

Pengaruh penambahan kombinasi zat aditif pada gipsum tipe III daur ulang terhadap kekuatan tekan dan waktu pengerasan

Satria Yandi^{1*}, Widya Puspita Sari², Ihut Hamonangan¹

¹Departemen Ilmu Kedokteran Gigi Masyarakat dan Pencegahan, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Baiturrahmah, Indonesia

²Departemen Ilmu Material Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Baiturrahmah, Indonesia

*korespondensi: e-mail: t1yhodrg@fkg.unbrah.ac.id

Submisi: 02 Desember 2020; Penerimaan: 27 April 2021; Publikasi online: 30 April 2021

DOI: [10.24198/pjdrs.v5i1.32255](https://doi.org/10.24198/pjdrs.v5i1.32255)

ABSTRAK

Pendahuluan: Limbah gipsum tipe III (*dental stone*) dapat menimbulkan masalah pencemaran lingkungan karena sulit diuraikan serta dapat bercampur dengan limbah makanan. Permasalahan tersebut diatasi dengan mendaur ulang gipsum dengan cara menambahkan kombinasi zat aditif untuk mempercepat waktu pengerasan dan menambah kekuatan tekan gipsum. Tujuan penelitian adalah menganalisis pengaruh penambahan kombinasi larutan seng sulfat dan kalium sulfat terhadap kekuatan tekan dan waktu pengerasan pada gipsum tipe III daur ulang. **Metode:** Desain penelitian adalah eksperimental laboratorium. Penelitian ini dilakukan pengambilan masing-masing 4 sampel pada 3 kelompok perlakuan penambahan kombinasi zat aditif. Penelitian dilakukan di Laboratorium Universitas Baiturrahmah dan Laboratorium Teknik Metalurgi Universitas Andalas. **Hasil:** Kelompok 1 penambahan K_2SO_4 1,5% + $ZnSO_4$ 4,5% hasil kekuatan tekan 4,68 MPa dan waktu pengerasan 96 jam. Kelompok 2 penambahan K_2SO_4 2% + $ZnSO_4$ 5% hasil kekuatan tekan 3,12 MPa dan waktu pengerasan 91 jam. Kelompok 3 penambahan K_2SO_4 2,5% + $ZnSO_4$ 5,5% hasil kekuatan tekan 1,56 MPa dan waktu pengerasan 88 jam. **Simpulan:** Terdapat pengaruh penambahan larutan kalium sulfat dan seng sulfat terhadap kekuatan tekan dan waktu pengerasan pada gipsum tipe III daur ulang. Semakin tinggi jumlah penambahan zat aditif K_2SO_4 dan $ZnSO_4$ pada gipsum daur ulang didapatkan nilai kekuatan tekan semakin rendah dan waktu pengerasan semakin singkat.

Kata Kunci: Gipsum daur ulang, kombinasi zat aditif, kekuatan tekan, waktu pengerasan.

The effect of combination of additives to recycled type III gypsum on compressive strength and hardening time

ABSTRACT

Introduction: Gypsum waste type III (*dental stone*) can cause environmental pollution problems due to its difficulty in decomposing and potential mixed with food waste. This problem is overcome by recycling the gypsum by adding additives to speed up the hardening time and increase the compressive strength of the gypsum. The research objective was to analyse the effect of adding a combination of zinc sulfate and potassium sulfate solutions on the compressive strength and hardening time of recycled type III gypsum. **Methods:** The research design was laboratory experimental. This research was carried out by taking four samples each in 3 treatment groups with a combination of additives. The research was conducted at the Baiturrahmah University Laboratory and the Andalas University Metallurgical Engineering Laboratory. **Results:** Group 1: the addition of K_2SO_4 1.5% + $ZnSO_4$ 4.5% results in compressive strength of 4.68 MPa and a hardening time of 96 hours. Group 2: the addition of 2% K_2SO_4 + 5% $ZnSO_4$ resulted in compressive strength of 3.12 MPa and a hardening time of 91 hours. Group 3: the addition of 2.5% K_2SO_4 + 5.5% $ZnSO_4$ resulted in compressive strength of 1.56 MPa and a hardening time of 88 hours. **Conclusion:** There is an effect of adding potassium sulfate and zinc sulfate solutions on the compressive strength and hardening time of recycled type III gypsum. The higher the amount of K_2SO_4 and $ZnSO_4$ additives added to recycled gypsum, the lower the compressive strength value and the shorter the hardening time.

Keywords: Recycled gypsum, combination of additives, compressive strength, hardening time.

PENDAHULUAN

Gipsum dalam kedokteran gigi dikenal dengan nama gips. Gipsum yang biasanya digunakan dalam bidang kedokteran gigi berasal dari kalsium sulfat dihidrat murni dengan rumus kimia $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.¹ Gipsum dalam kedokteran gigi merupakan bahan material yang banyak digunakan. *American Dental Association* (ADA) no. 25 mengklasifikasikan gipsum menjadi 5 tipe yaitu :Tipe I (*Plaster Impression*), Tipe II (*Plaster Model*), Tipe III (*Dental Stone*), Tipe IV (*Dental Stone, High Strength*) dan Tipe V (*Dental Stone, High Strength, High Expansion*). Gipsum yang paling sering digunakan untuk model kerja dalam kedokteran gigi adalah gipsum tipe III.² Penggunaan produk gipsum di kedokteran gigi telah digunakan selama bertahun-tahun yang bertujuan untuk menentukan diagnosis, rencana perawatan, dan pembuatan restorasi indirek.³ Model studi, model kerja dan die dibuat menggunakan gipsum.⁴

Penggunaan model gipsum hanya bisa digunakan beberapa waktu tertentu dan selanjutnya akan dibuang. Limbah gipsum apabila dibuang pada tempat pembuangan akhir maka dapat bercampur dengan limbah makanan. Bakteri yang ada pada limbah makanan akan memecah gipsum sehingga melepaskan gas sulfat hidrogen.⁵ Kondisi ini dikenal dengan istilah hujan asam yang merupakan polutan beracun bagi tanah, air, hutan, ikan dan binatang air lainnya. Kondisi ini menyebabkan pembuangan limbah gipsum harus dipisahkan atau dilakukan daur ulang.^{6,7}

Gipsum daur ulang yang dihasilkan sebaiknya mempunyai kekuatan tekan tinggi dan waktu pengerasan yang cepat agar dapat digunakan kembali sebagai model kerja gigi tiruan. Model kerja akan mendapat tekanan pada saat pembuatan gigi tiruan yang dapat mempengaruhi hasil dari gigi tiruan sehingga diperlukan kekuatan tekan dari model kerja yang baik untuk menahan terjadinya tekanan yang dapat menyebabkan fraktur dan abrasi.⁸ Gipsum tipe III daur ulang memiliki komposisi yang hampir sama dengan gipsum tipe III pabrikan dengan perbedaan konsentrasi.

Gipsum tipe III daur ulang kemungkinan dapat difungsikan kembali seperti gipsum tipe III pabrikan dengan penelitian lebih lanjut seperti penambahan sejumlah zat kimia agar komposisi dan konsentrasi gipsum tipe III daur ulang bisa sama dengan gipsum tipe III pabrikan.⁹ Penelitian Wijaya dkk¹⁰

memperlihatkan rerata nilai kekuatan tekan gipsum tipe III daur ulang sebesar 2,38 MPa dan rerata pada gipsum tipe III pabrikan adalah 26,72 MPa. Hasil kekuatan tekan dari gipsum daur ulang yang diperoleh sangat lemah. Hatim dalam penelitian Pitri dkk¹¹ meneliti penambahan zat aditif dapat meningkatkan kekuatan tekan yang dipengaruhi oleh konsentrasi zat aditif yang ditambahkan ke dalam gipsum. Zat aditif yang dapat ditambahkan berupa garam-garaman, salah satunya yaitu seng sulfat.

Hal ini didukung dengan penelitian Vyas dalam penelitian Pitri dkk¹¹ tentang penambahan zat aditif berupa seng sulfat ke dalam gipsum dengan konsentrasi 4,0% mengalami peningkatan kekuatan tekan yang lebih tinggi yaitu 24,85 MPa dibandingkan kontrol 20,88 MPa. Penelitian Pitri memperoleh hasil rerata kekuatan tekan pada gipsum tipe III daur ulang dengan penambahan larutan seng sulfat 4% adalah 0,52 MPa.¹¹ Chairunnisa mendapatkan hasil rerata kekuatan tekan dan waktu pengerasan gipsum tipe III daur ulang dengan penambahan larutan seng sulfat 4,5% adalah 1,66 MPa dan 168 jam.¹² Dilihat dari hasil penelitian Pitri dan Chairunnisa terdapat penurunan kekuatan tekan dengan penambahan seng sulfat jika dibandingkan dengan penelitian Wijaya tanpa penambahan seng sulfat pada gipsum tipe III daur ulang.

Kekuatan tekan yang rendah dan waktu pengerasan yang lama pada gipsum tipe III daur ulang dapat diatasi dengan cara menambahkan zat aditif lain berupa kalium sulfat. Kalium sulfat merupakan akselerator yang berguna untuk mempercepat waktu pengerasan dan juga menambah kekuatan tekan pada gipsum.² Dengan penambahan kombinasi zat aditif tersebut diharapkan dapat meningkatkan kekuatan tekan dan waktu pengerasan pada gipsum tipe III daur ulang sehingga dapat dimanfaatkan kembali. Hillary *et al*¹³ melakukan penelitian tentang penambahan larutan kalium sulfat pada gipsum tipe III terhadap waktu pengerasan gipsum dengan kontrol gipsum tipe III dan Tipe IV, hasilnya adalah waktu pengerasan dari gipsum dengan penambahan larutan kalium sulfat 1,5% adalah 4 menit 56 detik.

Waktu pengerasan ini kira-kira 200% lebih cepat dari pada waktu pengerasan gipsum tipe III yaitu 10 menit 36 detik dan waktu pengerasan gipsum tipe IV 10 menit 3 detik. Penyebabnya karena perbedaan metode yang digunakan oleh Hillary dengan melarutkan kalium sulfat terlebih dahulu ke dalam 100 ml aquades, lalu mencampurkan

30ml larutan kalium sulfat tersebut dengan 100 gr gipsum. Kemungkinan dengan metode ini reaksi antara gipsum dengan larutan kalium sulfat lebih baik.¹³ Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan kombinasi larutan seng sulfat dan kalium sulfat terhadap kekuatan tekan dan waktu pengerasan pada gipsum tipe III daur ulang.

METODE

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif dengan metode eksperimental laboratorium. Penelitian ini dilakukan pengambilan masing-masing 4 sampel pada 3 kelompok perlakuan penambahan kombinasi zat aditif. Tiga kelompok sampel yang akan diteliti yaitu kelompok A gipsum tipe III daur ulang dengan penambahan larutan seng sulfat konsentrasi 4,5% dan kalium sulfat konsentrasi 1,5%. Kelompok B dengan penambahan seng sulfat konsentrasi 5% dan kalium sulfat 2%, dan kelompok C dengan penambahan seng sulfat konsentrasi 5,5% dan kalium sulfat 2,5%. Penelitian dilakukan di laboratorium Universitas Baiturrahmah dan laboratorium Teknik Metalurgi Universitas Andalas. Penelitian ini sesuai dengan surat keterangan etik No: 054/KEP/FK/2019. Gipsum tipe III daur ulang diperoleh melalui pengumpulan limbah model gigi tiruan dari laboratorium basah Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Baiturrahmah. Limbah yang diambil yaitu limbah model gigi tiruan dari gipsum tipe III yang masih bagus, utuh, tidak terjadi perubahan warna dan tidak berjamur. Limbah kemudian dihancurkan, lalu dihaluskan menggunakan lumpang kemudian diayak. Masukkan limbah gipsum ke dalam autoklaf, lalu panaskan dengan suhu 120°-130°C selama 15 menit.

Pembuatan larutan seng sulfat dan kalium sulfat dibuat dengan cara melarutkan zat tersebut dengan air sebanyak 100 ml. Seng sulfat dengan konsentrasi 4,5%, 5% dan 5,5% dibuat dengan cara mengaduk bubuk seng sulfat sebanyak 4,5 gram, 5 gram dan 5,5 gram ke dalam air sebanyak 100 ml. Begitu juga dengan kalium sulfat yaitu dengan mencampurkan bubuk kalium sulfat sebanyak 1,5 gram, 2 gram dan 2,5 gram ke dalam 100ml air untuk mendapatkan kalium sulfat dengan konsentrasi 1,5 %, 2 % dan 2,5%. Proses pembuatan sampel gipsum tipe III daur ulang dengan penambahan larutan seng sulfat dan kalium sulfat adalah sebagai berikut: Pertama, limbah model gipsum dihancurkan dan

dihaluskan menggunakan lumpang dan alu sehingga berbentuk bubuk. Bubuk limbah gipsum disaring dengan saringan. Kedua, bubuk limbah gipsum tipe III daur ulang dimasukkan ke dalam tabung Erlenmeyer kemudian dipanaskan pada autoklaf sampai suhu 120°-130°C selama 15 menit. Ketiga, bubuk gipsum tipe III daur ulang dikeluarkan dan disimpan di dalam wadah yang kedap udara sampai bubuk kering. Keempat, siapkan 30 ml gabungan larutan seng sulfat konsentrasi 4,5% dan kalium sulfat konsentrasi 1,5%, untuk kelompok A, kemudian ditempatkan ke dalam *rubber bowl*.

Tambahkan 100 gram bubuk gipsum tipe III daur ulang sedikit demi sedikit ke dalam *rubber bowl*, aduk dengan menggunakan spatula sampai homogen ± 30 detik kemudian gunakan *vacuum mixer* selama 15 detik (waktu diukur dengan *stopwatch*). Lakukan cara yang sama pada kelompok B dan kelompok C. Kelima, bagian dalam tabung silinder paralon dioles dengan vaseline yang berguna untuk mempermudah mengeluarkan hasil cetakan ketika mengeras, lalu tuangkan sedikit demi sedikit adonan gipsum tipe III daur ulang ke dalam tabung silinder polivinilklorida (PVC) dan biarkan sampel gipsum mengeras sebelum dilakukan pengujian.

Analisis data menggunakan SPSS versi 24.0 menggunakan uji parametric yaitu *One Way ANOVA* dan uji lanjutan *LSD*. Syarat untuk melakukan uji *One Way ANOVA* adalah data yang didapatkan harus berdistribusi normal dan homogen. Untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal maka dilakukan uji normalitas menggunakan uji *Shapiro Wilk* dan untuk mengetahui apakah data homogen atau tidak dilakukan uji homogenitas dengan menggunakan uji *Levene*. Apabila data yang diperoleh tidak berdistribusi normal dan tidak homogen maka uji *One Way ANOVA* tidak dapat dilakukan, alternative ujinya adalah dengan uji non parametric yaitu *Kruskal-Wallis* dan uji lanjutan dengan *Mann-Whitney*.

HASIL

Tabel 1 Menunjukan bahwa jumlah rerata kekuatan tekan paling tinggi pada penambahan K_2SO_4 1,5% + $ZnSO_4$ 4,5% yaitu 4,68 MPa dengan waktu pengerasan paling cepat dengan penambahan K_2SO_4 2,5% + $ZnSO_4$ 5,5% yaitu 88 jam. Berdasarkan penjabaran hasil, maka selanjutnya dilakukan pengolahan data untuk mengetahui pengaruh penambahan kombinasi zat

aditif untuk meningkatkan kekuatan tekan dan waktu pengerasan pada limbah gipsum kedokteran gigi. Selanjutnya dilakukan uji statistic *Kruskall-Wallis* untuk mengetahui pengaruh penambahan kombinasi zat aditif untuk meningkatkan kekuatan tekan dan waktu pengerasan pada limbah gipsum kedokteran gigi.

Tabel 1. Rata-rata kekuatan tekan dan waktu pengerasan

No	Kelompok	Rata-Rata	
		Kekuatan Tekan (MPa)	Waktu Pengerasan (Jam)
1	K ₂ SO ₄ 1,5% + ZnSO ₄ 4,5%	4,68	96,00
2	K ₂ SO ₄ 2% + ZnSO ₄ 5%	3,12	91,00
3	K ₂ SO ₄ 2,5% + ZnSO ₄ 5,5%	1,56	88,00

Hasil pengujian *ruskall-Wallis* diperoleh Tabel 2 memperlihatkan nilai $p < 0,05$, yang dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh penambahan kombinasi zat aditif untuk meningkatkan kekuatan tekan dan waktu pengerasan pada limbah gipsum kedokteran gigi.

Tabel 2. Pengaruh Penambahan Kombinasi Zat Aditif Untuk Meningkatkan Kekuatan Tekan Dan Waktu Pengerasan Pada Limbah Gipsum Kedokteran Gigi

Pengaruh zat aditif	Nilai sig	Batas sig	Keterangan
Kekuatan tekan	0,004	0,05	H0 diterima
Waktu pengerasan	0,005	0,05	H0 diterima

Pengaruh penambahan kombinasi zat aditif pada tabel 3 menunjukkan nilai kekuatan tekan pada limbah gipsum kedokteran gigi berbeda signifikan pada perlakuan K₂SO₄ 1,5% + ZnSO₄ 4,5% dengan K₂SO₄ 2,5% + ZnSO₄ 5,5% dan juga K₂SO₄ 2% + ZnSO₄ 5% dengan K₂SO₄ 2,5% + ZnSO₄ 5,5%.

Tabel 3. Uji *mann-whitney* pengaruh penambahan kombinasi seng sulfat dan kalium sulfat terhadap kekuatan tekan pada limbah gipsum kedokteran gigi

Perbandingan konsentrasi antar perlakuan	Nilai P	Keterangan
K ₂ SO ₄ 1,5% + ZnSO ₄ 4,5% dengan K ₂ SO ₄ 2% + ZnSO ₄ 5%	0,008	Signifikan
K ₂ SO ₄ 1,5% + ZnSO ₄ 4,5% dengan K ₂ SO ₄ 2,5% + ZnSO ₄ 5,5%	0,008	Signifikan
K ₂ SO ₄ 2% + ZnSO ₄ 5% dengan K ₂ SO ₄ 2,5% + ZnSO ₄ 5,5%	0,008	Signifikan

Tabel 4. Uji *Mann-Whitney* pengaruh penambahan kombinasi sengsulfat dan kalium sulfat Terhadap waktu pengerasan pada limbah gipsum kedoktera ngigi

Perbandingan konsentrasi antar perlakuan	Nilai P	Keterangan
K ₂ SO ₄ 4 1,5% + ZnSO ₄ 4,5% dengan K ₂ SO ₄ 2% + ZnSO ₄ 5%	0,011	Signifikan
K ₂ SO ₄ 1,5% + ZnSO ₄ 4,5% dengan K ₂ SO ₄ 2,5% + ZnSO ₄ 5,5%	0,017	Signifikan
K ₂ SO ₄ 2% + ZnSO ₄ 5% dengan K ₂ SO ₄ 2,5% + ZnSO ₄ 5,5%	0,013	Signifikan

Tabel 4 menunjukkan nilai waktu pengerasan pada limbah gipsum kedokteran gigi berbeda signifikan pada semua perlakuan dengan nilai $p < 0,05$.

PEMBAHASAN

Kekuatan tekan, hasil penelitian ini menunjukkan jumlah rerata kekuatan tekan paling tinggi pada penambahan K₂SO₄ 1,5% + ZnSO₄ 4,5% yaitu 4,68 MPa. Terdapat adanya pengaruh penambahan kombinasi zat aditif untuk meningkatkan kekuatan tekan dan waktu pengerasan pada limbah gipsum kedokteran gigi $p < 0,05$. Pitri memperoleh hasil rerata kekuatan tekan pada gipsum tipe III daur ulang dengan penambahan larutan seng sulfat 4% adalah 0,52 MPa.¹¹ Chairunnisa mendapatkan hasil rerata kekuatan tekan dan waktu pengerasan gipsum tipe III daur ulang dengan penambahan larutan seng sulfat 4,5% adalah 1,66 MPa.¹²

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan terjadinya peningkatan kekuatan tekan jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Kemungkinan hal ini disebabkan karena metode pencampuran yang berbeda dengan penelitian sebelumnya yaitu bubuk gipsum daur ulang dan bubuk seng sulfat dicampurkan kemudian dipanaskan ke dalam autoklaf dengan suhu 121°C dan kemudian dicampurkan dengan aquades. Penelitian ini pencampurannya dengan cara melarutkan kalium sulfat atau seng sulfat ke dalam 100 ml aquades, kemudian mencampurkan 30ml larutan kalium sulfat dan seng sulfat tersebut dengan 100g gipsum. Metode ini akan terjadi reaksi kimia antara gipsum dengan larutan kalium sulfat yang akan membentuk *syngenite* [K₂(CaSO₄)₂, H₂O]. *Syngenite* memiliki zat terlarut yang lebih tinggi dari pada kalsium

sulfat dihidrat, sehingga akan mempercepat proses pengerasan.^{13,14} Waktu Pengerasan. Hasil penelitian ini menunjukkan waktu pengerasan tercepat yaitu pada gipsium daur ulang dengan penambahan K_2SO_4 2,5% + $ZnSO_4$ 5,5% yaitu 88 jam. Terdapat adanya pengaruh penambahan kombinasi zat aditif terhadap waktu pengerasan pada gipsium tipe III daur ulang dengan nilai $p < 0,05$.

Faktor yang mungkin berpengaruh terhadap meningkatnya waktu pengerasan yaitu dalam penelitian ini terdapat 2 jenis larutan yang ditambahkan ke dalam gipsium daur ulang, kombinasi antara kalium sulfat dan seng sulfat akan menimbulkan perubahan pada susunan kristal gipsium, hal ini akan menyebabkan waktu pengerasan pada gipsium meningkat. Kalium sulfat ketika ditambahkan dengan gipsium akan membentuk $K_2Ca(SO_4)_2 \cdot 2H_2O$ (*syngenite*) yang akan menjadi inti dari pembentukan kristal gipsium dan menggantikan sulfat dihidrat. *Syngenite* memiliki zat terlarut yang lebih tinggi dari pada kalsium sulfat dihidrat, yang nantinya akan mengubah susunan kristal gipsium menjadi lebih padat dan lebih teratur, hal ini akan menyebabkan waktu pengerasan gipsium menjadi lebih cepat.^{13,14}

Reaksi seng sulfat dan gipsium menyebabkan terjadinya ikatan kimia yang akan menghasilkan garam ganda sehingga akan sulit untuk dipisahkan. Ikatan yang erat antara seng sulfat dan gipsium akan meningkatkan sifat mekanik dari gipsium terutama kekuatan tekan.^{11,12} Penelitian ini mendapatkan hasil yang tidak sejalan antara kekuatan tekan dan waktu pengerasan yaitu semakin tinggi konsentrasi larutan seng sulfat yang ditambahkan maka semakin rendah kekuatan tekan yang didapatkan.

Ketika konsentrasi kalium sulfat yang ditambahkan semakin besar maka waktu pengerasan menjadi lebih cepat. Hal ini sesuai dengan penelitian Ishak dkk¹⁵ dalam penelitian tersebut peneliti menambahkan beberapa konsentrasi larutan zat aditif yaitu (0,5%, 1%, 1,5%, 2%, 3%, 4%) ke dalam gipsium tipe II. Hasilnya pada konsentrasi 1% dan 1,5% terjadi peningkatan kekuatan tekan dan pada konsentrasi 2% dan 4% terjadi penurunan pada kekuatan tekan gipsium tipe II. Penelitian lain oleh Hillary¹³ menyebutkan bahwa konsentrasi K_2SO_4 paling efektif yaitu 1,5% karena selain menjadi akselerator untuk mempercepat waktu pengerasan gipsium dapat juga menambah kekuatan tekan gipsium, semakin besar konsentrasi K_2SO_4 maka

kekuatan tekan semakin rendah.¹³ Penurunan kekuatan tekan ini disebabkan oleh penambahan larutan zat aditif yang berguna sebagai akselerator yaitu menyebabkan waktu pengerasan menjadi lebih cepat, sehingga mungkin saja proses manipulasi terjadi secara merata namun kristalisasi sudah terjadi pada sebagian besar campuran gipsium. Hal ini menyebabkan kekuatan tekan gipsium menurun akibat tidak meratanya kristalisasi yang terjadi.^{15,16} Keuntungan lain dari penambahan akselerator yaitu dapat menurunkan setting ekspansi pada gipsium, karena jika ekspansi pengerasan tinggi maka tingkat keakuratan model gipsium akan menurun dan juga akan mempengaruhi perubahan dimensi pada gipsium. Hal ini sesuai dengan penelitian Vicky dkk^{15,16} yang menambahkan akselerator ke dalam gipsium tipe III dan hasilnya terjadi penurunan setting ekspansi pada gipsium tipe III tersebut.

SIMPULAN

Terdapatnya pengaruh penambahan larutan kalium sulfat dan seng sulfat terhadap kekuatan tekan dan waktu pengerasan pada gipsium tipe III daur ulang. Semakin tinggi jumlah penambahan zat aditif K_2SO_4 dan $ZnSO_4$ pada gipsium daur ulang didapatkan nilai kekuatan tekan semakin rendah dan waktu pengerasan semakin singkat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Zhao HT, Li HQ, Bao WJ, Wang CY, Li SG, Lin WG. [Spectral Analysis of Trace Fluorine Phase in Phosphogypsum]. *Guang Pu Xue Yu Guang Pu Fen Xi*. 2015; 35(8): 2333-8.
2. Fernandes AK, Bhat V, Bhat M, Shetty S, Kutty SM, Malik A. A Comparative Study of the Effect of Different Disinfectant Solutions on the Compressive Strength of Type III Gypsum. *J Pharm Bioallied Sci*. 2020; 12(1): 530-7. DOI: 10.4103/jpbs.JPBS_151_20.
3. Cetin AR, Unlu N. Clinical wear rate of direct and indirect posterior composite resin restorations. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2012; 32(3): 87-94.
4. Hamm J, Berndt EU, Beuer F, Zachrat C. Evaluation of model materials for CAD/CAM in vitro studies. *Int J Comput Dent*. 2020; 23(1): 49-56.
5. Abidoeye LK, Bello RA. Restoration Of Compressive

- Strength Of Recycled Gypsum Board. The pasific of Science and Technology. 2010; 11(2):42-49.
6. Tolonen ET, Rämö J, Lassi U. The effect of magnesium on partial sulphate removal from mine water as gypsum. J Environ Manage. 2015; 159: 143-146. DOI: [10.1016/j.jenvman.2015.05.009](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.05.009).
 7. Fulford MR, Stankiewicz NR. Infection Control in Primary Dental Care. Springer: Switzerland. 2019. p. 65-66
 8. Powers JM., Watahana JC. Dental Materials. Foundation and Applications. 11th Ed. Elsevier: St. Louis, Missouri. 2017. p. 272
 9. Sari WP, Satria Y, Fita C. Uji komposisi gipsum tipe III pabrikan dan gipsum tipe III daur ulang dengan Teknik X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF) dalam upaya pemanfaatan limbah gipsum kedokteran gigi. Menara Ilmu. 2021; 15(1): 1-5. DOI: [10.31869/mi.v15i1.2372](https://doi.org/10.31869/mi.v15i1.2372)
 10. Adelina T, Triaminingsih S, Indrani D J. 2017. The effect of K₂SO₄ solution on compressive strength of dental gypsum type III. IOP Conf. Series: J Physics. 2017; 884(2017): 1-7. DOI: [10.1088/1742-6596/884/1/012089](https://doi.org/10.1088/1742-6596/884/1/012089)
 11. Pitri Y. Perbedaan kekuatan tekan gipsum tipe III pabrikan dan daur ulang serta gipsum tipe III daur ulang dengan penambahan larutan zinc sulfat 4% sebagai bahan model kerja gigi tiruan. Diakses dari : <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/49153/6/Cover.pdf>.
 12. Wahyuni S, Haslinda Z T, Harry A. The Difference Compressive Strength and Dimensional Change Of Commercially Type III Gypsum Compared to Recycle Gypsum Type III to Produce Working Cast. Dentica Dental Journal. 2016. 19(2). p 121-127. DOI: [10.32734/dentica.v19i2.414](https://doi.org/10.32734/dentica.v19i2.414)
 13. Alberto N, Carvallho L, Limaha, Antunes V, Nogueira R, Pinto JL, Characterization Of Different Water/Powder Ratios Of Dental Gypsum Using Fiber Bragg Grating Sensors. Dental Material J. 2011: 30 (5). p 700-706. DOI: [10.4012/dmj.2011-004](https://doi.org/10.4012/dmj.2011-004)
 14. Hillary S, Triami ningsih, Indrani DJ. The effect of K₂SO₄ solution on type III gypsum surface roughness. IOP Conf. Series: J Physics. 2017; 884(1): 1-6. DOI: [10.1088/1742-6596/884/1/012043](https://doi.org/10.1088/1742-6596/884/1/012043)
 15. Permana B N, Triaminingsih S, Indrani D J. The effect of a k₂so₄ solution on the surface hardness of gypsum type iii. Iop conf. Series: jphysics. 2017; 884(2017): 1-6. DOI: [10.1088/1742-6596/884/1/012087](https://doi.org/10.1088/1742-6596/884/1/012087)
 16. Ishak YA, Vonny N.S, Jimmy A, Perubahan kekuatan tekan dental plaster yang dicampur dengan NaCl dalam berbagai variasi konsentrasi. J e-GiGi . 2014.2(1). p.1-15.