menyimpanan untuk mempertahankan kontak dengan tulang yang berdekatan tetapi seluruh permukaan anterior maksila menjadi resorptif untuk mempertahankan bentuk dan susunannya. Pertumbuhan kompleks nasomaksila postnatal dipelajari secara ekstensif oleh Enlow dan Bang dan studi mereka menjadi dasar untuk memahami topik tersebut. Deposisi tulang terlihat di seluruh aspek dalam lengkung maksila dan di tuberositas. Pada permukaan cekung anterior rahang atas, cekungan periosteal dari ANS ke titik 'A' merupakan daerah deposisi dan permukaan periosteal dari titik 'A' ke tepi alveolar bersifat resorptif (Gambar 1.9). Kebalikannya terjadi di sisi endosteal korteks, resorptif bagian atas dan deposisi bagian bawah. *Key ridge* adalah daerah penting pembalikan dan remodeling. Permukaan anterior rahang atas sampai daerah *key ridge* merupakan daerah yang resorptif dan cekung, menghadap ke bawah dan tumbuh lebih inferior. Di daerah *key ridge* (kira-kira daerah molar pertama) pembalikan terjadi (Gambar 1.10 dan 4.11), permukaan lateral maksila ke *key ridge* dan permukaan lateral tuberositas adalah daerah deposisi, tumbuh secara lateral, menghadap ke atas. Permukaan medial dari arkus zygoma bersifat resorptif dan deposisi di permukaan lateral sebagai kompensasi. Analogi dari perluasan V menunjukkan bahwa maksila tumbuh lebih ke inferior karena deposisi pada sisi dalam dari lengkung maksila dan palatum serta resorpsi di aspek luar.





**Gambar 19.** Pola remodeling permukaan anterior maksila (Premkumar, 2011).

Prosesus frontal dari maksila dan hidung yang membentuk *nasal bridge* disimpan di daerah anterior. Ini memudahkan penempatan bagian medial wajah dibandingkan dengan aspek lateral. Tepi medial orbita adalah deposisi dan resorptif tepi lateral yang menjadikan tampak lebih menonjol. Tepi pyriform bersifat resorptif. Dengan demikian, pola remodeling maksila sangat kompleks sehingga hanya terdapat variasi yang luas pada permukaan anterior saja. Meskipun *nasal bridge* menerima deposisi di permukaan anterior, lebar bridge tidak berubah banyak seiring bertambahnya usia. Aspek *nasal bridge* ini ditentukan sejak awal kehidupan dan tidak ada perubahan yang besar terhadap jarak antara *inner canthus* dengan pertumbuhan.





**Gambar 1.10.** Daerah yang lebih gelap adalah daerah deposisi dan daerah yang lebih terang bersifat resorptif (Premkumar, 2011).



**Gambar 1.11.** Perbedaan remodeling pada permukaan anterior rahang atas, pembalikan berada pada *key ridge*. Bagian di daerah 'B' cekung dan resorptif sedangkan bagian 'A' tumbuh dengan deposisi periosteal (Premkumar, 2011).

Sebagaimana lengkung gigi maksila menjadi lebih panjang dengan adanya deposisi di posterior tuberositas, permukaan lateral juga mengalami deposisi. Sinus maksilaris terletak di



permukaan medial dan resorptif di semua permukaan lainnya. Hal ini merupakan remodeling selektif sebagai kompensasi untuk fossa hidung yang meluas ke lateral. Perpanjangan lengkung gigi memungkinkan ruang untuk erupsi semua gigi geraham. Lokasi tuberositas ditandai dengan batas posterior basis kranial anterior. Ini disebut bidang *Posterior Maxillary (PM)*. Posisi batas posterior basis kranial anterior, tuberositas rahang atas serta pertemuan korpus dan ramus mandibula (tuberositas lingual) semua pada bidang PM pada akhir pertumbuhan menurut prinsip rekan banding dari Enlow / prinsip pertumbuhan seimbang.

Pertumbuhan vertikal maksila disebabkan oleh perpindahan inferior dan aposisi adaptif pada sutura. Margin alveolar maksila mengalami pertumbuhan yang sangat besar disertai erupsi gigi. Perpindahan maksila dan mandibula (primer dan sekunder) ke bawah (primer dan sekunder) meningkatkan ruang interoklusal, cukup untuk pertumbuhan alveolar dan erupsi gigi. Tinggi adalah dimensi terakhir untuk menyelesaikan pertumbuhan. Peningkatan ketinggian margin alveolar jalan bersamaan dengan erupsi gigi. Erupsi gigi berbeda dengan pergeseran (*drift*) arah vertikal. Pergeseran arah vertikal adalah gerakan gigi, soket secara bersamaan. Selama erupsi gigi, terjadi pembentukan akar yang mendorong gigi untuk tumbuh. Dalam pergeseran, jaringan periodontal juga mengalami renovasi yang ekstensif. Pergeseran arah vertikal dapat digunakan untuk menangani kasus yang berhubungan dengan masa pertumbuhan,



intrusi relatif adalah contohnya. Perpindahan vertikal primer dari kompleks maksila disertai dengan remodeling yang luas pada permukaan periosteal (deposisi) dan resorpsi pada permukaan endosteal. Ada pembentukan tulang bersamaan di semua sutura. Pertumbuhan daerah sutura dapat menyebabkan tumpang tindihnya sutura terhadap sutura lain yang dikoreksi dengan perubahan remodeling. Enlow menyatakan bahwa sutura lakrimal bertindak sebagai mediator kunci pertumbuhan karena memberikan tumpang tindih pada beberapa tulang. Tulang lakrimal berfungsi sebagai penghubung untuk kontrol lalu lintas utama dalam perkembangan sehingga tanpa 'sistem sutura perilakrimal', akan terjadi terhambatnya perkembangan.

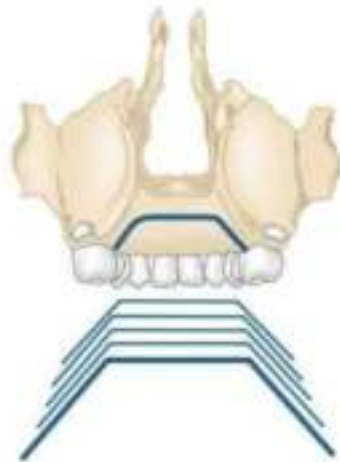
Dengan demikian peningkatan ketinggian alveolar ke bawah mungkin karena: gigi erupsi, pergeseran vertikal gigi, dan pergerakan pasif gigi-geligi bersamaan dengan rahang atas.

### **1.3.2. Palatum**

Pergeseran ke bawah dari palatum sangatlah luas. Palatum yang dangkal dari bayi baru lahir tidak dipertahankan pada orang dewasa. Ada perubahan besar dalam ukuran dan bentuk palatum dengan pertumbuhan. Palatum bayi yang baru lahir dangkal dan lengkungan gigi berbentuk tapal kuda memiliki panjang dan lebar yang sama. Seiring bertambahnya usia, palatum menerima deposisi yang luas di atasnya. Ini adalah bagian dari remodeling wajah. Dasar hidung resorptif, atap hidung adalah daerah deposisi.



Panjang dasar hidung bertambah. Bersamaan dengan resorpsi dasar hidung, atap palatal menerima deposisi tulang (Gambar 1.12). Pertumbuhan palatal dapat dijelaskan dengan bantuan perluasan V, deposisi pada aspek dalam V (atap palatal) dan resorpsi pada aspek luar (dasar hidung) memperluas V ke arah ujung terbuka. Erupsi gigi meningkatkan tinggi vertikal tulang alveolar dan kedalaman palatum, ini meningkatkan lebar tulang secara lateral sesuai dengan prinsip V; palatum tumbuh tinggi dan lebar dengan permukaan yang mengarah ke pertumbuhan yang mengalami deposisi. Terbukti adanya peningkatan lebar maksila karena prinsip V. Peningkatan lebar juga mendapat kontribusi dari aposisi pada sutura intermaksila. Sutura midpalatal, menurut Enlow, hanya berkontribusi sedikit untuk menambah lebar, jadi secara teoritis ekspansi dentoalveolar yang lambat harus memberikan tingkat stabilitas yang sama dengan RME dan ekspansi yang lambat sebenarnya dapat meningkatkan lebar lengkung. Tidak perlu pemisahan sutura.

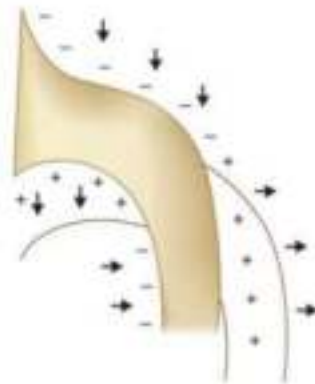


**Gambar 1.12.** Pertumbuhan ke bawah dan perluasan palatum dalam bentuk V akibat deposisi di palatal (Premkumar, 2011).



### 1.3.3. Tulang Zygoma

Saat maksila bergeser ke anterior, permukaan anteriornya resorptif, tulang zygoma bergeser ke posterior. Permukaan anterior tulang zygoma dan permukaan medial (temporal) bersifat resorptif seperti maksila. Permukaan posterior dan lateral adalah daerah deposisi (Gambar 1.13). Hal ini memperluas tulang zygoma secara bilateral, dan lebar bizygoma bertambah seiring bertambahnya usia. Tulang, secara keseluruhan, berpindah ke posterior dan remodeling hanya menambah sedemikian rupa sehingga tonjolan tulang pipi lebih mengarah ke lateral saat anak bertumbuh. Tulang pipi menjadi lebar. Volume fossa temporal meningkat. Meskipun semua perubahan remodeling permukaan anterior merupakan indikasi dari pola resorpsi, perpindahan utama tulang individu ke bawah dan ke depan (anterior). Perubahan remodeling hanya untuk mempertahankan bentuk dan proporsinya. Untuk mengatasi perpindahan anterior, ada aposisi di sutura zygomatikofrontal dan zygomatikotemporal.



**Gambar 1.13.** Remodeling tulang zygoma. Resorpsi terlihat jelas di permukaan anterior dan medial dan deposisi di permukaan posterior dan lateral. Zygoma menunjuk ke lateral, ada peningkatan lebar interzygoma (Premkumar, 2011).



### 1.3.4. Rongga Hidung

Dasar dan dinding lateral rongga hidung bersifat resorptif dengan deposisi di dinding medial sinus maksilaris. Hal ini memperluas rongga hidung. Bagian atap dekat fossa olfaktorius merupakan deposisi karena permukaan endokranial bersifat resorptif. Pola remodeling ini menurunkan atap hidung. Pada gilirannya, dasar hidung diturunkan oleh resorpsi dan deposisi bersamaan di sisi palatal (Gambar 1.14). Sinus maksilaris resorptif di dinding lateral dan deposisi di dinding medial. Conchae mengalami remodeling dengan deposisi di sisi lateral dan inferior serta deposisi di sisi superior dan medial. Lebar *nasal bridge* tidak banyak berubah. Dengan remodeling, aperture pyriform diperlebar.

### 1.3.5. Orbita

Orbita adalah kompleks kumpulan tulang. Orbita memiliki dinding medial dan lateral, atap dan lantai. Pada dinding medial orbita, ditemukan adanya tulang lakrimal dan ethmoidal. Saat rongga hidung memanjang, dinding medial orbita menerima deposisi; dan meluas ke arah lateral. Tulang lakrimal dan sistem sutura yang mengelilinginya, menurut Enlow, adalah kunci untuk pertumbuhan dan perkembangan midfasial. Fenomena sutura yang tumpang tindih telah dijelaskan. Banyak tulang kompleks nasomaksila yang berkembang, tumbuh dan berpindah pada persimpangan yang berbeda. Ini adalah jaringan ikat sutura





lakrimal yang memungkinkan tumpang tindihnya tulang antarmuka. Tumpang tindih mungkin bertanggung jawab atas pertumbuhan ke bawah dan ke depan dari kompleks nasomaksila. Tumpang tindih ini terjadi karena adanya miofibroblas yang merupakan sel kontraktil yang memberikan tegangan pada sistem sutura dengan perpindahan tulang, ini menarik di saat suatu tulang melintasi sutura ke arah yang lain. "Satu tulang meluncur di sepanjang sutura saat jaringan tulang baru terbentuk di tepi sutura". Sinus ethmoidal juga membesar. Atap orbita adalah dasar fossa kranial anterior dan permukaan endokranial ini resorptif untuk mengakomodasi lobus frontal yang sedang tumbuh. Deposisi kompensasi terjadi di atap orbita untuk menjaga tulang tipis ini tetap utuh. Remodeling ini merubah lokasi atap menjadi lebih ke anterior dan inferior (Gambar 1.14). Demikian pula, lantai orbita juga mengalami deposisi tulang. Lantai menghadap ke samping dan deposisi di permukaan ini membuatnya lebih menghadap ke samping lagi. Dinding lateral orbita mengalami resorpsi di permukaan medial dan deposisi di permukaan lateral, sehingga bergeser ke arah luar. Orbita dikembangkan dengan prinsip V. Terdapat deposisi pada sisi dalam dan resorpsi selektif pada sisi luar. Tonjolan supraorbita merupakan tempat deposisi tetapi area di bawah dan di lateral, tepi anterolateral dari tepi supraorbital bersifat resorptif.





**Gambar 1.14.** *Remodeling* orbita dan rongga hidung (Premkumar, 2011).

Orbita dan rongga hidung memiliki hubungan yang sangat menarik. Bola mata mengikuti pertumbuhan saraf kurva Scammon; faktanya, bola mata tumbuh secara masif dalam kehidupan prenatal lebih dari pada lobus frontal. Batas bawah orbita hampir sejajar dengan dasar hidung secara vertikal saat lahir. Dengan adanya pertumbuhan, remodeling dasar hidung meningkatkan tinggi rongga hidung, tetapi karena mata menyelesaikan pertumbuhannya terlebih dahulu, pertumbuhannya terhenti secara dini, sehingga terdapat perbedaan ketinggian antara dasar hidung dan tepi infraorbital. Semua tulang wajah dipindahkan secara sekunder ke arah bawah dan ke depan. Meskipun bergeser ke bawah, orbita secara bersamaan bergerak menjauh dikarenakan adanya deposisi pada dasar orbita. Dengan demikian, bagian yang berbeda dari tulang yang sama, permukaan orbita maksila dan dasar hidung bergerak berlawanan arah dengan pertumbuhan.



Aspek lain yang mengejutkan dari pertumbuhan midfasial terhadap perilaku tulang adalah bahwa bagian tulang di tengah wajah seperti *nasal bridge*, tepi medial orbita mendapatkan deposisi dan tumbuh ke depan dengan pertumbuhan tetapi di aspek lateral wajah (orbital lateral rim, pyriform rim) tidak hanya diremodeling lebih ke lateral oleh resorpsi tetapi juga lebih ke posterior. Dengan demikian, wajah yang datar saat lahir memiliki bentuk dimana aspek tengah wajah lebih anterior dari aspek lateral dan terdapat kemiringan bertahap dari medial ke lateral. Hal ini digambarkan sebagai tekanan karena adanya remodeling yang unik dari tulang zygoma yang bergerak secara lateral dan posterior oleh resorpsi di permukaan periosteal anterior dan deposisi pada permukaan periosteal lateral. Aspek lateral supraorbital rim juga resorptif. Semua perubahan ini membantu menambah lebar wajah. Ada urutan tingkatan susunan tulang yang serupa dengan melakukan remodeling ke arah superoinferior. Wajah tampak mengarah ke anterior superoinferior saat lahir. Ada deposisi di arkus supersilia dan resorpsi tepi infraorbital yang melayang ke posterior. Terdapat resorpsi yang bersamaan dari tepi pyriform untuk bergeser ke posterior. Semua perubahan ini mengarah ke arah belakang wajah dari sisi superoinferior pada orang dewasa. Untuk menambah semua ini, permukaan anterior maksila bersifat resorptif dan juga bergeser dan remodeling ke bawah.



#### 1.4. Mandibula

Mandibula merupakan tulang yang unik, baik dari segi struktur maupun fungsinya. Merupakan tulang berbentuk tapal kuda dengan ramus vertikal di ujung tapal kuda. Mandibula memiliki satu-satunya sendi tengkorak yang bisa digerakkan di kedua ujungnya. Mandibula memiliki korpus, dua ramus, dua prosesus koronoid dan dua condylar. Mandibula memegang set gigi bawah dalam prosesus alveolarnya melalui gomphosis. Mandibula pada mamalia lain memiliki tulang dengan moncong yang panjang, begitu pula maksilanya. Ada pertumbuhan yang sangat besar dari otak depan, lobus frontal dengan evolusi. Keberadaan dahi manusia disebabkan oleh pertumbuhan lobus frontal. Otak secara keseluruhan lebih panjang pada manusia, pertumbuhan lobus temporal menyebabkan pergeseran mata dari aspek lateral ke frontal. Pertumbuhan otak depan menyebabkan fleksi lobus olfaktorius dari posisi vertikal ke horizontal. Menurut hukum alam, rongga hidung menempati posisi tegak lurus dengan vesikula olfaktorius, oleh karena itu kompleks nasomaksila mengarah ke bawah serta, wajah tengah dan bawah melekuk di bawah kepala. Rahang bawah juga mengecil, sudut ramal berkurang dan tinggi ramus bertambah. Fungsi mandibula termasuk: (i) menyediakan mobilitas rahang oleh TMJ; (ii) pengunyahan dengan gigi dan merupakan tempat insersi otot pengunyahan; (iii) pemeliharaan jalan nafas, lebar ramal sesuai dengan lebar faring.



Mandibula, saat lahir berukuran kecil, dengan ramus pendek, sudut gonial besar, dan fossa mandibula datar tanpa penonjolan artikular. Kondilus berada pada tingkat bidang oklusal. Mandibula terbentuk dari banyak unit kerangka mikro, alveolar, condylar, koronoid, ramus, simfisis, dll. Mandibula adalah contoh terbaik untuk menjelaskan prinsip V yang berkembang. Ini bukan hanya karena bentuk tulangnya. Setiap bagian tulang mengalami remodeling mengikuti prinsip V yang berkembang, yaitu aposisi pada aspek dalam V yang tumbuh ke arah pertumbuhan dan resorpsi pada aspek luar (Gambar 1.15); tidak hanya mengembangkan V tetapi ada juga pertumbuhan di ujung V; terdapat penambahan panjang tulang juga.

Pertumbuhan mandibula diperkirakan terjadi terutama oleh karena pertumbuhan pada kondilus. Pertumbuhan superior dan posterior dari tekanan kondilus terhadap fossa glenoid / basis kranial (tulang rawan memiliki pertumbuhan tulang yang disesuaikan dengan tekanan) yang memberikan dorongan anterior untuk memindahkan mandibula ke depan. Pertumbuhan posterior dan perpindahan anterior ini mirip dengan yang dijelaskan pada pertumbuhan maksila. Ranly menjelaskan konsep tersebut dengan contoh seorang pria yang berenang. Pada awal proses berenang, kedua kaki ditekan ke dinding kolam renang.





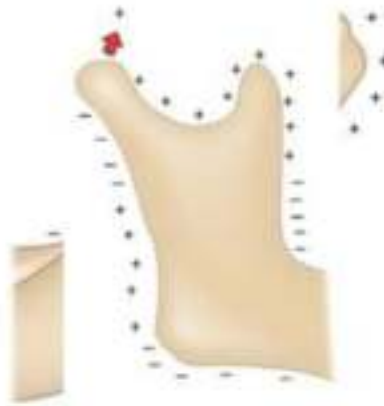
**Gambar 1.15.** Pertumbuhan mandibula menurut prinsip V (Premkumar, 2011).

Tekanan ini mendorong perenang untuk melompat ke depan. Konsep pertumbuhan posterior dan perpindahan anterior mengarah pada perpindahan primer. Lumut menganggap bahwa bukan pertumbuhan kondilus yang menyebabkan perpindahan anterior, sebaliknya, perluasan kapsul orofasial menyebabkan perpindahan pasif mandibula dengan pertumbuhan adaptif sekunder di kondilus. Pertumbuhan mandibula juga dapat disebabkan oleh pertumbuhan pada sinkondrosis (meskipun tidak diterima seperti pada maksila) yang mendorong wajah ke arah anterior dan inferior. Akhirnya, perpindahan anterior dan inferior menyebabkan pemisahan maksila dan mandibula untuk menyediakan ruang interoklusal yang cukup. Ada juga peningkatan definitif dalam panjang lengkung dengan remodeling ramal lebih ke posterior untuk mempertahankan kontak condylar dengan fossa temporal.



Peningkatan panjang korpus mandibula terjadi dengan resorpsi di perbatasan anterior ramus. Hal ini memungkinkan pertumbuhan panjang lengkung gigi untuk mengakomodasi gigi geraham permanen. Konsep pemanjangan korpus yang paling awal menyatakan bahwa terdapat resorpsi pada batas anterior ramus dan deposisi pada batas posterior sehingga ramus bergeser ke lokasi yang lebih posterior dan korpus memanjang (Gambar 1.16). Konsep ini diajukan oleh Hunter. Kemudian, ditemukan bahwa pertumbuhan mandibula tidak dapat disederhanakan menjadi resorpsi anterior dan deposisi pada posterior ramus. Mandibula mengalami pola pertumbuhan rotasi.

**Gambar 1.16.** Remodeling Ramal: Konsep Hunterian (Premkumar, 2011).



**Gambar 1.17.** Remodeling terkait dengan penegakan ramal (Premkumar, 2011).



Remodeling ramus terjadi dalam pola arcial. Dengan perpindahan anterior, kondilus mempertahankan kontak dengan fossa temporal. Sudut ramal masa kanak-kanak sedikit lebih tegak di masa remaja dan di masa dewasa akhir, menjadi tajam. Sampai ramus menjadi tegak, terdapat deposisi di sepanjang batas ramal posterior, tetapi setelah tegak, terdapat pola deposisi / resorpsi selektif pada batas posterior dan anterior. Bagian inferior dari margin anterior bersifat resorptif sedangkan bagian superior adalah deposisi. Sebaliknya, bagian inferior dari batas posterior adalah deposisi dan bagian superior adalah resorptif (Gambar 1.17). Margin anterior prosesus koronoid juga bersifat deposisi sehingga ramus tampak rotasi sedikit untuk mengubah angulasi meskipun pada posisi yang sama. Tidak hanya terjadi perubahan angulasi ramus tetapi juga terjadi peningkatan ketinggian vertikal ramus. Sudut gonial menutup dan bergeser ke posisi posterior. Secara keseluruhan, ramus tampaknya telah berrotasi mengelilingi busur (Gambar 1.18). Lebar ramus tetap sama. Peningkatan luas ramus hanya terlihat sampai ada pembesaran faring dan fossa kranial tengah (prinsip rekan banding Enlow). Dengan remodeling ramus posterior, foramen mandibula mempertahankan posisinya dengan deposisi di tepi anterior dan resorpsi di tepi posterior (Gambar 1.19); hal tersebut juga menyebabkan pergeseran ke posterior dan karenanya selalu berpusat di permukaan medial ramus.





Prosesus koronoid memiliki bentuk yang berkelok (seperti putaran kipas sebagaimana dijelaskan oleh Enlow). Permukaan medial prosesus menghadap ke posterior, superior dan lingual sekaligus. Deposisi pada permukaan medial koronoid tidak hanya menyebabkan pemanjangan mandibula posterior (prinsip V) tetapi juga terjadi penambahan tinggi (Gambar 1.20). Ketika bagian-bagian dari regio prosesus koronoid diambil dan tulang pada berbagai tahap perkembangan tumpang tindih, prosesus koronoid terlihat bertambah panjang, dengan peningkatan ketebalan karena deposit di sisi medial; koronoid juga berpindah ke posterior. Ada resorpsi pada permukaan bukal dari proses koronoid. Permukaan bukal dari prosesus tersebut menjauh dari tiga arah. Ada perbedaan arah orientasi yang mencolok antara permukaan medial prosesus koronoid dan ramus. Daerah di bawah permukaan penyimpanan dari prosesus koronoid (permukaan medial ramus) bersifat resorptif sedangkan permukaan bukal ramus adalah deposisi (Gambar 1.21). Permukaan bukal ramus menghadap ke arah arah pertumbuhan. Karena pertumbuhan ke arah belakang (dikombinasikan dengan ekspansi seperti V) dari mandibula, daerah yang pernah ditempati oleh ramus dan prosesus koronoid, kemudian ditempati oleh tuberositas lingual. Terjadi penambahan panjang dan lebar rahang bawah.





**Gambar 1.18.** Ramus: Penegakan dan arah rotasi (Premkumar, 2011).



**Gambar 1.19.** Foramen mandibula berpindah ke posterior untuk mempertahankan posisinya di ramus (Premkumar, 2011).

Korpus atau badan mandibula merupakan daerah deposisi pada permukaan luar dan resorptif pada aspek inferior permukaan medial (Gambar 1.21 dan 1.23). Aspek superior dari permukaan medial tepat di bawah gigi adalah deposisi. Pada ramus, remodeling pada permukaan medial ramus mengikuti pola yang sama seperti pada korpus. Sekarang, melihat permukaan medial ramus, terlihat bahwa renovasi dalam bentuk 'L', dengan area penyimpanan yang memanjang dari setengah bagian atas



permukaan medial korpus ke bagian anterior dari permukaan medial ramus (di bawah koronoid). Area resorptif mengikuti area deposisi, dari separuh inferior permukaan medial korpus hingga separuh posterior permukaan medial ramus (di bawah kondilus, Gambar 1.22). Remodeling eksentrik ini untuk mencapai bentuk mandibula dewasa. Lengkung gigi mengarah ke *midline* mandibula. Peningkatan tinggi tulang alveolar menyertai erupsi gigi. Dengan turunnya maksila dan pemisahan dua tulang, gigi anterior mandibula tumbuh ke arah superior dan lingual. Mirip dengan maksila, lebar mandibula selesai terlebih dahulu, diikuti dengan kedalaman dan tinggi.

Perubahan remodeling pada simfisis sangat unik dan dagu merupakan karakteristik yang sangat spesial bagi manusia. Moncong panjang mamalia lain mengarah lebih vertikal pada maksila dan mandibula, namun memori dari moncong tetap menggambarkan bentuk dari dagu.



**Gambar 1.20.** Proses koronoid sebagaimana V yang berkembang. Tumbuh secara medial dan vertikal (Premkumar, 2011).



**Gambar 1.21.** Pola aposisi / resorpsi mandibula (Premkumar, 2011).



**Gambar 1.22.** Area yang lebih terang adalah deposit dan area yang lebih gelap bersifat resorptif (Premkumar, 2011).



**Gambar 1.23.** Resorpsi panah biru, deposisi panah merah (Premkumar, 2011).



Pola remodeling mencoba mementingkan penonjolan dagu. Terdapat deposisi di dagu itu sendiri sedangkan resorptif pada area permukaan anterior alveolus di atas dagu (Gambar 1.25). Ada deposisi yang sesuai di permukaan endosteal. Periosteum lingual simfisis adalah deposisi (lihat Gambar 1.24). Resorpsi tulang di alveolus anterior menipiskan tulang di permukaan akar gigi anterior mandibula. Bahaya paparan akar dapat dihindari dengan penegakan gigi seri mandibula secara bertahap yang terjadi seiring bertambahnya usia. Batas bawah mandibula adalah tempat deposisi kecuali di bagian antegonial.

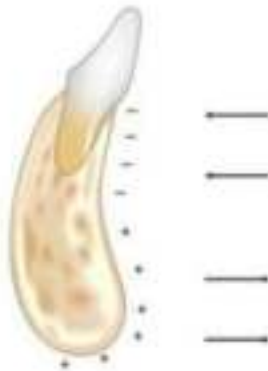
Pertumbuhan di tulang rawan kondilus disesuaikan dengan tekanan. Permukaan superior kondilus mengalami deposisi. Hanya permukaan kondilus yang mengalami osifikasi endokondral, sisa kondilus dan leher kondilus tumbuh dengan osifikasi intramembran (remodeling kortikal). Kondilus tumbuh seperti V yang mengembang. Ada deposisi di sisi dalam V dan resorpsi di permukaan luar (Gambar 1.26). Leher kondilus resorptif pada permukaan bukal dan lingual, dan ditambah dengan deposisi pada kepala kondilus, berkontribusi pada pembentukan V. Permukaan bukal dan lingual leher sama-sama resorptif; ujung permukaan bukal yang menghadap ke inferior dan ujung permukaan lingual yang menghadap ke atas merupakan daerah deposisi (Gambar 1.27). Penampang leher kondilus seperti tetesan air mata. Membayangkan remodeling leher dalam bentuk ini membuat visualisasi remodeling lebih mudah. Daerah yang dulunya berupa



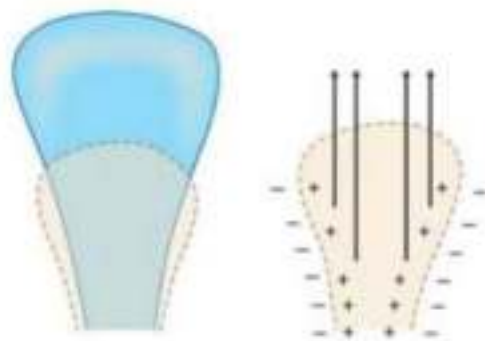
kondilus secara bertahap mengalami remodeling menjadi leher kondilus, kondilus pindah ke posisi yang lebih posterior dan superior. Resorpsi leher kondilus pada sisi periosteal disertai dengan deposisi di permukaan endosteal.



**Gambar 1.24.** Simfisis. Deposisi pada permukaan lingual dan resorpsi pada permukaan labial alveolar (Premkumar, 2011).

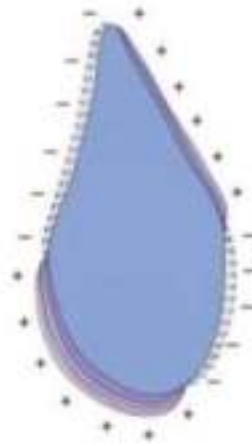


**Gambar 1.25.** Deposisi pada dagu untuk menonjolkannya (Premkumar, 2011).



**Gambar 1.26.** Kondilus seperti V yang mengembang dengan deposisi pada aspek dalam dan resorpsi pada aspek luar V (Premkumar, 2011).





**Gambar 1.27.** Leher kondilus. Resorpsi dan deposisi terjadi pada permukaan bukal dan lingual (Premkumar, 2011).

Tulang rawan kondilus pernah dianggap sebagai jiwanya pertumbuhan mandibula, yang bertanggung jawab sebagai pusat pertumbuhan. Sekarang menjadi fakta yang diketahui bahwa tulang rawan kondilus bukanlah tulang rawan primer tetapi hanya tulang rawan sekunder.

Menurut Petrovic, tulang rawan sekunder lebih terbuka terhadap kekuatan eksternal. Tulang rawan sekunder dapat dimanipulasi oleh pengaruh lingkungan eksternal. Di tulang rawan sekunder seperti kondilus, zona pertumbuhan mengandung sel-sel proliferasi seperti skeletoblas dan prekondroblas. Mereka tidak mensekresikan matriks tulang rawan, sel-sel di zona ini hanya dikelilingi oleh kolagen tipe I tidak seperti pada tulang rawan primer dimana sel-sel tersebut dikelilingi oleh matriks tulang rawan. Sel-sel zona pertumbuhan di tulang rawan sekunder, dengan demikian, terpapar oleh lingkungan dan dapat dibentuk oleh pengaruh eksternal. Hal ini digunakan sebagai keuntungan



dalam perawatan fungsional. Pengaturan seluler kondilus juga menguntungkan bagi dokter gigi. Sel-sel tulang rawan kondilus tidak diatur dalam baris seperti pada tulang rawan primer. Tulang rawan kondilus memiliki kapasitas proliferasi multi arah. Kondilus dapat mengalami remodeling lebih ke superior dan posterior pada saat yang bersamaan.

Tuberositas lingual adalah daerah anatomi yang sangat penting pada mandibula terletak di pertemuan korpus dan ramus di aspek medial. Tuberositas lingual adalah kebalikan dari tuberositas rahang atas. Deposisi pada tuberositas akan menyebabkan pertumbuhan posterior lebih jelas dari tuberositas yang menghadap ke posterior (Gambar 1.28). Tidak hanya menghadap ke posterior tetapi juga berorientasi ke *midline* ramus. Jika dilihat dari aspek oklusal, tuberositas lingual tampak sejajar dengan lengkung gigi sedangkan ramus agak jauh di sepanjang lengan V. Daerah di bawah tuberositas lingual bersifat resorptif sehingga tampak jelas tonjolan tuberositas. Ketika mandibula masa remaja dan dewasa dibandingkan dengan sudut pandang arah oklusal, tuberositas sangat bergeser ke arah posterior (Gambar 1.29), namun pertumbuhan mediolateral lebih sedikit jika dibandingkan dengan pergeseran posterior. Enlow menunjukkan bahwa hal tersebut disebabkan oleh lebar bicondylar cenderung stabil yang sudah terbentuk sejak masa kanak-kanak. Lebar bicondylar berhubungan dengan lebar dasar tengkorak yang selesai lebih awal. Area ramus tepat di belakang tuberositas

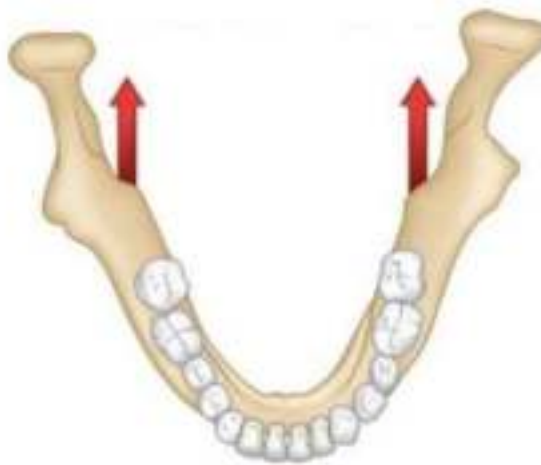




tampak mengalami remodeling lebih ke medial, namun ramus dalam pemeriksaan kasar tampak lebih lateral dari tuberositas lingual.



**Gambar 1.28.** Tuberositas lingual, permukaan deposisi (Premkumar, 2011).



**Gambar 1.29.** Pertumbuhan arah posterior dari tuberositas lingual akibat deposisi (Premkumar, 2011).

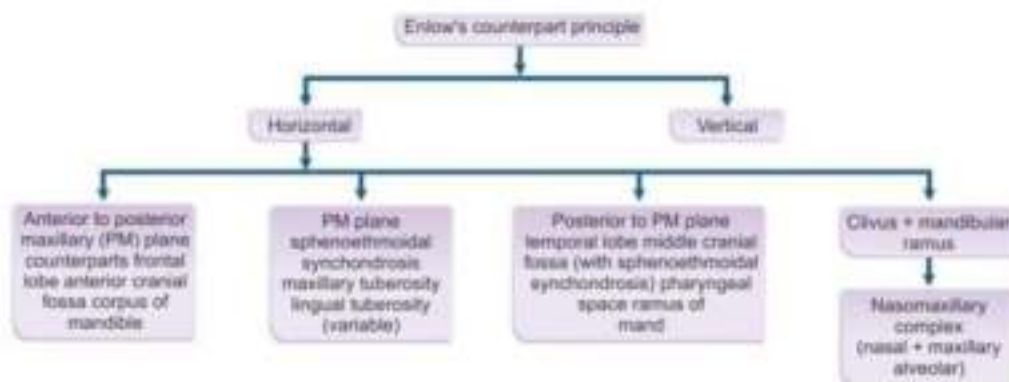
Tuberositas lingual, seperti yang telah disebutkan, adalah bagian langsung yang berlawanan dari tuberositas maksila dan juga merupakan tempat pertumbuhan yang penting untuk mandibula. Jika dilihat dari aspek lateral, tuberositas lingual dan rahang atas tampak diposisikan sama sepanjang garis vertikal yang disebut bidang maksilaris posterior atau bidang PM. Kunci bidang



anatomi ini membentuk dasar referensi untuk prinsip mitra banding Enlow atau prinsip pertumbuhan seimbang (Gambar 1.30). Bidang ini memanjang dari persimpangan fossa kranial anterior dan tengah serta memanjang ke bawah dalam arah tegak lurus terhadap sumbu vertikal orbita. Struktur bidang anterior dan posterior berlawanan satu sama lain. Untuk lebih jelasnya, lobus frontal, fossa kranial anterior, bagian atas kompleks ethmomaksila, palatum, lengkung maksila, dan korpus mandibula adalah pasangan anterior dari bidang PM. Batas posterior dari semua struktur ini ditempatkan pada bidang PM. Jadi, tuberositas maksila dan lingual yang membentuk batas posterior maksila serta korpus mandibula biasanya berada pada bidang PM. Mandibula adalah tulang yang berdiri sendiri dan tidak mengalami proses pertumbuhan yang sama seperti semua tulang wajah lainnya. Wajah bagian tengah dan atas lebih dekat hubungannya dengan kranium dibandingkan dengan mandibula. Jadi, batas posterior korpus mandibula yang jatuh tepat pada bidang PM dapat mengalami variasi. Menurut Enlow, bukan hanya tuberositas lingual yang jatuh pada bidang PM tetapi juga tepi anterior ramus mandibula. Dalam deviasi, batas anterior mungkin berada di depan atau jauh di belakang bidang PM. Pertumbuhan mandibula bergantung pada variasi seperti pertumbuhan rotasi mandibula, fisiologi otot pengunyahan, patologi sendi TM, dll. Jadi, tuberositas lingual mungkin tidak selalu pada bidang PM. Tuberositas lingual mungkin mengalami variasi yang besar. Pada seseorang yang



tumbuh dengan ukuran wajah rata-rata yang dapat diterima, tuberositas lingual biasanya pada bidang PM. Struktur posterior bidang PM yang merupakan padanan satu sama lain adalah lobus temporal, fossa kranial tengah, ruang orofaringeal dan lebar ramal. Pembesaran / pertumbuhan ruang orofaring tergantung pada fungsi (respirasi). Dengan bertambahnya dimensi anteroposterior dari ruang orofaringeal, lebar ramal bertambah dengan remodeling (seperti yang disebutkan di atas) untuk mengimbangi sekitarnya dan juga untuk mempertahankan batasbatasnya.



**Gambar 1.30.** Prinsip banding Enlow (Enlow *and* Hans, 1996).

Mengejutkan untuk menyadari bahwa bidang PM bukan hanya batas anatomi tetapi juga fungsional. Apa yang membuatnya sangat valid sebagai garis referensi adalah kenyataan bahwa semua garis referensi lainnya (misalnya bidang SN) dalam sefalometrik gagal untuk mencakup daerah-daerah penting. Pentingnya bidang PM adalah: (i) merupakan batas antara matriks fungsional pengendali pertumbuhan penting (lobus temporal dan frontal — kapsul neurokranial, ruang orofaringeal, dll.), (ii) merupakan batas



tempat pertumbuhan maksila dan mandibula, (iii) merupakan batas struktural, perkembangan, morfologis dan fungsional, (iv) menghubungkan berbagai struktur baik anatomis dan fungsional menjadi tugas yang mudah.

Pertumbuhan fossa kranial anterior disamakan dengan perpanjangan kompleks nasomaksila yang sesuai. Pertumbuhan posterior maksila dilambangkan dengan panah posterior tetapi perpindahannya ke anterior. Terjadi peningkatan panjang korpus seiring dengan renovasi ramal. Pertumbuhan fossa kranial tengah (memanjang pada sinkondrosis sphenoksipital) berhubungan dengan pembesaran ruang faring dan selanjutnya lebar ramal bertambah. Sinkondrosis sphenothmoidal tampaknya merupakan bagian dari tuberositas maksila dan berada pada bidang PM. Struktur ini juga merupakan bagian vertikal dari satu sama lain, pemanjangan vertikal dari clivus dan ramus mandibula adalah bagian dari pemanjangan vertikal kompleks nasomaksilar (daerah hidung + alveolar maksila). Mandibula tumbuh lebih ke superior (di kondilus) tetapi bergeser lebih ke arah inferior.

Sudut mandibula, seperti yang telah disebutkan menjadi lebih tegak seiring bertambahnya usia dan selanjutnya menjadi lebih lancip. Ketika pola rotasi untuk menegakkan ramal terjadi, daerah sudut gonial mengalami aposisi dan bagian superior dari batas posterior mengalami resorpsi. Daerah sudut gonial menerima insersi serat masseter. Ada spekulasi luas bahwa area tarikan otot yang dominan umumnya resorptif karena kerja otot



didistribusikan ke permukaan insersi (periosteum) melalui tendon, dan bahwa kerja (tarikan) otot akan menyebabkan resorpsi tulang. Sebaliknya, aposisi tulang terjadi di daerah sudut gonial dan resorpsi terlihat di daerah anteriornya (antegonial notch). Penjelasan yang sangat valid untuk fenomena ini diberikan oleh Frost dalam "hukum elektrogenesis"-nya. Menurutnya, bila otot tarik aktif di daerah tertentu maka permukaan bagian tulang itu menjadi cekung dan daerah tanpa perlekatan otot menjadi cembung. Ini mengubah karakteristik permukaan, sinyal spesifik dibangkitkan, permukaan cekung menjadi negatif dan permukaan cembung menjadi positif. Aposisi permukaan terlihat pada permukaan cekung dan resorpsi pada permukaan cembung. Konsep yang sama ketika diterapkan pada sudut gonial menjadikan pola pertumbuhan tulang di daerah ini sangat lengkap. Tarikan otot masseter membuat permukaan tulang cekung yang menyebabkan deposisi konstan pada sudut gonial.

### **1.5. Sendi Temporomandibula**

Sendi temporomandibula adalah alasan mengapa mandibula menjadi satu-satunya tulang yang dapat digerakkan di kranium. Ini adalah sendi *ginglymodiarthroidal*. TMJ mulai berkembang pada minggu ke-10 kehidupan intrauterin. TMJ terbentuk dari permukaan artikular kondilus dan tulang temporal (fossa mandibula). Rongga sendi dibagi menjadi dua: atas dan bawah oleh diskus artikularis berserat bikonkaf yang



mengintervensi. Diskus artikular bersifat avaskuler di tengah dan melekat pada eminensia posterior fossa mandibula melalui bantalan retrodisk. Kepala atas otot pterigoid lateral melekat pada diskus artikularis (ujung anterior). Permukaan artikular dilapisi oleh membran sinovial dan rongga sendi dilumasi oleh cairan sinovial.

Tulang rawan kondilus adalah tulang rawan sekunder. Sendi primer (embrionik) merupakan artikulasi antara *malleus* dan *incus*. Karena TMJ adalah sendi sekunder (secara embriologis), tulang rawan juga bersifat sekunder. Ini berbeda dari tulang rawan epifisis primer tulang panjang di mana tulang rawan epifisis adalah pusat pertumbuhan daripada situs (pusat memiliki kemampuan untuk tumbuh mandiri). Tulang rawan kondilus hanyalah tempat pertumbuhan, dengan kata lain sangat adaptif dalam pertumbuhannya. Permukaan kondilus memiliki empat zona: (i) Zona artikular; (ii) Zona proliferaatif; (iii) Zona hipertrofik; (iv) Zona osifikasi endokondral. Sel-sel tulang rawan epifisis disusun dalam kolom paralel yang memastikan arah pertumbuhan tulang rawan epifisis pada tulang panjang. Sebaliknya, sel tulang rawan kondilus tidak tersusun sedemikian rupa, sehingga kita tidak dapat menilai arah pertumbuhan kepala kondilus. Ini memiliki kecenderungan pertumbuhan ke berbagai arah. Aspek lain dari tulang rawan kondilus adalah bahwa sel-sel tulang rawan selesai setelah masa remaja, remodeling adaptif dapat berkontribusi pada pertumbuhan mandibula bahkan setelah masa remaja. Pada tulang



rawan epifisis, pertumbuhan berhenti dengan osifikasi tulang rawan dan fusi dengan metafisis.

Pada bayi, tulang rawan kondilus (semua zona) sangat vaskular dan seluler. Penurunan vaskularisasi terjadi dengan bertambahnya usia, pada usia 5 sampai 6 tahun, lapisan artikular menjadi kurang seluler, lebih berserat (kasar dan padat). Zona proliferaatif terbentuk dari dua lapisan, lapisan luar terbentuk dari sel-sel kecil, banyak mitosis cepat dan mengandung sedikit substansi interseluler. Lapisan dalam kurang lebar dari lapisan luar, terbentuk dari sel bulat besar. Sel-sel ini tidak tinggi akan mitosis dan memiliki lebih banyak substansi interseluler, bagian paling atas dari kondilus adalah yang paling seluler. Demikian pula, zona hipertrofi juga terdiri dari dua lapisan, lapisan luarnya dibentuk dari sel-sel bulat kecil. Ukuran sel meningkat ke arah lapisan dalam dan sel-sel ini bersifat kondroblastik dan paling dalam dari sel-sel ini mengalami mineralisasi periseluler. Zona termineralisasi memiliki lebar yang konstan, dan erosi zona tersebut menyebabkan penggantian oleh tulang. Proliferasi aktif sel terbukti terjadi pada usia 13 sampai 15 tahun kehidupan, setelah itu terjadi penurunan jumlah sel, indeks mitosis. Bentuk pulau-pulau kartilago terlihat di bagian superior dan anterior kondilus dan bagian posterior artikular yang menonjol secara jelas pada usia 20 tahun. Tonjolan artikular dan fossa glenoid saat lahir terdiri dari zona yang mirip dengan kepala kondilus. Lapisan artikular sangat vaskular saat lahir dan semakin berserat. Serat



tersusun secara longitudinal. Pada masa pubertas, terjadi peningkatan ketebalan zona proliferaatif sementara. Ada pertumbuhan cepat dari tulang rawan kondilus selama tahun-tahun awal kehidupan tetapi proliferasi tidak terlihat pada kondilus selama masa pubertas. Sebaliknya, proliferasi sel di tonjolan artikular dan fossa terlihat jelas pada masa pubertas. Ini membantah anggapan yang dipahami dengan baik bahwa ada pertumbuhan cepat kondilus selama masa pubertas.

Diskus awalnya datar dan sangat vaskular. Dengan penuaan terjadi penurunan suplai darah yang nyata, diskus menjadi berserat, bagian tengah menipis dengan bagian anterior dan posterior menjadi lebih tebal. Serat kolagen menjadi kasar dan padat dan tersusun dalam jaringan tiga dimensi.

Setelah 20 tahun, bagian superior dan anterior dari kondilus dan bagian posteroinferior yang menonjol mempertahankan tulang rawan kondilus. Alasan terbaik untuk temuan ini adalah adaptasi terhadap tekanan fungsional. Jadi, tulang rawan kondilus bukanlah pusat pertumbuhan aktif; sebaliknya, ini adalah situs pertumbuhan dengan pertumbuhan yang cepat selama tahun-tahun awal. Di bagian akhir kehidupan, TMJ mengambil tugas melawan tekanan. Perkembangan tonjolan artikular juga bersifat fungsional. Tidak ada tonjolan saat lahir. Bentuk ini membantu dalam gerakan maju mandibula selama menyusui. Saat gigi berkembang dan beroklusi (terutama *overbite*) terbentuk, tonjolan





berkembang untuk membantu kondilus menetapkan jalur pergerakannya.

### **1.6. Dinamika Pertumbuhan Wajah**

Studi tentang pertumbuhan dan perkembangan tidak lengkap jika dinamika pertumbuhan dalam ortodonti tidak dipahami. Aspek utama dari studi ekstensif tentang pertumbuhan dan perkembangan oleh ahli ortodonti disebabkan oleh fakta bahwa mereka adalah satu-satunya spesialis gigi yang menangani pertumbuhan. Anak-anak dalam tahap gigi pergantian dengan maloklusi skeletal dapat dirawat oleh ortodontis, begitu pula remaja yang berada pada puncak percepatan pertumbuhan pubertas mereka. Pemanfaatan pertumbuhan untuk membawa hasil positif selama perawatan ortodontik / ortopedi merupakan inti dari mempelajari pertumbuhan oleh dokter. Aspek-aspek pertumbuhan yang perlu dibahas untuk signifikansi klinis dapat dibagi menjadi beberapa konsep pertumbuhan tubuh secara umum dan konsep dalam perkembangan gigi. Konsep pertumbuhan yang perlu dicermati selama perawatan ortodontik adalah:

1. Pola.
2. Variabilitas.
3. Pengaturan waktu.
4. Pertumbuhan diferensial.



Prinsip umum pertumbuhan diuraikan dalam buku seri ke-1. Oleh karena itu, hanya signifikansi klinis atau dinamika pertumbuhan yang akan dibahas di bagian ini. "Pola" adalah susunan fisik tubuh pada suatu waktu tertentu. Berkaitan dengan pertumbuhan, pola mengubah proporsi spasial dari waktu ke waktu. Salah satu pola pertumbuhan yang diamati pada manusia adalah gradien sefalokaudal dari pertumbuhan. Menurut Proffit, gradien sefalokaudal berarti "ada peningkatan sumbu pertumbuhan dari kepala hingga kaki". Pertumbuhan bagian yang lebih dekat ke kepala tumbuh dan matang lebih awal sedangkan bagian yang jauh dari kepala tidak hanya menyelesaikan pertumbuhannya terlambat tetapi juga tumbuh lebih banyak dari bagian kepala. Kaki menempati kurang dari 50% panjang tubuh saat lahir sedangkan kepala menempati 25% dari panjang tubuh meliputi 1/8 dari orang dewasa. Pentingnya kita memahami dengan jelas pertumbuhan gradien sefalokaudal. Krania memiliki ukuran 63% dari dewasa saat lahir; rasio wajah : krania saat lahir hanya 1 : 8. Begitu juga maksila dan mandibula, maksila menyelesaikan pertumbuhan lebih awal sedangkan mandibula tampaknya lebih bertumbuh dan membutuhkan waktunya sendiri. Tidaklah mengherankan melihat lonjakan pertumbuhan mandibula pada remaja sedangkan pertumbuhan maksila hampir tidak terlihat setelah usia 11 sampai 12 tahun. Aspek pertumbuhan mandibula ini harus diperhitungkan saat merawat pasien dengan maloklusi skeletal disertai kelainan pada mandibula. Pasien



skeletal Kelas II dengan retrognatisme mandibula biasanya dirawat dengan peralatan fungsional jika mereka berada dalam "usia pertumbuhan". Kata kunci ini tidak cukup jelas. Kita harus tahu seperti apa sebenarnya usia tumbuh kembang mandibula. Sekarang, sampai batas tertentu, dipahami bahwa penggunaan percepatan pertumbuhan pubertas pada kasus skeletal Kelas II yang dirawat dengan peralatan fungsional sebenarnya dapat menyembuhkan kondisi skeletal Kelas II. Pada tingkat yang setara, saat merawat pasien skeletal Kelas III karena prognatisme mandibula, gradien pertumbuhan sefalokaudal membuat kita memahami bahwa mungkin ada sisa pertumbuhan mandibula setelah lonjakan pertumbuhan saat pubertas. Dari semua tulang di kerangka wajah, mandibula memiliki potensi tumbuh yang relatif lebih tinggi (sebagian disebabkan oleh tulang rawan sekunder, kondilus) dan batas waktu pertumbuhan mandibula tidak dibatasi seperti pada maksila atau basis kranial. Hal ini harus digunakan dalam pengobatan maloklusi skeletal yang melibatkan mandibula.

Aspek lain dari pola dengan relevansi yang sama adalah kurva pertumbuhan Scammon. Jika gradien pertumbuhan sefalokaudal mencoba menjelaskan jumlah pertumbuhan / gradien dalam jumlah pertumbuhan yang dicapai dari waktu ke waktu, kurva Scammon mencoba memberikan gambaran pola pertumbuhan berbagai jaringan tubuh. Jaringan yang berbeda, tumbuh dengan kecepatan dan waktu yang berbeda. Ini adalah inti dari kurva Scammon. Jaringan saraf tumbuh pesat selama tahap



awal kehidupan dan dalam usia 8 tahun hampir 95% pertumbuhan saraf selesai. Pertumbuhan somatik mengikuti kurva berbentuk 'S', ada penurunan laju pertumbuhan selama masa kanak-kanak dan peningkatan selama pubertas. Kurva pertumbuhan maksila dan mandibula berada di antara jaringan saraf dan jaringan pada umumnya. Kurva maksila lebih mengikuti kurva pertumbuhan saraf dibandingkan mandibula. Sekarang mudah untuk dipahami bahwa pertumbuhan maksila selesai cukup awal dalam kehidupan. Terapi alat ortopedi untuk memperbaiki defisiensi maksila (*face mask*) harus dimulai pada gigi sulung atau gigi pergantian, tetapi setelah erupsi semua gigi permanen, hanya ada sedikit atau tidak ada ruang untuk koreksi maksila retrognati. Pertumbuhan mandibula mengikuti kurva pertumbuhan tubuh secara umum, dengan pertumbuhan yang melambat di masa kanak-kanak dan memuncak selama masa pubertas. Konsep pertumbuhan ini menunjukkan kepada kita betapa berbedanya maksila dan mandibula dalam pertumbuhan dan betapa berbedanya keduanya harus ditangani selama perawatan, meskipun keduanya berhubungan secara mutlak satu sama lain (oklusi).

Waktu pertumbuhan bervariasi menurut individu dan juga dengan jenis kelamin. Anak perempuan menyelesaikan pertumbuhan lebih awal daripada anak laki-laki. Lonjakan pertumbuhan saat pubertas relevan dengan perawatan ortodonti. Identifikasi percepatan pubertas tidaklah mudah. Percepatan pertumbuhan pubertas mudah terlewatkan pada gadis-gadis



dewasa awal. Pada usia lanjut, percepatan pubertas mungkin belum dimulai sama sekali, tetapi perawatan ortopedi fungsional akan selesai. Seorang dokter yang cerdas akan tahu bahwa pertumbuhan yang tidak proporsional ini akan berlanjut hingga masa remaja. Oleh karena itu, sangatlah bijaksana untuk mencari awal dari percepatan pubertas. Indikator kematangan kerangka dan biologis membantu dalam menilai usia kerangka seseorang. Penggunaan radiografi *hand wrist* untuk memprediksi pertumbuhan mandibula telah diteliti selama beberapa waktu. Telah dipertanyakan apakah mandibula mengalami lonjakan pertumbuhan pada saat yang sama dengan struktur rangka lainnya atau mengalami lonjakan yang lambat. Sekarang tabulus telah bergeser ke arah penggunaan hormon sebagai indikator kematangan seksual. Hormon adalah indikator pasti dari percepatan pertumbuhan. Mereka juga membantu dalam mendeteksi akselerasi pertumbuhan remaja, yang disebut *adrenarche* (Parker & Mehesh) dan disebabkan oleh kenaikan awal androgen adrenal. *Dehydro epiandrosterone* (DHEA) dan turunan sulfatnya disekresikan dari korteks adrenal; mereka mempotensiasi aksi hormon pertumbuhan dan menstimulasi proliferasi sel tulang rawan di epifisis. Ditemukan bahwa *adrenarche* terjadi dua tahun sebelum dimulainya akselerasi pubertas. Faktanya, Sizonenko dkk menyatakan bahwa *adrenarche* yang merangsang sekresi hormon pelepas gonadotropik dari hipotalamus dan memulai fungsi gonadostat (sumbu gonadotrofi



dari hipotalamus - hipofisis - gonad). Pematangan gonadostat penting untuk permulaan percepatan pubertas. Waktu perawatan Kelas II dan III telah dibahas secara mendalam oleh Bacetti dan McNamara dengan bantuan berbagai studi tentang waktu perawatan peralatan fungsional. Perawatan maloklusi Kelas II dengan peralatan fungsional tampaknya <sup>21</sup> memberikan hasil yang sangat baik bila dilakukan pada periode sirkumpubertal. Dua studi oleh Bacetti dkk dalam perawatan maloklusi skeletal Kelas II dengan Frankel dan twin-block dengan perbedaan waktu perawatan - sebelum permulaan percepatan pertumbuhan pubertal dan pada periode sirkumpubertal sangat meyakinkan hasilnya, mendukung waktu perawatan sekitar periode sirkumpubertal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan panjang mandibula dua kali lebih banyak pada kelompok sirkumpubertal dibandingkan pada kelompok perlakuan prapubertal. Studi McNamara, Lund dan Sandler juga menghasilkan hasil yang serupa. Oleh karena itu, perawatan maloklusi skeletal Kelas II akibat retrognati mandibula paling efektif bila dilakukan pada periode sirkumpubertal. Indikator pematangan vertebra servikal untuk menilai pematangan tulang telah digunakan dan terdapat indeks baru yang menghubungkannya dengan pertumbuhan mandibula telah dirumuskan oleh Bacetti dkk. Dalam indeks ini, puncak pertumbuhan mandibula ditemukan terjadi dalam waktu satu tahun setelah mencapai CS3. Perawatan fungsional Kelas II pada



tahap CS3-CS4 membuahkan hasil yang maksimal. Ini hanyalah indikator lain bahwa pertumbuhan mandibula mengikuti pertumbuhan tubuh secara umum.

Pengobatan maloklusi Kelas III harus dilakukan sejak dini. Retrognati maksila tidak mudah diperbaiki karena pertumbuhan maksila mengikuti kurva pertumbuhan saraf dan selesai lebih awal. Dengan kata lain, sutura sirkumaksilaris menyatu selama masa remaja dan koreksi retrognati maksila kurang efektif setelah usia

10 tahun. Maksila menghasilkan gaya protraksi hanya jika perawatan dimulai pada tahap gigi pergantian atau sulung. Gagasan di balik penggunaan sekrup ekspansi sebagai alat protraksi tulang maksila tidak hanya ekspansi maksila tetapi juga merenggangkan sutura sirkumaksila sehingga sutura tersebut dapat merespon gaya protraksi dengan segera. Setelah sutura mengalami interdigitasi, protraksi menjadi sulit dan hasil perawatan terganggu. Prognati mandibula yang dirawat selama masa remaja merespon dengan baik, alasannya jelas.

Koreksi maksila arah transversal menggunakan ekspansi skeletal memiliki restriksi yang mirip dengan protraksi maksila. Menurut Melsen, sutura intermaksila lebih halus dan terbuka pada anak-anak (6-8 tahun), pada masa remaja awal (10-12 tahun) tepi sutura tumpang tindih, namun pada akhir masa remaja (14-16 tahun) sutura menjadi terinterdigitasi dan bersatu. Bacetti merangkum temuan Melsen dengan mengutip bahwa ekspansi maksila efektif secara skeletal jika perawatan diselesaikan pada



masa remaja awal. Prosedur modifikasi pertumbuhan paling baik dilakukan dengan mempertimbangkan waktu perawatan. Waktu yang tepat untuk memulai perawatan bervariasi dengan jenis kelamin, tetapi hasil penelitian yang ditunjukkan di atas adalah pola umum yang harus diikuti untuk perawatan berbagai jenis maloklusi.

Semua anak tidak mendapatkan peningkatan yang sama pada saat yang bersamaan. Pertumbuhan sangat bervariasi dan berbeda. Variabilitas dalam peningkatan pertumbuhan dinilai dengan menandai pertumbuhan pada grafik untuk jangka waktu tertentu. Variabilitas kurva pertumbuhan dapat berupa kurva jarak, di mana tinggi anak dalam sentimeter ditandai setiap akhir tahun; atau kurva kecepatan, di mana penambahan tahunan dalam tinggi ditandai pada grafik. Kurva jarak dan kecepatan digunakan untuk individu, tetapi dalam skala yang lebih besar saat menilai pertumbuhan seorang anak sehubungan dengan suatu populasi. Bagan seperti kisi Wetzel dapat digunakan untuk mengetahui apakah pertumbuhan anak mengikuti standar normatif. Kurva ini dapat membantu kami menilai besarnya pertumbuhan individu anak yang dapat dikorelasikan dengan indikator kematangan tulang untuk memastikan status pertumbuhan.

Selama masa pubertas, parameter pertumbuhan penting lainnya yang perlu diperhatikan adalah arah pertumbuhan. Terjadi perubahan arah pertumbuhan mandibula dari vertikal ke horizontal. Tidak hanya perawatan fungsional yang bergantung





pada arah pertumbuhan tetapi keputusan ekstraksi atau non ekstraksi, waktu yang dibutuhkan untuk penutupan ruang ekstraksi, prognosis terapi ortodonti lain seperti ekspansi, migrasi mesial dari distal gigi ke lokasi ekstraksi, waktu yang dibutuhkan untuk perawatan, respons terhadap perawatan tertentu semuanya tergantung pada arah pertumbuhan. Perubahan dari arah vertikal ke horizontal, jika ada, harus diperhatikan.

Dimensi wajah melingkapi pertumbuhan lebar terlebih dahulu, diikuti oleh kedalaman dan tinggi. Lebar mandibula diselesaikan terlebih dahulu, lebar interkaninus mandibula ditetapkan pada usia 9 tahun pada anak perempuan dan 10 tahun pada anak laki-laki. Hampir tidak ada penambahan lebar setelah usia ini. Gigi kaninus maksila erupsi setelah lebar interkaninus mandibula (dengan kata lain, lebar lengkung anterior mandibula) terbentuk, bahkan tampak bahwa gigi kaninus maksila menunggu pertumbuhan horizontal mandibula selesai. Selama lonjakan pertumbuhan terjadi perubahan arah pertumbuhan mandibula dari vertikal ke horizontal. Dengan demikian, dimensi interkaninus maksila bertindak sebagai katup pengaman untuk pertumbuhan horizontal mandibula saat remaja. Peningkatan lebar maksila tidak mungkin terjadi setelah usia 12 sampai 13 tahun pada anak perempuan, tetapi pada anak laki-laki peningkatan dimensi interkaninus maksila terlihat sampai usia 18 tahun. Implikasi klinis adalah bahwa dalam kasus berdesakan, setiap upaya perawatan dengan ekspansi akan gagal karena ketidakmampuan untuk



mencapai peningkatan dalam lebar interkaninus yang stabil. Akan terjadi gangguan keseimbangan pada otot yang akan menambah kegagalan. Lebar wajah mengikuti kurva *neural* dengan kedalaman dan tinggi mengikuti pertumbuhan tubuh secara umum dari kurva Scammon. Dimensi anteroposterior wajah melengkapi berikutnya, diikuti oleh tinggi badan. Pertumbuhan maksila dan mandibula terlihat sampai usia 14 sampai 15 tahun pada anak perempuan. Peningkatan tinggi disebabkan oleh pemisahan rahang selama *displacement*, pertumbuhan tulang alveolar, dan erupsi gigi. Peningkatan tinggi wajah yang terlambat terlihat terutama di sepertiga bagian bawah. Menurut Behrent, pertumbuhan rahang ke depan terlihat setelah remaja dan di masa dewasa dan sedikit peningkatan pertumbuhan vertikal rahang terlihat di masa dewasa.

Selama perkembangan gigi, ditemukan sejumlah keadaan oklusal tidak stabil yang disebut *transient malocclusion*. Untuk beberapa nama, mereka adalah relasi *flush terminal plane*, ruang pada gigi sulung – *primate spaces*, *ugly duckling stage* dan ini sebaiknya tidak ditangani. Gigi sulung muncul dengan gigitan dalam yang dikoreksi oleh kontribusi seperti perubahan inklinasi sumbu tegak dari gigi permanen ketika mereka erupsi (gigi sulung lebih tegak), pengangkatan gigitan fisiologis, dll. Dalam kasus tertentu, gigitan dalam ini dapat membatasi pertumbuhan mandibula ke bawah dan ke depan, sehingga lebar interkaninus yang penuh mungkin tidak diekspresikan pada mandibula. Lebar interkaninus mandibula yang sempit dapat ditekankan dengan



adanya pola skeletal Kelas II dengan overjet yang meningkat. Prosedur sederhana seperti memberikan peninggian gigit mungkin cukup untuk mengurangi kontak gigitan dan memfasilitasi pertumbuhan mandibula ke depan.

Pertumbuhan wajah *pascanatal* tidak hanya kompleks tetapi seperti yang telah disebutkan, pola remodeling struktur wajah sangat spesifik dan selektif. Pertumbuhan rahang ditentukan oleh pertumbuhan matriks fungsional dan basis kranial. Remodeling mengikuti pola tertentu yang tampaknya berulang dan melekat pada ras manusia. Bentuk dan fungsi wajah yang seimbang berasal dari integrasi yang harmonis dari berbagai komponen kompleks kraniofasial. Komponen ini tumbuh dan berkembang sepanjang hidup dengan cara yang berurutan, dapat diprediksi, dan teratur, meskipun dengan variasi yang luas dalam jumlah dan waktu pertumbuhan. Pengetahuan tentang perubahan terkait pertumbuhan sangat penting dalam merencanakan perawatan ortodonti. Penting untuk memahami dan mengantisipasi jumlah dan laju pertumbuhan di berbagai bagian wajah, terutama selama masa kanak-kanak dan remaja. Dokter gigi perlu menilai status perkembangan individu dan memperkirakan pertumbuhan yang tersisa untuk merencanakan perawatan. Diagnosis dan perencanaan perawatan pasien ortodonti harus ditentukan, oleh karena itu, mencakup penerapan pengetahuan dalam pertumbuhan kraniofasial dan perkembangan gigi.



## Rangkuman

Seiring bertambahnya usia, peningkatan pada panjang wajah lebih banyak dari dimensi lainnya yang tampak pada rata-rata individu. Pola *remodeling* sangat spesifik; struktur seperti tulang zygoma, dagu, lengkung super silia menjadi lebih menonjol seiring bertambahnya usia. Pola aposisi/resorpsi berfungsi untuk pencapaian bentuk wajah dewasa. Pertumbuhan wajah tidak hanya spesifik tetapi juga memiliki perbedaan dan mengikuti suatu pola. Tulang kraniofasial dapat dibagi menjadi tulang kranial dan tulang wajah. Kranium, dapat dibagi menjadi kranial vault dan basis kranial sementara tulang wajah dapat dipelajari menjadi kompleks nasomaksila, mandibula, dan sendi temporomandibula.

## Latihan

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan fontanel dan bagaimana perannya dalam pertumbuhan dan perkembangan kranial.
2. Sebutkan tahapan pengembangan sutura.
3. Apa perbedaan basis kranial dan kranial vault?
4. Jelaskan secara singkat penyebab pertumbuhan basis kranial.
5. Jelaskan secara singkat pertumbuhan dengan prinsip V.
6. Hal apa yang mempengaruhi ruang interoklusal dan jelaskan prosesnya secara singkat.
7. Apa yang dimaksud oleh Ranly tentang teori berenang?
8. Apa perbedaan deposisi dan reposisi?
9. Kapan waktu terbaik untuk melakukan perawatan pada kasus kelas II dan III?



**DAFTAR PUSTAKA**

- Baume, LJ. 1961. *Principles of cephalofacial development revealed by experimental biology*. Am J Orthod, 47, pp. 895-8.
- Enlow, DH., Hans, MG. 1996. *Essential of Facial Growth*. United states: W.B. Saunders Company.
- Koski, K. 1968. *Cranial growth centers: facts of fallacies?*. Am J Orthod, 54(8), pp. 566-83.
- Linge, L. 1972. *Tissue reactions incident to widening of facial sutures*. Trans Eur Orthod Soc, pp. 487-497.
- Mitchell, L., Littlewood, SJ., Nelson-Moon, ZL., Dyer, F. 2013. *An Introduction to Orthodontics*. 4<sup>th</sup> ed. United Kingdom: Oxford University Press.
- Moss, ML., and Greenberg, SN. 1955. *Postnatal growth of the human skull base*. Angle Orthod, 25(2), pp. 77-84.
- Premkumar, S. 2011. *Textbook of Craniofacial Growth*. 1<sup>st</sup> ed. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd.
- Pritchard, JJ., Scott, JH., Girgis, FG. 1956. *The structure and development of cranial and facial sutures*. J Anat, 90(1), pp. 73-86.
- Proffit, WR., Fields, HW., and Sarver, DM. 2019. *Contemporary Orthodontics*. 6<sup>th</sup> ed. Philadelphia: Elsevier Inc.
- Singh, Gurkeerat. 2015. *Textbook of Orthodontics*. 3<sup>rd</sup> ed. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publisher (P) Ltd.
- Wagemans, et al. 1988. *Sutures and forces*. AJODO, 94, pp. 129-41.
- Weinmann, JP., and Sicher, H. 1947. *Bone and Bones. Fundamentals of Bone Biology*. London: H. Kimpton.

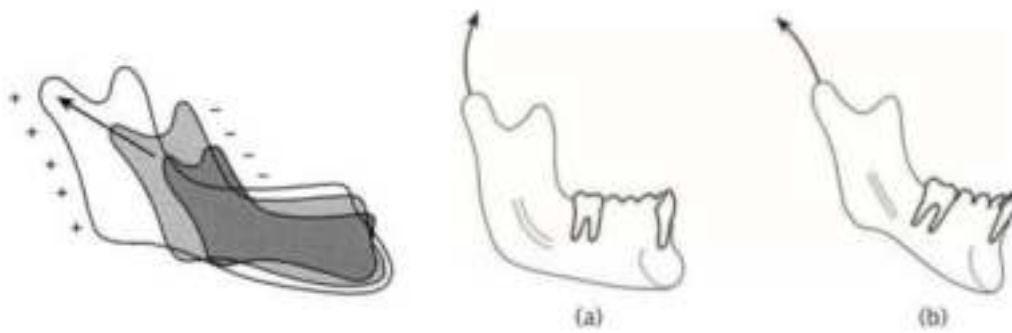




# ROTASI PERTUMBUHAN

Pertumbuhan wajah selama masa kanak-kanak wajah membesar secara progresif dan konsisten, tumbuh ke bawah dan ke depan menjauh dari basis kranial. Studi-studi ini hanya melihat tren rata-rata dan gagal menunjukkan variasi besar yang ada antara pola pertumbuhan masing-masing anak. Studi selanjutnya oleh Björk menunjukkan bahwa arah pertumbuhan wajah melengkung, memberikan efek rotasi (Gambar 2.1). Rotasi pertumbuhan ditunjukkan dengan menempatkan implan titanium kecil ke permukaan tulang wajah dan kemudian mengambil radiografi sefalometri selama interval pertumbuhan. Karena tulang tidak tumbuh secara interstisial, implan dapat digunakan sebagai titik referensi tetap pada radiografi sefalometri untuk mengukur perubahan pertumbuhan.

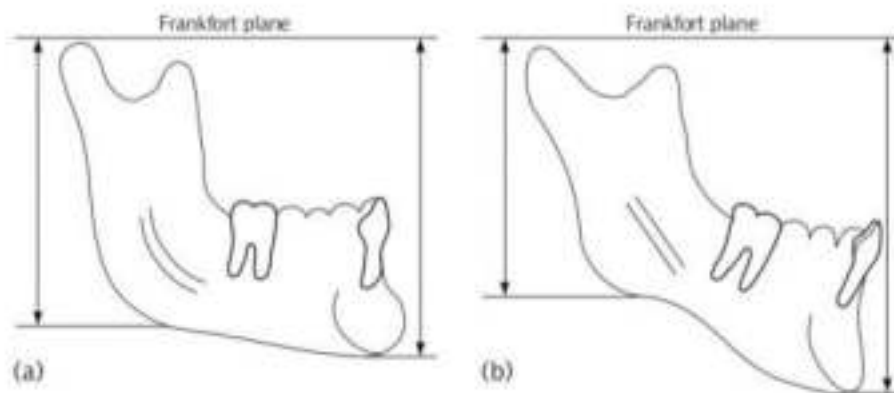




**Gambar 2.1.** Arah pertumbuhan kondilus dan rotasi pertumbuhan mandibula: (a) rotasi ke depan; (b) rotasi ke belakang (Premkumar, 2011).

Rotasi pertumbuhan paling jelas dan memiliki dampak terbesar pada mandibula; efeknya pada maksila kecil dan hampir sepenuhnya tertutupi oleh remodeling permukaan. Namun, dalam mandibula, pengaruhnya signifikan, khususnya dalam dimensi vertikal. Rotasi pertumbuhan mandibula dihasilkan dari interaksi pertumbuhan sejumlah struktur yang bersama-sama menentukan rasio ketinggian wajah posterior dan anterior (Gambar 2.2). Tinggi muka posterior ditentukan oleh faktor-faktor termasuk arah pertumbuhan di kondilus, pertumbuhan vertikal pada sinkondrosis sphenoccipital dan pengaruh otot pengunyahan pada ramus. Tinggi muka anterior dipengaruhi oleh erupsi gigi dan pertumbuhan vertikal jaringan lunak, termasuk otot-otot suprahyoid dan fasial, yang pada gilirannya dipengaruhi oleh pertumbuhan tulang belakang. Arah keseluruhan rotasi pertumbuhan dengan demikian merupakan hasil dari pertumbuhan banyak struktur.





**Gambar 2.2.** Rotasi pertumbuhan mandibula mencerminkan rasio antara tinggi muka anterior dan posterior, di sini ditunjukkan relatif terhadap bidang Frankfort Horizontal (a) rotasi ke depan; (b) rotasi ke belakang (Premkumar, 2011).

Sebelum pertumbuhan pubertas terjadi pada tingkat yang stabil dengan peningkatan 1-2 mm per tahun pada tinggi ramus dan 2-3 mm per tahun pada panjang tubuh. Namun, tingkat pertumbuhan dapat berlipat ganda selama masa pubertas dan lonjakan pertumbuhan terkait.

Pertumbuhan mandibula melambat ke tingkat dewasa daripada pertumbuhan maksila, rata-rata sekitar 17 tahun pada anak perempuan dan 19 tahun pada anak laki-laki, meskipun mungkin berlanjut lebih lama.

Rotasi pertumbuhan ke depan lebih umum daripada rotasi ke belakang, dengan rata-rata rotasi ke depan ringan yang menghasilkan penampilan wajah yang seimbang. Rotasi pertumbuhan ke depan yang cenderung ditandai menghasilkan penurunan proporsi wajah vertikal anterior dan peningkatan





*overbite* (Gambar 2.3), dan semakin parah rotasi ke depan semakin sulit untuk mengurangi *overbite* tersebut. Demikian pula, rotasi yang lebih ke belakang akan cenderung menghasilkan peningkatan proporsi wajah vertikal anterior dan pengurangan *overbite* atau *open bite anterior* (Gambar 2.4).

Dimensi vertikal tidak hanya dipengaruhi, tetapi ada juga efek anteroposterior yang penting. Misalnya, koreksi maloklusi Kelas II akan dibantu oleh rotasi pertumbuhan ke depan, tetapi menjadi lebih sulit oleh rotasi ke belakang. Rotasi pertumbuhan juga memiliki efek pada posisi *lower labial segment*. Rotasi pertumbuhan ke depan cenderung menyebabkan retroklinasi *lower labial segment* yang sering dikaitkan dengan pemendekan lengkung gigi di bagian anterior dan *crowding* pada gigi insisif mandibula. Penjelasan yang mungkin untuk ini adalah bahwa, karena lengkung bawah di bawa ke depan pada pertumbuhan mandibula, pergerakan ke depan dari mahkota gigi insisif mandibula dibatasi oleh kontak dengan gigi insisif maksila, sehingga menyebabkan *crowding*. Ini umum terjadi pada tahap pertumbuhan yang paling akhir ketika pertumbuhan mandibula berlanjut setelah pertumbuhan maksila selesai, meskipun pertumbuhan wajah hanya salah satu dari sejumlah faktor etiologi yang mungkin terjadi pada berdesakan insisif mandibula.





**Gambar 2.3.** Rotasi pertumbuhan ke depan. Garis tebal = usia 11 tahun, garis putus-putus = usia 18 tahun (Premkumar, 2011).



**Gambar 2.4.** Rotasi pertumbuhan ke belakang. Garis tebal = usia 12 tahun, garis putus-putus = usia 19 tahun (Premkumar, 2011).

Dengan demikian rotasi pertumbuhan memainkan bagian penting dalam etiologi maloklusi tertentu dan harus diperhitungkan dalam perencanaan perawatan ortodontik. Penting untuk mencoba menilai arah rotasi pertumbuhan mandibula secara klinis. Ini tidak sepenuhnya lurus ke depan karena efek rotasi pertumbuhan pada mandibula sedikit banyak ditutupi oleh remodeling permukaan, terutama di sepanjang batas bawah



mandibula dan pada sudut mandibula. Namun, dimungkinkan untuk membuat penilaian yang berguna dari pola pertumbuhan wajah pasien dengan memeriksa proporsi wajah anterior dan sudut bidang mandibula seperti yang dijelaskan. Proporsi wajah yang meningkat dan bidang mandibula yang curam menunjukkan bahwa arah pertumbuhan mandibula memiliki substansi lebih ke bawah, sementara proporsi wajah berkurang dan bidang mandibula datar menunjukkan bahwa arah pertumbuhan lebih ke depan. Juga bermanfaat untuk memeriksa bentuk batas bawah mandibula. Batas bawah yang cekung dengan sudut gonial yang lebar sering dikaitkan dengan rotasi ke belakang, sedangkan batas bawah cembung dikaitkan dengan rotasi pertumbuhan ke depan (lihat Gambar 2.3 dan 2.4).

## **2.1. Pertumbuhan Kraniofasial pada Orang Dewasa**

Analisis data longitudinal dari 163 kasus yang berusia 17-83 tahun dari studi pertumbuhan Bolton di AS menunjukkan bahwa dimensi wajah terus meningkat sepanjang hidup.

Hampir semua subjek (95%) menunjukkan peningkatan ukuran untuk pengukuran tertentu. Peningkatan ukuran antara 2% dan 10% adalah rata-rata. Basis kranial berubah sedikit; ada peningkatan ukuran tulang wajah yang moderat; ukuran sinus depan meningkat lebih banyak dari pada tulang wajah, dan jaringan lunak meningkat paling banyak. Perubahan vertikal mendominasi kemudian di masa dewasa dengan rotasi mandibula



ke depan yang lebih umum pada pria dan rotasi ke belakang lebih sering terjadi pada wanita.

Pertumbuhan wajah tidak lagi disebut sebagai pertumbuhan lengkap, melainkan menurun ke tingkat pertumbuhan orang dewasa setelah tingkat puncak pertumbuhan terlihat selama *pubertal growth spurt*. Penurunan tingkat pertumbuhan orang dewasa terjadi dengan cara yang dapat diprediksi (Tabel 2.1).

**Tabel 2.1.** Penurunan tingkat pertumbuhan orang dewasa

Dimensi	Wanita	Laki-laki
Transversal	12 tahun (maksila)	12 tahun (maksila)
(Lebar interkaninus)	9 tahun (mandibula)	9 tahun (mandibula)
Anteoposterior	2-3 tahun setelah menstruasi pertama	4 tahun setelah kematangan seksual
	14-15 tahun (maksila)	17 tahun (maksila)
	16-17 tahun (mandibula)	19 tahun (mandibula)
Vertikal	17-18 tahun	Awal 20an

## 2.2. Pertumbuhan Jaringan Lunak

Sejauh ini dalam bab ini kita telah berkonsentrasi pada pertumbuhan kerangka wajah. Namun, bentuk tulang wajah dapat ditutupi atau ditekan oleh bentuk dan fungsi jaringan lunak dari hidung dan sekitar mulut. Jaringan lunak di sekitar mulut (muskulatur) juga penting dalam kaitannya dengan perawatan ortodontik karena mereka secara signifikan mempengaruhi bentuk lengkung gigi, karena gigi diposisikan di daerah yang relatif stabil



di antara lidah pada lingual dan bibir serta pipi pada labial dan bukal. Oleh karena itu mereka adalah faktor penting dalam etiologi maloklusi, dan mempengaruhi stabilitas hasil setelah perawatan ortodontik.

Otot-otot wajah berkembang dengan baik saat lahir, jauh sebelum anggota badan, karena kebutuhan bayi untuk menyusu dan mempertahankan jalan napas. Fungsi lain segera berkembang: pengunyahan saat gigi erupsi, ekspresi wajah, pola menelan yang matang (sebagai lawan menyusu), dan bicara.

Bibir, lidah, dan pipi memandu gigi yang erupsi saling berhadapan untuk mencapai oklusi fungsional. Ini berfungsi sebagai mekanisme kompensasi untuk perbedaan dalam pola kerangka; misalnya, pada Kelas III gigi insisif mandibula dapat menjadi retroklinasi dan gigi insisif maksila proklinasi untuk mendapatkan kontak gigi insisif. Kadang-kadang mekanisme kompensasi ini gagal, baik karena masalah skeletal terlalu parah atau jaringan lunaknya tidak normal. Contoh dari ini adalah di mana fungsi bibir bawah memperburuk maloklusi Kelas II divisi 1 dengan berada di belakang gigi insisif maksila daripada di bagian anterior dari gigi insisif.

Pengetahuan tentang kemungkinan perubahan bentuk jaringan lunak yang terjadi karena pertumbuhan sangat penting bagi dokter gigi, terutama selama fase perencanaan perawatan. Perubahan signifikan terjadi selama percepatan pertumbuhan remaja, beberapa di antaranya menunjukkan dimorfisme seksual.



Waktu perubahan keseluruhan terbesar pada jaringan lunak terjadi antara usia 10 dan 15 tahun pada anak perempuan, dengan sebagian besar perubahan terjadi pada usia 12 tahun, tetapi pada anak laki-laki perubahan keseluruhan terbesar terjadi pada usia 15 tahun dan 25 tahun, meskipun sebagian besar perubahan selesai pada remaja akhir.

Struktur hidung mengalami pertumbuhan paling besar selama masa remaja dan ukurannya meningkat 25% lebih tinggi dari maksila. Pertumbuhan hidung pada anak perempuan memuncak pada usia 12 tahun dan lengkap, rata-rata, pada usia 16 tahun. Namun, pertumbuhan hidung pada anak laki-laki memuncak antara usia 13 sampai 14 tahun dan berlanjut lebih lama. Masih ada pertumbuhan hidung yang signifikan pada pria saat dewasa. Bibir mengalami peningkatan panjang dan ketebalan pada kedua jenis kelamin, meskipun pertumbuhan keduanya lebih untuk anak laki-laki dan berlanjut lebih lama. Pertumbuhan jaringan lunak yang menutupi tulang dagu mengikuti perkembangan tulang-tulang tersebut dan karenanya, dagu menjadi lebih menonjol pada pria karena rotasi pertumbuhan mandibula ke atas dan ke depan. Pada kedua jenis kelamin ada juga keunggulan yang lebih besar dari alis, pendalaman mata dan perataan pipi. Namun, secara umum perubahan lebih besar pada anak laki-laki daripada perempuan dan terjadi sekitar 2 tahun kemudian pada anak laki-laki daripada perempuan.



Kombinasi dari pola pertumbuhan di atas dari struktur yang berbeda memiliki pengaruh penting pada penampilan wajah: hidung menjadi lebih menonjol pada kedua jenis kelamin yang mengarah pada bibir yang retrusi atau datar pada kedua jenis kelamin, meskipun terjadi peningkatan ketebalan bibir; dagu menjadi lebih menonjol pada pria, tetapi sedikit berubah, atau mungkin menjadi lebih retrusif pada anak perempuan, terutama saat dewasa. Perubahan 3D dalam pola jaringan lunak dan bentuk wajah pada orang yang tidak dirawat dan subjek yang telah menjalani berbagai jenis perawatan ortodontik adalah bidang penelitian yang sangat aktif.

Bibir yang retrusi selama masa pertumbuhan remaja dari jaringan lunak perlu dipertimbangkan selama perencanaan perawatan, terutama pada individu dengan maloklusi Kelas II. Namun, peningkatan panjang bibir sangat bermanfaat selama perawatan pasien dengan peningkatan *overjet* karena peningkatan panjang bibir berguna untuk stabilitas koreksi *overjet*.

### **2.3. Kontrol Pertumbuhan Kerangka Wajah**

Mekanisme yang mengontrol pertumbuhan wajah kurang dipahami, tetapi merupakan subjek yang cukup diminati dan diteliti. Seperti semua pertumbuhan dan perkembangan, ada interaksi antara faktor genetik dan lingkungan, tetapi jika faktor lingkungan dapat membuat dampak signifikan pada pertumbuhan



wajah maka ada kemungkinan bagi dokter untuk mengubah pertumbuhan wajah dengan perawatan.

Seringkali sulit untuk membedakan efek keturunan dan lingkungan, tetapi sangat membantu untuk mempertimbangkan seberapa erat pertumbuhan dan perkembangan struktur atau jaringan di bawah kendali genetik. Dua contoh sederhana menggambarkan hal ini: jenis kelamin ditentukan secara genetik dan tidak berubah betapa pun ekstrimnya kondisi lingkungan, sementara obesitas sangat dipengaruhi oleh pengaruh lingkungan

- sifat dan jumlah makanan yang dikonsumsi dan olahraga yang dilakukan. Sebagian besar struktur, termasuk kerangka wajah dan jaringan lunak, dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan, dan efeknya nanti tergantung pada seberapa ketat pertumbuhan di bawah kendali genetik.

Kontrol genetik tidak diragukan lagi signifikan dalam pertumbuhan wajah, seperti yang jelas ditunjukkan oleh kesamaan wajah pada anggota keluarga. Studi pada anak kembar, meskipun secara metodologis cacat dalam banyak hal, telah menunjukkan bahwa genotipe memiliki lebih banyak pengaruh pada bentuk wajah anteroposterior daripada bentuk wajah vertikal. Maloklusi Kelas III adalah contoh dari pengaruh genetik. Dalam satu penelitian, 33% anak-anak dari orang tua Kelas III juga Kelas III dan 16% memiliki saudara kandung Kelas III. Juga maloklusi Kelas III jauh lebih umum di beberapa kelompok ras dan sangat lazim di





Asia Tenggara, sedangkan maloklusi Kelas II lebih umum di Eropa Barat Laut.

Sejauh mana kerangka wajah itu sendiri berada di bawah kendali genetika telah diperdebatkan panjang lebar dalam beberapa dekade terakhir, dengan perkembangan dua aliran pemikiran yang berseberangan. Pertumbuhan di kartilago primer dianggap berada di bawah kontrol genetik yang ketat, dengan kartilago itu sendiri mengandung pemrograman genetik yang diperlukan. Oleh karena itu, mereka yang melihat pertumbuhan seluruh kerangka wajah secara langsung dan terkendali secara genetik telah mencari pusat pertumbuhan kartilago primer di tulang wajah. Awalnya, diperkirakan bahwa kartilago kondilus memenuhi peran ini di mandibula, sedangkan kartilago septum hidung memiliki fungsi yang sama di maksila. Namun, struktur dan perilaku kartilago ini berbeda dari pertumbuhan kartilago primer, dan saat ini diperkirakan bahwa, meskipun kehadiran mereka diperlukan untuk pertumbuhan normal terjadi, mereka bukan pusat pertumbuhan primer dalam mereka sendiri.

Aliran pemikiran yang berlawanan mengusulkan bahwa pertumbuhan tulang itu sendiri hanya di bawah kendali genetik yang longgar dan terjadi sebagai tanggapan terhadap pertumbuhan jaringan lunak di sekitarnya - matriks fungsional yang menginvestasikan tulang. Contoh dari matriks fungsional adalah pola pertumbuhan neural dari kalvarium dan orbit, yang berkembang secara intramembran dan membesar sebagai respons



terhadap pertumbuhan otak dan mata. Teori matriks fungsional juga bekerja sehubungan dengan mandibula: bentuk dari *coronoid process* dan sudut mandibula dipengaruhi oleh fungsi otot-otot yang melekat (temporalis, masseter, dan pterigoid medial). Juga, *alveolar processes* hanya berkembang jika gigi ada. Namun, teori matriks fungsional tidak dapat dengan mudah menjelaskan pertumbuhan wajah bagian tengah karena tidak ada pertumbuhan jaringan lunak yang mempengaruhi wilayah ini. Teori ini telah menarik banyak perhatian karena, jika diambil ke kesimpulan logis, itu menyiratkan bahwa peralatan ortodontik dapat digunakan untuk mengubah pertumbuhan wajah.

Sebagian besar kegiatan penelitian saat ini dalam kaitannya dengan kontrol genetik perkembangan dan pertumbuhan wajah berkonsentrasi pada peran gen Hox dan berbagai faktor pertumbuhan dan persinyalan molekul dalam mempengaruhi pertumbuhan wajah. Namun, ada tiga teori utama tentang kemungkinan pengaruh lingkungan terhadap perkembangan vertikal wajah: pernapasan mulut; peregangan jaringan lunak dan struktur / fungsi otot pengunyahan.

Teori bahwa pernapasan mulut menyebabkan gigi keluar dari oklusi dan, oleh karena itu, memungkinkan pengembangan berlebihan dari struktur dentoalveolar yang mendorong mandibula ke bawah dan ke belakang (rotasi pertumbuhan posterior) dirancang pada tahun 1970-an. Diamati bahwa anak-anak yang membutuhkan adenoidektomi adalah anak-anak dengan



pernapasan mulut karena adenoid yang besar telah mengurangi kemampuan untuk bernapas melalui hidung. Studi ini menunjukkan bahwa 26% anak-anak yang menjalani pengangkatan kelenjar adenoid mereka kembali ke pola pertumbuhan vertikal yang lebih normal. Sayangnya, tidak ada kontrol dalam penelitian ini. Bukti yang lebih baru menunjukkan bahwa peningkatan pertumbuhan mandibula setelah adenoidektomi yang dilaporkan lebih mungkin karena normalisasi sekresi hormon pertumbuhan nokturnal, yang berkurang pada pasien sebelum adenoidektomi. Anak-anak ini juga menunjukkan percepatan pertumbuhan somatik pasca operasi dan telah dikemukakan bahwa pertumbuhan pada kondilus mandibula bertanggung jawab atas perubahan arah pertumbuhan mandibula, daripada perubahan dalam pola pernapasan.

Telah dicatat, juga pada tahun 1970-an bahwa sudut yang dibuat oleh basis kranial anterior dengan vertebra serviks berbeda antara subjek dengan wajah panjang dan subjek dengan wajah normal atau pendek. Diusulkan bahwa gangguan pernapasan hidung menyebabkan subjek memiliki kepala yang panjang untuk membuka jalan napas hidung. Hal ini menyebabkan peregangan jaringan lunak leher yang menempel pada mandibula dan ini, pada gilirannya, menyebabkan rotasi pertumbuhan posterior mandibula.

Ketertarikan pada peran otot-otot pengunyahan (masseter) muncul pada akhir 1960-an ketika ditunjukkan bahwa subjek



dengan wajah pendek memiliki kekuatan gigitan yang jauh lebih kuat daripada subjek dengan wajah panjang. Pengamatan ini menghasilkan teori bahwa otot yang lemah memungkinkan mandibula untuk berputar ke belakang sedangkan otot yang kuat meningkatkan rotasi pertumbuhan anterior. Sementara teori ini menjelaskan perkembangan wajah pendek dan wajah panjang, penelitian terbaru menunjukkan bahwa oklusi memiliki pengaruh signifikan terhadap struktur / fungsi masseter. Oleh karena itu, otot dapat mempengaruhi bentuk wajah dan oklusi, tetapi oklusi (maloklusi) mempengaruhi fungsi / struktur otot. Membawa argumen ini ke kesimpulan logisnya menunjukkan bahwa pengaruh lingkungan apa pun pada oklusi, misalnya pernapasan mulut, mengisap jempol, perawatan gigi, pada individu yang memiliki kecenderungan genetik, mempengaruhi struktur dan fungsi otot pengunyahan sampai batas yang mempengaruhi pertumbuhan wajah kedepannya dalam dimensi vertikal.

Masih banyak yang harus dipahami tentang bagaimana pertumbuhan wajah dikendalikan dan apakah peralatan ortodontik dapat mempengaruhi pertumbuhan wajah. Penelitian mengenai pengaruh peralatan ortodontik sulit dilakukan dan saat ini bukti bahwa dampak dari metode perawatan ortodontik pada pertumbuhan wajah rata-rata cukup kecil. Namun, ada variasi yang cukup besar dalam respon masing-masing pasien.



#### 2.4. Prediksi pertumbuhan

Akan sangat berguna jika kita dapat memprediksi pertumbuhan wajah anak di masa depan, terutama dalam kasus- kasus yang berada pada batas apa yang dapat dicapai oleh perawatan ortodontik. Agar prediksi pertumbuhan berguna secara klinis, maka harus dapat memprediksi jumlah, arah, dan waktu pertumbuhan berbagai bagian kerangka wajah hingga tingkat akurasi yang tinggi.

Saat ini tidak ada prediktor yang diketahui yang dapat diukur, baik secara klinis pada pasien atau dari radiografi, yang akan memungkinkan pertumbuhan di masa depan dapat diprediksi dengan presisi. Banyak pekerjaan telah dilakukan untuk mencoba menemukan pengukuran yang dapat diambil dari radiografi sefalometri yang akan memprediksi pertumbuhan wajah masa depan ke tingkat presisi yang berguna, tetapi sejauh ini dengan keberhasilan yang terbatas. Penilaian karakteristik tinggi badan dan jenis kelamin sekunder membantu menunjukkan apakah pasien telah memasuki *pubertal growth spurt*, sebuah pengamatan penting ketika peralatan fungsional dipertimbangkan. Secara histori, pertumbuhan rahang dianggap mengikuti pola pertumbuhan somatik, dan kemungkinan telah diselidiki bahwa pengamatan tahap perkembangan bagian lain dari kerangka akan memberikan indikasi tahap perkembangan wajah. Tahap pematangan tulang metakarpal dan falang seperti yang terlihat pada radiografi *hand-wrist* dan tahap pematangan vertebra serviks



seperti yang terlihat pada radiografi sefalometri lateral keduanya digunakan sebagai indikasi tahap pubertas individu. Namun, korelasi ini dengan pertumbuhan rahang telah ditemukan terlalu buruk untuk memberikan informasi yang berguna secara klinis, mungkin karena pertumbuhan maksila dan mandibula mengikuti pola antara pola neural dan somatik. Yang terbaik yang bisa dilakukan adalah menambahkan peningkatan pertumbuhan rata-rata ke pola wajah pasien yang ada, tetapi ini hanya memiliki nilai terbatas. Ini dapat dilakukan secara manual menggunakan pola yang di superimposisi pada *tracing* sefalometri lateral pasien, dan peningkatan pertumbuhan tahunan rata-rata dibacakan untuk memprediksi perubahan posisi berbagai *landmark* sefalometri. Program komputer dapat digunakan untuk tujuan yang sama, setelah titik dan *outline* dari radiograf sefalometri lateral telah ditentukan. Program-program ini dapat memperbaiki proses prediksi lebih lanjut tetapi mereka masih harus membuat beberapa asumsi tentang laju dan arah pertumbuhan wajah. Sayangnya, asumsi bahwa pola pertumbuhan pasien di masa depan akan menjadi rata-rata adalah paling tidak sesuai pada individu-individu yang pertumbuhan wajahnya berbeda secara signifikan dari rata-rata, dan yang merupakan subjek yang sangat berguna dalam prediksi akurat. Saat pertumbuhan berlangsung, laju dan arah pertumbuhan pada individu cukup bervariasi sehingga studi tentang pola pertumbuhan wajah pasien di masa lalu tidak memungkinkan prediksi pertumbuhan di masa depan hingga



tingkat presisi yang diperlukan agar bermanfaat secara klinis. Namun, banyak dokter merasa perlu untuk menilai arah rotasi pertumbuhan mandibula (lihat Bagian 4.8) dengan asumsi bahwa pola ini kemungkinan akan berlanjut.

Pengalaman klinis telah menunjukkan bahwa untuk sebagian besar pasien, yang pola pertumbuhannya mendekati rata-rata, dapat diasumsikan untuk tujuan perencanaan perawatan bahwa pertumbuhan mereka akan terus menjadi rata-rata.

### **Rangkuman**

Rotasi pertumbuhan paling jelas dan memiliki dampak terbesar pada mandibula; efeknya pada maksila kecil dan hampir sepenuhnya tertutupi oleh remodeling permukaan. Jaringan lunak di sekitar mulut (muskulatur) juga penting dalam kaitannya dengan perawatan ortodontik karena mereka secara signifikan mempengaruhi bentuk lengkung gigi.

### **Latihan**

1. Hal apa yang bisa mempengaruhi tinggi wajah anterior dan posterior?
2. Sebutkan perbedaan yang terlihat pada rotasi ke depan dan ke belakang.
3. Apa peranan jaringan lunak terhadap susunan gigi maupun maloklusi?
4. Jelaskan yang dimaksud dengan teori matriks fungsional.
5. Hal apa yang setidaknya bisa dilakukan untuk memprediksi pertumbuhan?



**DAFTAR PUSTAKA**

- Enlow, DH., Hans, MG. 1996. *Essential of Facial Growth*. United states: W.B. Saunders Company.
- Mitchell, L., Littlewood, SJ., Nelson-Moon, ZL., Dyer, F. 2013. *An Introduction to Orthodontics*. 4<sup>th</sup> ed. United Kingdom: Oxford University Press.
- Premkumar, S. 2011. *Textbook of Craniofacial Growth*. 1<sup>st</sup> ed. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd.
- Proffit, WR., Fields, HW., and Sarver, DM. 2019. *Contemporary Orthodontics*. 6<sup>th</sup> ed. Philadelphia: Elsevier Inc.
- Singh, Gurkeerat. 2015. *Textbook of Orthodontics*. 3<sup>rd</sup> 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.



# Pertumbuhan Kraniofasial Setelah Kelahiran

## ORIGINALITY REPORT

3%

SIMILARITY INDEX

2%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

1%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

1	<b>Submitted to Universitas Indonesia</b> Student Paper	1%
2	<b>qdoc.tips</b> Internet Source	<1%
3	<b>Submitted to University of College Cork</b> Student Paper	<1%
4	<b>Submitted to Curtin University of Technology</b> Student Paper	<1%
5	<b>Submitted to Cardiff University</b> Student Paper	<1%
6	<b>ufdcimages.uflib.ufl.edu</b> Internet Source	<1%
7	<b>www.elsevier.es</b> Internet Source	<1%
8	<b>repozitorij.unizg.hr</b> Internet Source	<1%
9	<b>angelahilda.blogspot.com</b> Internet Source	<1%
10	<b>Bodil Rune, Karl-Victor Sarnäs, Göran Selvik, Sten Jacobsson. "Movement of maxillary segments after expansion and/or secondary bone grafting in cleft lip and palate: A roentgen stereophotogrammetric study with the aid of metallic implants", American Journal of Orthodontics, 1980</b> Publication	<1%

- |    |   |     |
|----|---|-----|
| 11 | Roxanne Thornton, A. L. Edkins, E. F. Hutchinson. "Contributions of the pars lateralis, pars basilaris and femur to age estimations of the immature skeleton within a South African forensic setting", International Journal of Legal Medicine, 2019<br>Publication | <1% |
| 12 | <a href="http://keretamalam1000.wordpress.com">keretamalam1000.wordpress.com</a><br>Internet Source   | <1% |
| 13 | <a href="http://herkules.oulu.fi">herkules.oulu.fi</a><br>Internet Source   | <1% |
| 14 | <a href="http://digital.lib.washington.edu">digital.lib.washington.edu</a><br>Internet Source   | <1% |
| 15 | <a href="http://iahe.com">iahe.com</a><br>Internet Source   | <1% |
| 16 | <a href="http://www.debahjenabiah.com">www.debahjenabiah.com</a><br>Internet Source   | <1% |
| 17 | <a href="http://cybertesis.unmsm.edu.pe">cybertesis.unmsm.edu.pe</a><br>Internet Source   | <1% |
| 18 | <a href="http://repository.unair.ac.id">repository.unair.ac.id</a><br>Internet Source   | <1% |
| 19 | Vivi Linda Fristianti, Nur Hidayat, Slamet Iskandar. "Kajian Kandungan Fe dalam Air Tanah Terhadap Kadar Ekskresi Yodium dalam Urin pada Anak Sekolah di Desa Cerme Kecamatan Panjatan Kabupaten Kulon Progo", JURNAL NUTRISIA, 2017<br>Publication                 | <1% |
| 20 | <a href="http://tefandreas.blogspot.com">tefandreas.blogspot.com</a><br>Internet Source   | <1% |
| 21 | <a href="http://www.dokter.id">www.dokter.id</a><br>Internet Source   | <1% |

Anthony S. Wibawa, Ellen Gunawan, Herry E. J. Pandaleke. "Profil penyakit infeksi kulit karena virus pada anak di Divisi Dermatologi Anak Poliklinik Ilmu Kesehatan Kulit dan Kelamin RSUP Prof. Dr. R. D. Kandou Manado periode tahun 2013 - 2015", JURNAL BIOMEDIK (JBM), 2017

&lt;1%

Publication

---

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off

# 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

---

PAGE 66

---

PAGE 67

---

PAGE 68

---

PAGE 69

---

PAGE 70

---

PAGE 71

---

PAGE 72

---

PAGE 73

---

PAGE 74

---

PAGE 75

---

PAGE 76

---

PAGE 77

---

PAGE 78

---

PAGE 79

---

PAGE 80

---

PAGE 81

---

PAGE 82

---

PAGE 83

---

PAGE 84

---

PAGE 85

---

PAGE 86

---

PAGE 87

---

PAGE 88

---

PAGE 89

---

PAGE 90

---

PAGE 91

---

PAGE 92

---

PAGE 93

---

PAGE 94

---

PAGE 95

---

PAGE 96

---

PAGE 97

---

PAGE 98

---

PAGE 99

---

PAGE 100

---

PAGE 101

---

PAGE 102

---

PAGE 103

---

PAGE 104

---

PAGE 105

---

PAGE 106

---