

PERBEDAAN KEKUATAN KOMPRESI DAN PERUBAHAN DIMENSI GIPSUM TIPE III KOMERSIAL DENGAN GIPSUM TIPE III DAUR ULANG UNTUK MODEL KERJA GIGI TIRUAN

(THE DIFFERENCE ON COMPRESSIVE STRENGTH AND DIMENSIONAL CHANGE OF COMMERCIAL TYPE III GYPSUM COMPARED TO RECYCLE GYPSUM TYPE III TO PRODUCE WORKING CAST)

Siti Wahyuni*, Haslinda Z. Tamin*, Harry Agusnar**

*Departemen Prostodonsia FKG USU

Jalan Alumni No. 2 Kampus FKG USU Medan

**Departemen Kimia FMIPA USU

Jalan Bioteknologi 1 Kampus FMIPA USU Medan

Email: siti.wahyuni@usu.ac.id

Abstract

Gypsum is derived from pure calcium sulfate dehydrate which is a common material that is commonly used in denture manufacturing process. This study aimed to know the difference on compressive strength and dimensional change of commercially type III gypsum compared to recycle type III gypsum to produce working cast. The type of research is laboratory experiment. A total of 40 samples for each test is divided into five groups which consists of commercial type III gypsum, pure recycled type III gypsum, pure recycled type III gypsum with 10%, 20%, 30% type III commercial gypsum. The difference on compressive strength and dimensional change between the groups was analyzed using one way ANOVA and is then tested with LSD test. The result showed that there was a significant difference ($p < 0,05$) between compressive strength and dimensional change of commercial type III gypsum compared to pure recycled type III gypsum and pure recycled type III gypsum with 10%, 20% and 30% type III commercial gypsum. In conclusion, addition of 30% commercial gypsum in recycled gypsum the compressive strength was higher than other recycled gypsum types.

Key words: gypsum, microscopic structure, compressive strength, dimensional change

Abstrak

Gypsum yang berasal dari kalsium sulfat dihidrat murni merupakan bahan yang umum digunakan dalam proses pembuatan gigi tiruan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan kekuatan kompresi dan perubahan dimensi gipsum tipe III komersial dengan gipsum tipe III daur ulang untuk model kerja gigi tiruan. Jenis penelitian adalah eksperimental laboratoris. Sampel yang berjumlah 40 sampel untuk setiap uji dibagi atas lima kelompok yang terdiri atas kelompok gipsum tipe III komersial, gipsum tipe III daur ulang murni, gipsum tipe III daur ulang dengan penambahan 10%, 20% dan 30% gipsum tipe III komersial. Perbedaan kekuatan kompresi dan perubahan dimensi antar kelompok dianalisis dengan menggunakan uji ANOVA satu arah dan dilanjutkan dengan uji LSD. Hasil penelitian menunjukkan ada perbedaan yang bermakna ($p < 0,05$) antara kekuatan kompresi dan perubahan dimensi gipsum tipe III komersial dengan gipsum tipe III daur ulang murni dan gipsum tipe III daur ulang dengan penambahan 10%, 20%, 30% gipsum tipe III komersial. Sebagai kesimpulan, penambahan 30% gipsum komersial pada gipsum daur ulang memiliki kekuatan kompresi yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok gipsum daur ulang lainnya.

Kata kunci: gipsum, struktur mikroskopis, kekuatan kompresi, perubahan dimensi

PENDAHULUAN

Gypsum merupakan mineral yang ditambang dari berbagai belahan dunia dan mulai digunakan di bi-

dang kedokteran gigi untuk membuat model sejak tahun 1756. Bahan gipsum yang di hasilkan untuk kedokteran gigi berasal dari kalsium sulfat dihidrat

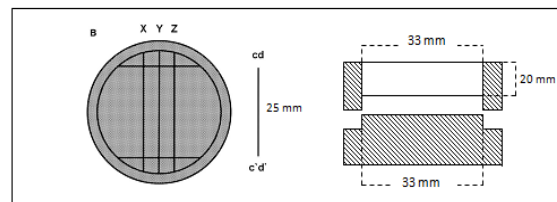
murni ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) yang dipanaskan sehingga terbentuk kalsium sulfat hemihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$). Produk gipsum dalam kedokteran gigi digunakan untuk berbagai aplikasi yaitu pembuatan dai untuk mahkota dan jembatan, pembuatan model studi dan model kerja, serta sebagai bahan pemendaman kuvet dalam pembuatan gigi tiruan.¹ Menurut spesifikasi American Dental Association (ADA) No. 25 gipsum dalam kedokteran gigi dapat diklasifikasikan menjadi lima tipe. Tipe I impression plaster, tipe II model plaster, tipe III dental stone, tipe IV die stone: high strength, dan tipe V die stone: high strength, high expansion.¹⁻²

Tipe gipsum yang umum digunakan untuk pembuatan model gigi tiruan terbuat dari gipsum tipe III. Setelah gigi tiruan selesai dibuat, maka model gigi tiruan akan menjadi limbah. Limbah gipsum tidak mudah terurai sehingga dapat mencemari lingkungan. Limbah gipsum bila terus dibiarkan menumpuk akan terus bertambah banyak yang mengakibatkan pencemaran lingkungan akan semakin besar. Mengingat sifat kimia gipsum yang reversible, maka perlu dilakukan upaya untuk mengolahnya kembali. Berdasarkan penelitian Bardella dkk menyatakan bahwa gipsum dapat didaur ulang dengan proses pemanasan. Hasil penelitiannya menunjukkan keadaan mikrostruktural jarum kristal gipsum daur ulang yang mirip dengan gipsum komersial, tetapi terdapat molekul air yang terperangkap pada kisi kristal, sehingga pada saat reaksi pengerasan, kristal dapat tumbuh lebih bebas. Pertumbuhan kristal ini akan memengaruhi kekuatan kompresi dan perubahan dimensi dari model gigi tiruan.³ Kekuatan kompresi yang tinggi sangat diperlukan untuk proses pembuatan gigi tiruan baik secara klinis maupun laboratoris. Abidoye melakukan daur ulang pada papan gipsum dan menggunakannya dengan penambahan gipsum murni sebanyak 10%, 20%, dan 30% untuk menambah kekuatan kompresi. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kekuatan kompresi dari gipsum tipe II daur ulang yang dipanaskan pada suhu 1600C dengan kombinasi penambahan gipsum pabrikan 30% sebesar 301 KN/m².⁴ Penambahan sedikit gipsum komersial pada gipsum daur ulang akan merangsang pertumbuhan kristal dihidrat sehingga ikatan antar kristal semakin rapat. Selain kekuatan kompresi hal yang terpenting mengenai karakteristik gipsum yang lain adalah perubahan dimensi. Perubahan dimensi mempengaruhi hasil akhir terhadap kesesuaian bahan atau gigi tiruan di rongga mulut. Perubahan dimensi gipsum dapat dilihat selama proses pengerasan. Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa perubahan tersebut dapat berlangsung hingga 120 jam.⁵⁻⁶

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui perbedaan kekuatan kompresi dan perubahan dimensi gipsum tipe III komersial dengan gipsum tipe III daur ulang murni, gipsum tipe III daur ulang dengan penambahan 10%, 20% dan 30% gipsum komersial

BAHAN DAN METODE

Jenis penelitian ini adalah eksperimental laboratoris dan desain penelitian complete randomized design. Sampel pada penelitian ini adalah gipsum tipe III komersial (kelompok A), gipsum tipe III daur ulang murni (kelompok B), gipsum tipe III daur ulang dengan penambahan 10 % gipsum komersial (kelompok C1), gipsum tipe III daur ulang dengan penambahan 20% gipsum komersial (kelompok C2), gipsum tipe III daur ulang dengan penambahan 30% gipsum komersial (kelompok C3). Sampel kekuatan kompresi berbentuk silindris berukuran diameter 20 mm dan tinggi 40 mm. Sampel perubahan dimensi berbentuk silindris yang dibentuk dengan ruled block dan gipsum mold berdasarkan spesifikasi ADA no 19 (Gambar 1).⁷ Jumlah sampel untuk kelompok kekuatan kompresi dan perubahan dimensi masing-masing kelompok adalah 8 sampel. Pada penelitian ini untuk masing-masing uji akan diberikan 5 perlakuan sehingga jumlah seluruh sampel yang dibutuhkan untuk kekuatan kompresi adalah 40 sampel dan perubahan dimensi 40 sampel.



Gambar 1. Ukuran sampel untuk perubahan dimensi

Proses pembuatan gipsum daur ulang dilakukan dengan cara limbah gipsum tipe III yang akan didaur ulang dibersihkan, kemudian direndam dalam larutan NaOH selama 1 jam dan dicuci dengan akuades. Gipsum direndam kembali dalam larutan asam sulfat selama 1 jam dan dibilas hingga bersih. Limbah gipsum yang diperoleh dari model dipanaskan di dalam oven dengan suhu 1050C selama 1 jam untuk memudahkan proses pembubutan. Model gipsum dihaluskan dengan menggunakan mesin bubut sehingga terbentuk limbah bubuk gipsum. Bubuk limbah gipsum disaring dengan saringan partikel hingga ukuran partikel < 0,040 mm. Bubuk gipsum ditempatkan didalam wadah erlenmeyer kemudian dimasukkan kedalam autoklaf dengan suhu 128⁰ C selama 40 menit. Bubuk gipsum didinginkan sampai

mencapai suhu ruangan kemudian disimpan didalam wadah kering dan tertutup.

Untuk memperoleh sampel kelompok A yaitu dengan mencampurkan 30 ml akuades dan 100 gr bubuk gipsum komersial kemudian diaduk dengan bantuan mikser (Mixvac). Untuk memperoleh sampel kelompok B yaitu dengan mencampurkan 30 ml akuades dan 100 gr bubuk gipsum daur ulang murni yang diaduk dengan bantuan mikser (Mixvac). Untuk memperoleh sampel kelompok C1 yaitu dengan mencampurkan 30 ml akuades dan 90 gr bubuk gipsum daur ulang murni yang ditambah 10 gr gipsum komersial. Kelompok C2 diperoleh dengan mencampurkan 30 ml akuades dan 80 gr bubuk gipsum daur ulang murni yang ditambah 20gr gipsum komersial. Kelompok C3 diperoleh dengan mencampurkan 30 ml akuades dan 70 gr bubuk gipsum daur ulang murni yang ditambah 30 gr gipsum. Masing-masing adonan gipsum pada tiap kelompok dituangkan kedalam mold. Setelah 1 jam sampel gipsum dikeluarkan dari dalam mold. Sampel masing-masing perlakuan untuk uji kekuatan kompresi dan perubahan dimensi di uji setelah 120 jam.

Uji kekuatan kompresi dilakukan dengan menggunakan Torsee's Universal Testing Machine, Japan. Uji kekuatan kompresi di hitung dengan menggunakan rumus $CS = P \times 9,87 / \pi r^2$. Uji perubahan dimensi menggunakan traveling microscope. Setiap sampel dilakukan tiga pengukuran, yaitu pengukuran panjang garis cd-c'd' pada garis A, pengukuran panjang garis cd-c'd' pada garis B, dan pengukuran panjang garis cd-c'd' pada garis C. Hasil pengukuran dijumlahkan kemudian didapatkan rata-ratanya. Hasil rata-rata garis A, B dan C setiap sampel di masukkan kedalam rumus: $L1-L0 / L0 \times 100 = \%$. Nilai rerata dan standar deviasi untuk kekuatan kompresi dan perubahan dimensi dianalisis dengan menggunakan uji ANOVA satu arah. Untuk mengetahui pasangan perlakuan mana yang bermakna antar kelompok yang diberi perlakuan di uji dengan menggunakan uji statistik LSD. Korelasi antara kekuatan kompresi dan perubahan dimensi diperoleh dengan menggunakan uji Korelasi Pearson.

HASIL

Hasil penelitian menunjukkan rerata dan standar deviasi kekuatan kompresi untuk kelompok A adalah $25,99 \pm 0,28$ MPa. Kelompok B adalah $9,96 \pm 0,27$ MPa. Kelompok C1 adalah $11,36 \pm 0,30$ MPa. Kelompok C2 adalah $12,40 \pm 0,33$ MPa dan kelompok C3 adalah $14,06 \pm 0,26$ MPa. Hasil uji statistik Anova satu arah menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok A dengan

kelompok B, C1, C2 dan C3 dengan nilai $p=0,001$ ($p<0,05$) (Tabel1).

Tabel 1. Perbedaan kekuatan kompresi pada kelompok A, B, C1, C2, C3 dalam MPa Menggunakan Uji ANOVA

Kelompok	n	Kekuatan kompresi (MPa) rerata+SD	P
A	8	$25,99 \pm 0,28$	$p=0,0001^*$
B	8	$9,96 \pm 0,27$	
C1	8	$11,36 \pm 0,30$	
C2	8	$12,40 \pm 0,33$	
C3	8	$14,06 \pm 0,26$	

*signifikan ($p < 0,05$)

Hasil uji LSD menunjukkan perbedaan kekuatan kompresi yang signifikan antara kelompok A dengan kelompok B, C1, C2 dan C3 dengan nilai $p = 0,0001$ ($p<0,05$), kelompok B dengan kelompok C1, C2 , C3 dengan nilai $p = 0,0001$ ($p<0,05$), kelompok C1 dengan C2 dan C3 dengan nilai $p=0,0001$ ($p<0,05$), kelompok C2 dengan C3 dengan nilai $p = 0,0001$ ($p<0,05$) (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil Uji LSD kekuatan kompresi pada kelompok A, B, C1, C2, C3

Rerata kekuatan kompresi kelompok yang berbeda adalah antara:	Perbedaan rerata	p
A dengan B	16,027	0,0001*
A dengan C1	14,626	0,0001*
A dengan C2	13,586	0,0001*
A dengan C3	11,918	0,0001*
B dengan C1	1,401	0,0001*
B dengan C2	2,441	0,0001*
B dengan C3	4,108	0,0001*
C1 dengan C2	1,040	0,0001*
C1 dengan C3	2,707	0,0001*
C2 dengan C3	1,667	0,0001*

* signifikan ($p < 0,05$)

Hasil penelitian perubahan dimensi menunjukkan rerata dan standar deviasi untuk kelompok A adalah $0,020 \pm 0,0019\%$. Kelompok B adalah $0,003 \pm 0,0009\%$. Kelompok C1 adalah $0,005 \pm 0,0013\%$. Kelompok C2 adalah $0,008 \pm 0,00095\%$ dan kelompok C3 adalah $0,012 \pm 0,0013\%$. Hasil uji statistik Anova satu arah menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok A dengan kelompok B, C1, C2 dan C3 dengan nilai $p=0,001$ ($p<0,05$) (Tabel 3).

Tabel 3. Perbedaan Perubahan Dimensi pada kelompok A, B, C1, C2, C3 dalam persen Menggunakan Uji ANOVA

Kelompok	n	Perubahan dimensi (%) rerata+SD	P
A	8	0,020 ± 0,0019	p=0,0001*
B	8	0,003 ± 0,0009	
C1	8	0,005 ± 0,0013	
C2	8	0,008 ± 0,0009	
Kelompok C3	8	0,012 ± 0,0013	

Keterangan : * signifikan (p < 0,05)

Hasil uji LSD menunjukkan perbedaan perubahan dimensi yang signifikan antara kelompok A dengan kelompok B, C1, C2 dan C3 dengan nilai p= 0,0001 (p<0,05), kelompok B dengan kelompok C1, C2, C3 dengan nilai p=0,0001 (p<0,05), kelompok C1 dengan C2 dan C3 dengan nilai p= 0,0001 (p<0,05), kelompok C2 dengan C3 dengan nilai p = 0,0001 (p<0,05) (Tabel 4).

Tabel 4. Hasil Uji LSD perubahan dimensi pada kelompok A, B, C1, C2, C3

Rerata perubahan kelompok dimensi yang berbeda antara:	Perbedaan rerata	p
A dengan B	0,0175	0,001
A dengan C1	0,0152	0,001
A dengan C2	0,0121	0,001
A dengan C3	0,0085	0,001
B dengan C1	0,0022	0,002
B dengan C2	0,0053	0,001
B dengan C3	0,0090	0,001
C1 dengan C2	0,0031	0,001
C1 dengan C3	0,0067	0,001
C2 dengan C3	0,0036	0,001

Keterangan : * signifikan (p < 0,05)

Hasil uji Korelasi Pearson antara kekuatan kompresi dan perubahan dimensi menunjukkan ada hubungan yang signifikan (p<0,05) antara kekuatan kompresi dan perubahan dimensi. Nilai koefisien (r) menunjukkan pada kekuatan kompresi dan perubahan dimensi adalah positif artinya ada hubungan yang bersamaan antara kekuatan kompresi dan perubahan dimensi. Bila kekuatan kompresi meningkat maka perubahan dimensi juga meningkat (Tabel 5).

Tabel 5. Korelasi Antara Kekuatan Kompresi dan Perubahan Dimensi Gypsum Tipe III Komersial Dengan Gypsum Tipe III Daur Ulang Murni dan Gypsum Tipe III

Daur Ulang dengan Penambahan 10%, 20%, 30% Gypsum Tipe III Komersial

Kelompok	Korelasi kekuatan kompresi dan perubahan dimensi	
	R	p
Gypsum tipe III komersial, gypsum tipe III daur ulang murni dan gypsum tipe III daur ulang dengan penambahan 10%, 20%, 30% gypsum tipe III komersial	0,956	0,0001*

Keterangan : * signifikan (p < 0,05)

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan ada perbedaan kekuatan kompresi antara gypsum tipe III komersial dengan gypsum tipe III daur ulang murni, gypsum tipe III daur ulang dengan penambahan 10%, 20%, 30% gypsum tipe III komersial. Perbedaan ini disebabkan gypsum tipe III daur ulang masih memiliki kadar air yang tinggi dibandingkan gypsum tipe III komersial. Pemanasan gypsum daur ulang dengan autoklaf pada suhu 128⁰ C selama 40 menit masih menyisakan air yang lebih banyak dibandingkan gypsum komersial. Air yang terperangkap dalam gypsum daur ulang menyebabkan kekuatan kompresi gypsum daur ulang lebih lemah. Selain itu terjadi cacat struktur interlocking, ukuran, bentuk dan makro kristal pada gypsum daur ulang. Cacat pada kristal terjadi karena kegagalan pada pembentukan inti kristal akibat hidrasi kristal-kristal gypsum.⁸ Pada kelompok gypsum tipe III daur ulang murni, gypsum daur ulang dengan penambahan 10%, 20%, 30% gypsum tipe III komersial menunjukkan nilai kekuatan kompresi lebih tinggi pada gypsum daur ulang dengan penambahan 30% gypsum tipe III komersial (kelompok C3). Hasil penelitian kelompok C3 menunjukkan kekuatan kompresinya setengah dari kekuatan kompresi gypsum komersial. Hal ini disebabkan penambahan 30% gypsum tipe III komersial dapat menutupi cacat struktur interlocking yang ada. Hasil ini dapat menjelaskan bahwa penambahan gypsum komersial pada gypsum daur ulang mempunyai peran yang sangat penting untuk meningkatkan kekuatan kompresi. Hasil ini sesuai dengan penelitian Abidoye dkk. berdasarkan hasil penelitiannya menyatakan penambahan 30% gypsum pabrikan dapat meningkatkan kekuatan kompresi gypsum daur ulang.⁴

Selain penambahan gipsum pabrikan, kekuatan kompresi ini juga dapat ditingkatkan dengan memperkecil ukuran partikel gipsum karena semakin kecil ukuran partikel maka kemampuan gipsum untuk larut dalam air akan semakin besar, sehingga interlocking gipsum semakin kuat. Hasil uji LSD terlihat pasangan yang paling berbeda signifikan terjadi pada pasangan kelompok gipsum tipe III komersial dengan gipsum tipe III daur ulang murni dengan rata-rata nilai perbedaan 16,027. Perbedaan ini disebabkan gipsum tipe III daur ulang murni memiliki kandungan air yang lebih banyak dibandingkan dengan gipsum tipe III komersial. Terperangkapnya air memudahkan untuk terjadinya porositas pada gipsum, porositas menyebabkan kohesi antara air dengan gipsum menjadi rendah sehingga mengakibatkan kekuatan kompresi juga rendah. Selain itu terperangkapnya air pada sisi-sisi kristal gipsum menyebabkan kristal-kristal gipsum akan merenggang sehingga terjadi cacat interlocking pada gipsum yang akan menurunkan kekuatan kompresi dari gipsum.⁸⁻¹⁰

Hasil penelitian perubahan dimensi menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara gipsum tipe III komersial dengan gipsum tipe III daur ulang murni, gipsum tipe III daur ulang dengan penambahan 10 %, 20 %, 30 % gipsum tipe III komersial. Gipsum daur ulang mengalami perubahan dimensi yang lebih kecil dari gipsum komersial, hal ini terjadi karena gipsum daur ulang masih memiliki kadar air yang tinggi dibandingkan gipsum komersial. Adanya air yang terperangkap dalam kisi kristal mengakibatkan ruang antar nukleus menjadi lebih besar sehingga semakin sedikit jumlah nukleus kristalisasi per unit volume, semakin kecil ekspansi yang terjadi. Alberto menyatakan bahwa kandungan air dapat mempengaruhi setting ekspansi dari gipsum. Semakin sedikit air pada saat pencampuran maka setting ekspansi akan semakin meningkat. Salah satu faktor yang mempengaruhi kekuatan kompresi dan perubahan dimensi dari gipsum adalah kandungan air yang terkandung di dalam gipsum tersebut. Semakin banyak kandungan airnya maka kekuatan kompresi akan semakin lemah. Hal ini disebabkan air yang terperangkap dalam kisi kristal gipsum mengakibatkan ruang antar nukleus semakin besar. Jarak antara kristal yang besar akan menyebabkan kekuatan kompresi menjadi lemah. Sebaliknya, jarak antar kristal yang besar akan mengurangi pertumbuhan internal inti kristal-kristal dihidrat demikian juga dengan dorongan keluar kristal-kristal sehingga ekspansi gipsum akan berkurang akibatnya perubahan dimensi menjadi kecil. Hal ini berbeda dengan kekuatan kompresi. Pada kekuatan

kompresi, terperangkapnya air akan menyebabkan terjadinya cacat interlocking dan memudahkan terjadinya porositas pada gipsum. Porositas menyebabkan kohesi antara air dengan gipsum menjadi rendah akibatnya kekuatan kompresi menurun, tetapi pada perubahan dimensi cacat interlocking menyebabkan setting ekspansi menjadi berkurang sehingga nilai perubahan dimensi menjadi menurun.¹⁰ Hasil uji korelasi pearson menunjukkan bahwa korelasi kekuatan kompresi berbanding lurus dengan perubahan dimensi. Kekuatan kompresi tinggi akan diikuti dengan meningkatnya perubahan dimensi. Tetapi dari nilai implikasi klinisnya kekuatan kompresi yang tinggi akan sangat menguntungkan sedangkan perubahan dimensi yang tinggi akan merugikan khususnya dalam proses pembuatan gigi tiruan.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan 30% gipsum komersial pada gipsum daur ulang memiliki kekuatan kompresi yang lebih tinggi dari kelompok gipsum daur ulang lainnya, walaupun kekuatan kompresi ini masih dibawah standar yang ditetapkan ADA yaitu 20,7 - 34,5 MPa. Implikasi klinis dan laboratoris hasil penelitian ini adalah gipsum tipe III daur ulang dapat digunakan untuk membuat model studi, penanaman model dalam artikulator dan sebagai bahan tanam pada proses pembuatan gigi tiruan.

Kelompok pola pernafasan melalui mulut menunjukkan nilai rerata sudut MP-SN dan NSGn yang lebih besar dan berbeda secara signifikan dibandingkan dengan kelompok pola pernafasan normal. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan Lessa dkk⁷ dan Ucar dkk.¹⁴⁻¹⁵

Nilai sudut MP-SN yang besar mengindikasikan adanya rotasi mandibula searah jarum jam yang mengarahkan pertumbuhan mandibula ke bawah dan ke belakang. Hal tersebut disebabkan oleh meningkatnya aktivitas di area suprahoid oleh beberapa otot pada saat bernafas melalui mulut.⁶ Peningkatan otot digastrik anterior dan milohyoid akan menyebabkan depresi mandibula. Jika hal ini terjadi dalam jangka waktu yang lama akan mengakibatkan adanya perubahan arah pertumbuhan rahang.^{3,15} Selain itu, peningkatan aktivitas otot genioglossus akan menyebabkan posisi lidah berada pada inferior dan anterior.^{10,15} Posisi lidah yang berada di posisi anterior dapat menyebabkan mandibula berotasi ke belakang dan ke bawah sehingga dapat menyebabkan tinggi wajah meningkat.⁶ Hal tersebut sejalan dengan hasil yang didapatkan pada pengukuran sudut NSGn.

Nilai sudut NSGn yang besar pada pola pernafasan melalui mulut mengindikasikan posisi mandi-

bula yang berada pada posterior basis kranii dengan pola pertumbuhan vertikal. Hal ini dapat disebabkan karena adanya kecenderungan mandibula yang berotasi searah jarum jam pada kelompok dengan pola pernafasan melalui mulut yang mengarahkan pertumbuhan mandibula ke bawah dan kebelakang yang dapat menyebabkan pola pertumbuhan wajah secara vertikal sehingga tinggi wajah meningkat.^{6,16-18}

Hasil yang diperoleh pada penelitian ini sejalan dengan tulisan Tourne yang menyebutkan bahwa

DAFTAR PUSTAKA

1. Anusavice KJ. Philips buku ajar ilmu bahan kedokteran gigi. ed 11. Alih Bahasa; Budiman JA, Purwoko S. Jakarta: EGC, 2007: 155-72.
2. American National Standards Institute. Revised american national standards/american dental association specification no. 25 for dental gypsum products. <http://132.248.225.10/posgrado/materiales/normas/Norma_25.pdf> (15 Januari 2013).
3. Bardella PS, Camarini G. Hidration crystals by scanning electron microscopy (SEM) in recycled plaster. LNLS Activity Report 2006. 1-3
4. Abidoye LK, Bello RA. Restoration of compressive strength of recycled gypsum board powder. The Pacific Journal of Science and Technology 2010; 11 (2): 42-9.
5. Michalakakis KX, Asar NV, Kapsampeli V, Triikka PM, Pissiotis AL, Hurayama H. Delayed linear dimensional changes of five high strength gypsum products used for the fabrication of definitive casts. J Prosthet Dent 2012; 108: 189-195.
6. Michalakakis KX, Stratos A, Hurayama H, Pission AL, Touloumi F. Delayed setting and hygroscopic linear expansion of three gypsum products used for cast articulation. J Prosthet Dent 2009; 102: 313-8.
7. American National Standards Institute. Revised American dental association specification No. 19 for non-aqueous, elastomeric dental impression materials. <http://www.odonto.unam.mx/posgrado/materiales/normas/norma_19.pdf> (15 Januari 2013).
8. Zeki A, Aljubouri AM. Physical properties and compressive strength of technical plaster and local juss. Iraqi J Earth Science 2009; 9(2):48-9.
9. Hatim NA, Al-khayat KL. Modification of gypsum products: the effect of drying methods on the compressive strength and surface hardness of modified gypsum product. Al- Rafidain Dent J 2009; 9 (2): 162-67.
10. Alberto N, Carvalho L, Lima H, Antunes P, Nogueira R, Pinto JL. Characterization of different water /powder ratios of dental gypsum using fiber bragg grating sensors. Dental Materials J 2011; 30(5): 700-6.
11. Budianto E, Purwanegara MK, Siregar E. Karakteristik profil jaringan lunak pada penderita obstruksi saluran napas atas dengan kebiasaan bernafas melalui mulut. Indonesian J Dent. 2008; 15(1): 44-5.
12. Jacobson G, Urtane I, Terauds I. Soft Tissue Profile of children with impaired nasal breathing. Stomatologija, Baltic Dental and Maxillofacial J. 2006; 8(2): 39-42.
13. Suminy D, Zen Y. Hubungan antara maloklusi dengan hambatan saluran pernafasan. M. I. Kedokteran Gigi. 2007; 22(1): 32-9.
14. Singh G. Textbook of orthodontics. 2nd Ed. New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers, 2007: 94-115,185.
15. Basheer B, Hedge KS, Bhat SS, Umar D, Baroudi K. Influence of mouth breathing on the dentofacial growth of children: a cephalometric study. J Int Oral Health 2014; 6(6): 50-55.
16. Rettyfina D. Pengaruh pola pernafasan normal dan pernafasan melalui mulut pada maloklusi klas II divisi 1. Tesis. Medan: Program Pendidikan Dokter Gigi Spesialis Ortodonsia FKG USU, 2013: 1-10.
17. Lessa FCR. Breathing mode Influence in Craniofacial Development. Rev Bras Otorrinolaringol 2005; 71(2): 156-60.
18. Frasson JMD, Magnani MBB, Nouer DF, Siqueira CV, Lunardi N. Comparative cephalometric study between nasal and predominantly mouth breathers. Rev Bras Otorrinolaringol 2006; 72 (1): 72-81.
19. Mckeown P, Mew J. Craniofacial changes and mouth breathing. Irish Dent J 2011: 1-8.
20. Jordaan R. Postural changes in the craniofacial and craniocervical regions as a result of changed breathing patterns. In: Piekartz H. Craniofacial Pain. German: Elsevier, 2007: 617-30.
21. Rakosi T. An atlas and manual of cephalometric radiography. New York: Wolfe, 2007: 62-5,104-5, 130-31.
22. Denotti G, Ventura S, Arena O, For-tini A. Oral breathing: new early treatment protocol. J of Pediatric and Neo-natal Individualized Medicine 2014; 3(1): 1-3.
23. Moimaz SAS. Longitudinal study of habits leading to malocclusion development in childhood. BMC Oral Health 2014; 14(96): 1-14.
24. Malhotra S, Pandey RK, Nagar A, Agarwal SP, Gupta VK. The effect of mouth breathing on dento-

- facial morphology of growing child. J of Indian 2012; 1(30): 27-31.
25. Ucar FI, Ekizer A, Uysal T. Comparison of cranio-facial morphology, head posture and hyoid bone with different breathing patterns. The Saudi Dent J 2012; 24: 135-41.
 26. Taner TU, Aydinatay BS. Physiologic and dento facial effects of mouth breathing compared to nasal breathing. In: Onerci TM. eds. Nasal physiology and pathophysiology nasal disoreder. Berlin: Springer-Heidelberg, 2013: 567-588.
 27. Souk BQ, Petrus B, Lopes TBJ, Pereira LP, Franco HMG, Becker DO. Mouth breathing children and cephalometric pattern: does the stage of dental development matter? Int J Pediatric Otorhinolaryngol 2012; 76: 837-8.
 28. Bianchini AP, Guedes ZC, Vieira MM. A study on the relationship between mouth breathing and facial morphological pattern. Braz J Otorhino-laryngol 2007; 73(4): 50-8.