

Pengaruh Variasi Komposisi dan Tekanan Alat Press Mini Produk Terhadap *Mechanical Properties* Produk Papan Silikat Skala Mini (Studi Kasus di PT XYZ)

Aldiana Bayhaqi Ilham, Sarah Dampang*

Program Studi Teknik Kimia, University Singaperbangsa Karawang, Jawa Barat

*Koresponden email: sarah.dampang@staff.unsika.ac.id

Diterima: 13 September 2025

Disetujui: 20 September 2025

Abstract

Silicate board is one of the products produced at PT XYZ. This material is resistant to water and fire, making it very useful in building construction. In addition, silicate board can be used as an alternative to bricks or gypsum because it is easier to apply. The manufacture of silicate board requires the right combination of compositions to suit industrial needs. This study aims to analyze the effect of variations in composition and pressure in the process of making small-scale silicate boards (mini products). Mini products are made in several samples with different combinations of composition and pressure. In the study, cement compositions were used with percentages of 30%, 32%, and 34% at each pressure. Meanwhile, the pressure applied was 60 bar and 70 bar for each composition. The analysis parameters include the Modulus of Rupture (MOR), Moisture content, Water absorption, and density values in each sample. The results of the study showed fluctuations in these values based on variations in composition and pressure. However, there was one sample that consistently had the highest value in various aspects. This finding indicates that the combination of composition and pressure must be adjusted properly to produce silicate boards with optimal quality.

Keywords: *silicate board, mini product, moisture, absorption*

Abstrak

Papan silikat merupakan salah satu produk yang dihasilkan di PT XYZ. Material ini memiliki daya tahan terhadap air dan api, sehingga sangat berguna dalam konstruksi bangunan. Selain itu, papan silikat dapat digunakan sebagai alternatif batu bata atau gipsum karena lebih mudah diaplikasikan. Pembuatan papan silikat memerlukan kombinasi komposisi yang tepat agar sesuai dengan kebutuhan industri. Penelitian ini, bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi komposisi dan tekanan dalam proses pembuatan papan silikat skala kecil (mini product). Mini product dibuat dalam beberapa sampel dengan kombinasi komposisi dan tekanan yang berbeda. Dalam penelitian digunakan komposisi semen dengan persentase 30%, 32%, dan 34% pada masing-masing tekanan. Sementara itu, tekanan yang diterapkan adalah 60 bar dan 70 bar untuk setiap komposisi. Parameter analisis meliputi nilai Modulus of Rupture (MOR), Moisture content, Water absorption, dan density pada tiap sampel. Hasil penelitian menunjukkan adanya fluktuasi pada nilai-nilai tersebut berdasarkan variasi komposisi dan tekanan. Namun, terdapat satu sampel yang secara konsisten memiliki nilai tertinggi dalam berbagai aspek. Temuan ini mengindikasikan bahwa kombinasi komposisi dan tekanan harus diatur dengan tepat agar menghasilkan papan silikat dengan kualitas optimal.

Kata Kunci: *papan silikat, mini product, moisture, absorption*

1. Pendahuluan

Papan silikat merupakan material komposit berbasis anorganik yang umumnya terbuat dari campuran semen portland, pasir silika, serat selulosa, dan air. Material ini dikenal memiliki sifat tahan api, tahan air, ringan, serta ramah lingkungan sehingga banyak digunakan sebagai alternatif bahan bangunan modern [1], [2]. Dalam industri konstruksi, papan silikat dipandang mampu menggantikan fungsi bata ringan atau gipsum karena lebih mudah diaplikasikan dan memiliki performa teknis yang stabil [3].

Proses manufaktur papan silikat melibatkan reaksi hidrasi semen dan transformasi silika pada kondisi suhu dan tekanan tertentu. Faktor utama yang menentukan mutu produk antara lain komposisi semen, rasio silika, serta kondisi proses seperti tekanan pengepresan dan autoclave [4], [5]. Variasi dalam parameter tersebut akan memengaruhi struktur mikro, porositas, serta sifat mekanik akhir produk, termasuk kekuatan lentur (MOR), kadar air, kemampuan serap air, dan densitas [6].

Dalam skala industri, kebutuhan terhadap papan silikat semakin meningkat seiring dengan tren pembangunan berkelanjutan dan permintaan material konstruksi yang tahan lama. Produk ini tidak hanya berfungsi sebagai dinding partisi, tetapi juga diaplikasikan untuk plafon, panel fasad, hingga pelapis tahan api [7]. Oleh karena itu, penelitian mengenai optimasi formulasi bahan baku dan kondisi proses menjadi penting untuk menjawab tantangan kualitas dan efisiensi produksi.

Perbaikan mutu papan silikat banyak diteliti dengan pendekatan berbeda. [8] menemukan bahwa penambahan *microsilica* dapat menutup pori-pori dalam matriks, membuat struktur lebih rapat dan kekuatan lenturnya meningkat. [9] melaporkan bahwa penggunaan kaolin lokal menghasilkan papan dengan densitas baik dan daya serap air yang relatif rendah. Sementara itu, [10] menekankan bahwa kelembapan berlebih justru bisa menurunkan kekuatan tekan, sehingga kontrol kadar air menjadi aspek penting dalam produksi papan silikat.

Selain faktor bahan baku, penelitian juga menyoroti peran serat penguat dalam menentukan performa papan silikat. [8] menunjukkan bahwa serat tanaman dengan ukuran dan morfologi tertentu mampu memperkuat ikatan antara matriks dan serat, sehingga sifat mekanik papan meningkat. [11] menemukan bahwa pemanfaatan limbah industri sebagai bahan dasar papan silikat dapat menghasilkan produk dengan kekuatan tinggi sekaligus lebih ramah lingkungan. [12] menambahkan bahwa papan silikat juga layak digunakan sebagai elemen pelapis dalam sistem rangka baja ringan karena stabilitas mekaniknya yang baik. [7] bahkan melaporkan potensi papan silikat untuk aplikasi lebih luas, mulai dari dinding partisi hingga fasad luar bangunan, berkat sifatnya yang tahan api dan tahan air. Sementara itu, [3] menekankan bahwa pemanfaatan limbah padat seperti abu sekam padi dan kulit kerang dalam pembuatan papan silikat tidak hanya meningkatkan densitas dan kekuatan, tetapi juga mendukung konsep konstruksi berkelanjutan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara sistematis pengaruh variasi komposisi semen dan tekanan alat press terhadap sifat mekanik papan silikat skala mini. Hasil kajian diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah bagi penerapan formulasi optimal di industri, sehingga produk yang dihasilkan lebih kokoh, awet, serta sesuai dengan kebutuhan konstruksi masa kini.

2. Metode Penelitian

Material

Bahan yang digunakan adalah larutan silika, semen, larutan pulp, dan air.

Pre-Treatment Silika dan Pulp

Sebelum masuk ke tahap proses, silika dan pulp perlu ditentukan dahulu konsistensinya karena bahan-bahan tersebut diambil dalam keadaan basah, sehingga meski menentukan berapa persentase jumlah silika dan pulp yang digunakan untuk sampel. Diawali dengan mengukur massa silika dan pulp tersebut sebanyak 100 g, kemudian dikeringkan menggunakan *microwave* selama 7 menit. Setelah itu ukur kembali massa yang sudah dikeringkan. Kemudian hitung nilai bagi antara massa kering dan massa basah.

$$\text{Konsistensi} = \frac{m_k}{m_b} \times 100 \quad (1)$$

m_b = Massa basah

m_k = Massa kering.

Pulp Consistency

Mula-mula perlu dicari nilai konsistensi pulp. Pertama, timbang pulp sebanyak 100g. kemudian peras pulp hingga airnya berkurang dan menjadi kering. Setelah itu masukkan pulp ke dalam *microwave* dan tunggu selama 7 menit, pastikan pulp dilebur kembali. Jika sudah dileburkan, pulp ditimbang hingga mendapat massa kering pulp. Setelah itu, hitung menggunakan rumus yang sudah ditetapkan.

Setelah itu, tentukan nilai konsistensi silikanya. Mula-mula, timbang kertas saring dan tentukan silika sebanyak 100g. Kemudian, masukan silika ke kertas saring yang sudah disimpan dalam alat vakum. Setelah itu, vakum silika hingga air nya berkurang. Terakhir, masukkan silika ke dalam *microwave* selama 7 menit dan pastikan sudah benar-benar kering. Timbang silika kering tersebut dan hitung silika dengan rumus konsistensi yang ditetapkan.

Pencampuran Bahan-bahan

Setelah *pretreatment* selesai, masuk pada tahap pencampuran bahan-bahan. Tujuannya agar semua bahan bisa dicampur dan bisa bereaksi. Masing-masing massa ditentukan dari *pretreatment* sebelumnya. Agar pencampuran bisa maksimal, lanjut untuk mengaduk dengan menggunakan *mixer* selama 2 menit.

Pastikan bahan-bahan bisa tercampur dengan rata. Bahan yang masukkan terlebih dahulu yaitu pulp. Setelah itu masukkan silika yang dilanjut dengan semen.

Membentuk Sampel

Sampel yang sudah dicampurkan lanjut untuk ditekan dengan menggunakan alat *press*. Sebelum ditekan, sampel basah mesti ditunggu selama 1 jam di permukaan alat *press* tersebut. Setelah itu, gunakan alat tersebut untuk menekan sampel dengan tekanan yang bervariasi. Penekanan dilakukan selama 10 detik untuk memastikan bahan sudah ditekan sepenuhnya dan sudah terbentuk. Tekanan yang digunakan ada beberapa yaitu 60, 70, dan 80 bar.

Pemanasan dalam Autoclave

Setelah sampel ditekan hingga membentuk sesuai standar, kemudian sampel akan dibiarkan pada tahap *curing* selama 8 jam. Setelah itu, sampel dipanaskan dalam *autoclave* selama 11,5 jam. Proses kimia terjadi dalam *autoclave* dimana semen dengan bahan lainnya bereaksi hingga sampel tersebut mengeras hingga menjadi *mini product*.

Karakterisasi Sampel

Dalam penelitian ini, dilakukan beberapa analisis untuk mengetahui sifat kimia dan fisik dari masing-masing sampel yang dibuat seperti MOR (*Modulus of Rupture*) untuk mendapatkan nilai kelenturan sampel, *Moisture Content* untuk menghitung nilai kadar air dengan rumus:

$$MC = \frac{m_0 - m_k}{m_0} \times 100\% \quad (2)$$

MC = Moisture Content

m_0 = Initial mass

m_k = Dry mass

Density untuk menganalisis besarnya densitas pada sampel dengan rumus:

$$\rho = \frac{m_k}{m_b - m_m} \quad (3)$$

ρ = Density

m_k = Dry mass

m_b = Wet mass

m_m = Floating mass

Water Absorption sebagai perhitungan untuk mendapatkan nilai penyerapan air dengan rumus:

$$WA = \frac{m_b - m_k}{m_k} \times 100\% \quad (4)$$

WA = Water Absorption

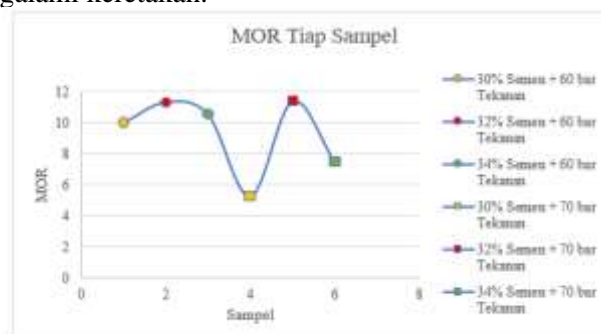
m_b = Wet mass

m_k = Dry mass

3. Hasil & Pembahasan

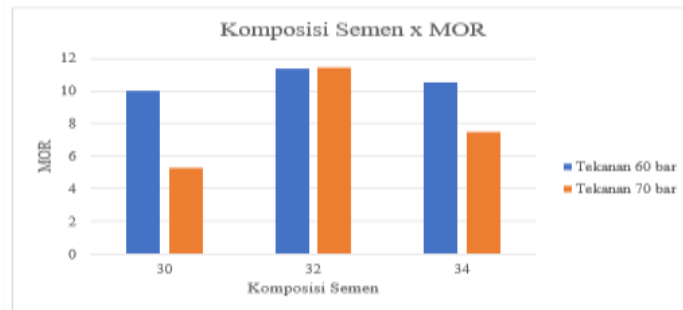
MOR (*Modulus of Rupture*)

Modulus of Rupture (MOR) adalah nilai yang menunjukkan ketahanan suatu material ketika ditekan hingga tepat sebelum mengalami keretakan.



Gambar 1. Nilai MOR pada Tiap Sampel

Pada **Gambar 2** ditampilkan grafik yang menunjukkan performa berdasarkan berbagai komposisi dan tekanan. Komposisi semen 30% menunjukkan nilai MOR (*Modulus of Rupture*) yang paling rendah dibandingkan dengan komposisi semen 32% dan 34%. Biasanya, komposisi yang ideal akan memiliki nilai MOR yang tinggi. Namun, dalam penelitian ini, nilai MOR tertinggi ditemukan pada sampel dengan komposisi semen 32%. MOR mengukur kekuatan suatu material saat ditekan hingga material tersebut patah. Grafik menunjukkan bahwa sampel dengan komposisi 32% mampu mempertahankan kekuatan yang lebih tinggi sebelum mengalami kerusakan dibandingkan dengan sampel lainnya.



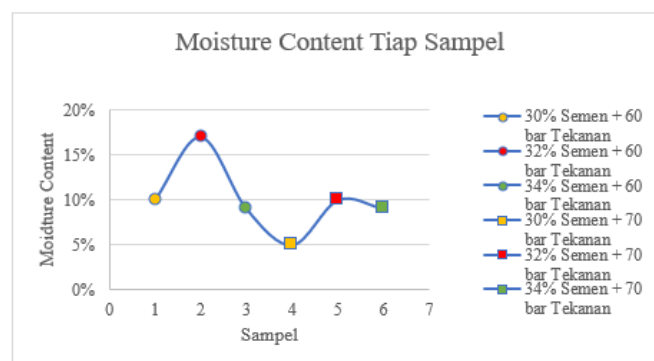
Gambar 2. Grafik Komposisi Semen dan MOR

Tekanan yang ditunjukkan pada **Gambar 2** ternyata mempengaruhi nilai MOR. Terlihat bahwa tekanan yang lebih rendah menghasilkan nilai MOR yang lebih rendah, sedangkan tekanan yang lebih tinggi meningkatkan nilai MOR. Dalam penelitian ini, nilai MOR tertinggi ditemukan pada tekanan 60 bar dibandingkan dengan 70 bar. Hal ini bertentangan dengan pengetahuan umum, di mana biasanya tekanan yang lebih tinggi membuat sampel menjadi lebih padat, sehingga seharusnya menghasilkan nilai MOR yang lebih tinggi.

Penelitian menunjukkan bahwa baik komposisi semen maupun tekanan dapat mempengaruhi nilai MOR. Semakin banyak semen yang digunakan dalam sampel, semakin keras sampel tersebut, sehingga nilai MOR cenderung meningkat. Demikian juga, tekanan yang lebih tinggi akan meningkatkan kerapatan molekul, yang berdampak pada peningkatan nilai MOR. Dari hasil pengujian, sampel dengan komposisi semen 32% menunjukkan nilai MOR yang optimal pada tekanan 60 dan 70 bar dibandingkan dengan sampel lainnya.

Moisture Content

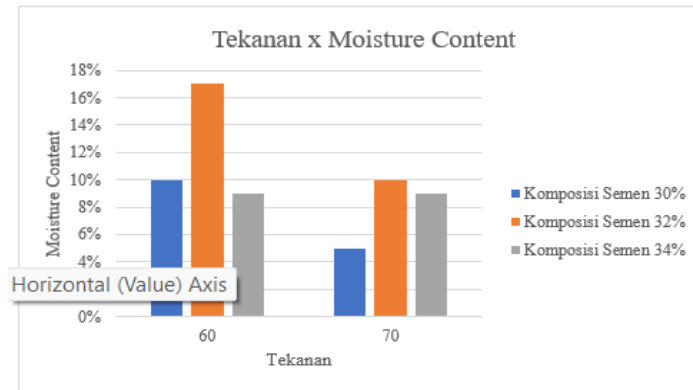
Moisture content atau kadar air dihitung setelah mendapatkan beberapa data dari pengujian pemanasan. *Moisture content* merujuk pada banyaknya jumlah air yang terkandung dalam material tersebut. Dalam percobaannya, dilakukan pemanasan dalam oven selama 5 jam pada masing-masing sampel. Pada mulanya, sampel ditimbang sebagai massa awal kemudian setelah dipanaskan ditimbang kembali dan didapatkan data massa kering. Massa kering ini lah yang data yang akan digunakan dalam perhitungan untuk mendapatkan nilai *moisture content*.



Gambar 3. *Moisture content* pada Tiap Sampel

Nilai komposisi pun ikut mempengaruhi nilai *moisture content*. Dapat dilihat sampel dengan komposisi 30% memiliki nilai *moisture content* yang tidak terlalu tinggi yaitu 10%. Kemudian pada komposisi 32% memiliki nilai *moisture content* yang jauh lebih tinggi dibanding dengan sampel dengan komposisi 30% dimana dengan tingginya nilai ini menjadikan produk memiliki banyak air sehingga dapat mempengaruhi nilai produk nya. Terakhir adalah nilai 34%. Dapat dilihat komposisi dengan semen 34%

lebih sedikit dibanding dengan sampel dengan komposisi 32% sehingga kualitas produk nya sudah bisa dibilang bagus dan sudah memenuhi standar.

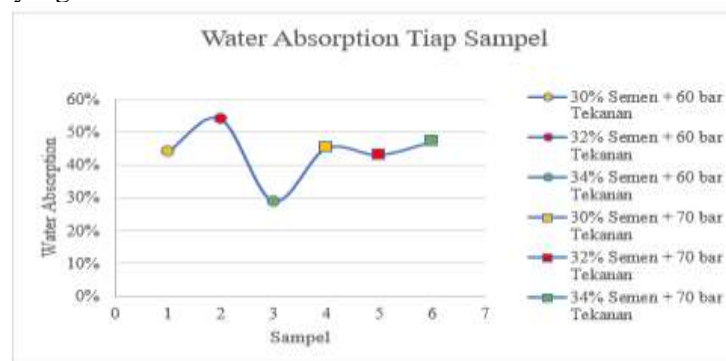


Gambar 4. Grafik Tekanan dan Moisture Content

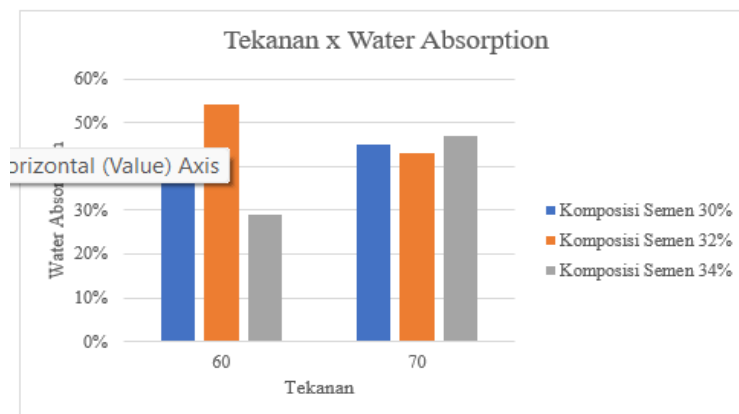
Nilai komposisi pun ikut mempengaruhi nilai *moisture content*. Dapat dilihat sampel dengan komposisi 30% memiliki nilai *moisture content* yang tidak terlalu tinggi yaitu 10%. Kemudian pada komposisi 32% memiliki nilai *moisture content* yang jauh lebih tinggi dibanding dengan sampel dengan komposisi 30% dimana dengan tingginya nilai ini menjadikan produk memiliki banyak air sehingga dapat mempengaruhi nilai produk nya. Terakhir adalah nilai 34%. Dapat dilihat komposisi dengan semen 34% lebih sedikit dibanding dengan sampel dengan komposisi 32% sehingga kualitas produk nya sudah bisa dibilang bagus dan sudah memenuhi standar.

Water Absorption

Dapat diketahui bahwa *water absorption* merupakan sebuah kemampuan suatu material untuk menyerap air. Hal ini tidak berbeda jauh dengan *moisture content* dimana *mechanical properties* ini merupakan jumlah air yang ada di dalam suatu benda.



Gambar 5. Water Absorption pada Tiap Sampel



Gambar 6. Grafik Tekanan dan Water Absorption

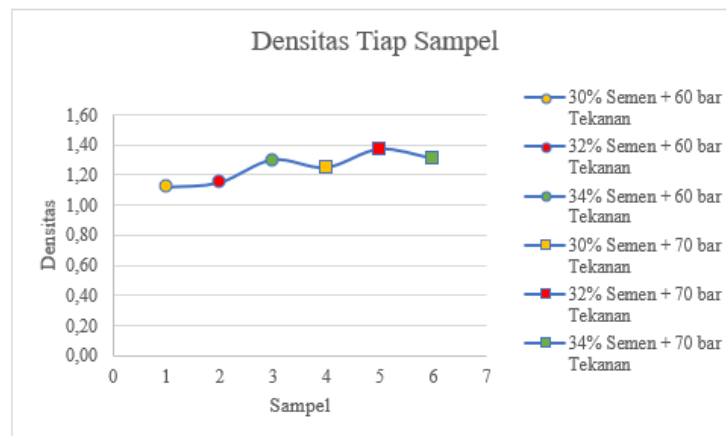
Sudah dijelaskan bahwa *water absorption* berbeda dengan *moisture content* dimana *water absorption* merupakan nilai penyerapan air pada suatu produk. Dengan semakin tinggi nilai penyerapan, maka kualitas

produk akan semakin menurun karena dengan semakin banyak produk menyerap air, maka produk akan mudah basah dan akan mempengaruhi sifat fisiknya. Pada **Gambar 6** dapat dilihat bahwa masing-masing komposisi semen memiliki nilai WA yang tinggi. Pada komposisi semen 30% didapatkan nilai WA sebanyak 44%. Kemudian pada semen 32% didapatkan lebih tinggi dibandingkan dengan komposisi semen 30% dan 34%. Pada komposisi semen 34% didapatkan nilai WA nya paling rendah dibanding kedua nya.

Pada **Gambar 6**, diperlihatkan bahwa tekanan 60 bar mendapatkan nilai tinggi pada komposisi semen 32% dibandingkan dengan tekanan 70 bar. Hal ini bertentangan dengan teori dimana semakin tinggi tekanan harusnya memiliki nilai *water absorption* yang rendah karena tekanan akan membuat molekul dari produk menjadi lebih padat. Dilihat rata-rata tekanan 60 bar memiliki rata-rata nilai lebih tinggi dibanding dengan tekanan 70 bar.

Density

Densitas pada setiap sampel dapat dilihat pada **Gambar 7**. Semua sampel memiliki densitas rata-rata 1,2. Dengan begitu, densitas pada papan silikat memang bernilai seperti itu.



Gambar 7. Densitas pada Tiap Sampel

Pada **Gambar 7** dapat dilihat bahwa densitas secara teratur naik dan tidak turun secara drastis. Pada sampel 6 di **Gambar 7** (34% semen + 70 bar) dapat dilihat bahwa densitas semakin kecil berbeda dengan sampel lainnya dan perbedaan sampel tidak terlalu jauh.

Analisis dan Hasil Interpretasi

Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa sifat mekanik papan silikat sangat dipengaruhi oleh variasi komposisi semen dan tekanan pada saat proses pengepresan. Komposisi semen sebesar 32% menghasilkan nilai MOR tertinggi, karena pada persentase ini terjadi keseimbangan antara bahan pengikat (semen) dan bahan pengisi (silika dan pulp). Jika komposisi semen terlalu rendah, daya ikat antar partikel menjadi lemah, sedangkan jika terlalu tinggi, struktur material menjadi rapuh akibat kelebihan fase kaku yang tidak diimbangi dengan pengisi yang memadai [13], [14]. Oleh karena itu, penggunaan semen 32% dapat dikatakan sebagai formulasi optimum untuk memperoleh kekuatan lentur terbaik.

Sementara itu, peningkatan tekanan dari 60 bar ke 70 bar terbukti menurunkan kadar air (*moisture content*) dan kemampuan menyerap air (*water absorption*), sekaligus meningkatkan densitas. Secara mikrostruktur, tekanan yang lebih tinggi membantu memadatkan partikel dan mengurangi porositas, sehingga air lebih sulit masuk dan terjebak di dalam material [4]. Kerapatan yang tinggi ini berkaitan langsung dengan daya tahan produk terhadap pengaruh lingkungan seperti air dan suhu, serta meningkatkan ketahanan fisik papan silikat dalam jangka panjang. Densitas yang meningkat juga memperkuat karakteristik mekanik karena distribusi beban menjadi lebih merata pada struktur internal material [3]. Temuan ini sejalan dengan penelitian [15] yang menunjukkan bahwa papan silikat dengan densitas kering lebih tinggi memiliki koefisien serap air lebih kecil dan kapasitas jenuh kapiler yang rendah, sehingga lebih stabil terhadap kelembapan.

Studi [16] juga menegaskan bahwa porositas dan ukuran pori memengaruhi hubungan antara kandungan air dan densitas, di mana struktur mikro yang rapat cenderung menjaga kestabilan sifat mekanik. Selain itu, hasil dari [17] mengenai papan silikat berbasis residu kaya tobermorite membuktikan bahwa pengendalian kelembapan selama proses manufaktur berperan besar dalam mempertahankan performa mekanik, khususnya nilai MOR yang tetap tinggi meskipun diuji dalam kondisi kelembapan berbeda.

Dengan demikian, baik dari aspek kekuatan maupun daya tahan, kombinasi 32% semen dan 70 bar tekanan memberikan hasil paling optimal.

Selain itu, penelitian ini menguatkan pentingnya kontrol terhadap variabel proses manufaktur. Tidak hanya bahan baku yang menentukan mutu akhir produk, tetapi juga perlakuan proses fisik seperti pengepresan dan pemanasan yang sangat menentukan kualitas mikrostruktur yang terbentuk. Pemahaman ini sejalan dengan prinsip rekayasa material, di mana sifat fisik dan mekanik suatu material dipengaruhi secara langsung oleh proses pembuatannya [6]. Temuan ini dapat menjadi dasar pengembangan produk lebih lanjut oleh industri untuk menyesuaikan papan silikat terhadap kebutuhan teknis dan aplikasi spesifik di lapangan.

4. Kesimpulan

Penelitian ini memperlihatkan bahwa campuran semen dan tekanan pada proses pengepresan berpengaruh besar terhadap mutu papan silikat. Dari hasil uji, campuran dengan kadar semen 32% memberikan kekuatan paling tinggi sekaligus stabil di berbagai kondisi. Tekanan yang lebih besar, dari 60 menjadi 70 bar, ternyata membantu mengurangi kadar air sekaligus menambah kepadatan, sehingga papan yang dihasilkan lebih rapat dan kuat. Kombinasi antara 32% semen dan tekanan 70 bar menjadi pilihan paling ideal karena mampu menghasilkan papan yang tidak hanya kokoh, tetapi juga tahan terhadap air. Uji skala laboratorium yang dilakukan sudah cukup mewakili performa produk sebenarnya, sehingga temuan ini bisa dijadikan dasar untuk produksi di tingkat industri. Dengan begitu, papan silikat yang dihasilkan dapat memenuhi kebutuhan konstruksi modern yang menuntut kekuatan, daya tahan, dan kualitas tinggi.

5. Singkatan

WA	Water Absorption
MOR	Modulus of Rupture
MC	Moisture Content
%	Persentase
m_0	Massa Awal
m_k	Massa Kering
m_b	Massa Basah
m_b	Massa Melayang

6. Referensi

- [1] L. Kristanto, H. Sugiharto, S. W. D. Agus, and S. A. Pratama, "Calcium Silicate Board as Wall-facade," in *Procedia Engineering*, Elsevier Ltd, 2017, pp. 679–688. doi: 10.1016/j.proeng.2017.01.409.
- [2] Y. Wang, Y. J. Chuang, and C. Y. Lin, "The Performance of Calcium Silicate Board Partition Fireproof Drywall Assembly with Junction Box under Fire," *Advances in Materials Science and Engineering*, vol. 2015, 2015, doi: 10.1155/2015/642061.
- [3] S. K. S. Hossain and P. K. Roy, "Development of sustainable calcium silicate board: Utilization of different solid wastes," *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, vol. 58, no. 6, pp. 274–284, Nov. 2019, doi: 10.1016/J.BSECV.2019.06.003.
- [4] D. Marchon and R. J. Flatt, "Mechanisms of cement hydration," *Science and Technology of Concrete Admixtures*, pp. 129–145, Jan. 2016, doi: 10.1016/B978-0-08-100693-1.00008-4.
- [5] K. L. Scrivener, "SPECIAL ISSUE-Future Cements Options for the future of cement," 2014.
- [6] S. S. Panagoda *et al.*, "Cement Manufacturing Process and Its Environmental Impact," 2023. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/372364566>
- [7] X. Jin, J. Wang, and Q. Meng, "Developing a Calcium Silicate Prefabricated Board Ventilated Wall for Building Energy Efficiency Retrofit in Hot-Humid Areas," *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 668, no. 1, p. 12022, Feb. 2021, doi: 10.1088/1755-1315/668/1/012022.
- [8] J. Sheng, M. Zhang, R. Yang, W. Xie, and Y. Wang, "High-Performance Calcium Silicate Board Reinforced by Microfibrillated Cellulose/Microsilica," *ACS Sustain Chem Eng*, vol. 11, no. 18, pp. 7053–7061, May 2023, doi: 10.1021/acssuschemeng.3c00099.
- [9] Nurhidayati, R. Y. Lestari, I. D. G. P. Prabawa, N. Nurmilatina, F. E. Hasfianti, and S. Hamdi, "Physical Properties Evaluation of Calcium Silicate Cement Board Based on Indonesia Local Kaolin," in *Proceedings of the Conference on Broad Exposure to Science and Technology 2021 (BEST 2021)*, Atlantis Press, 2022, pp. 387–390. doi: 10.2991/aer.k.220131.057.

- [10] H. Garbalińska, J. Strzałkowski, and A. Stolarska, “Moisture Influence on Compressive Strength of Calcium Silicate Masonry Units—Experimental Assessment and Normative Calculations,” *Materials*, vol. 13, no. 17, 2020, doi: 10.3390/ma13173817.
- [11] Z. Cao, Y. Cao, J. Zhang, C. Sun, and X. Li, “Preparation and characterization of high-strength calcium silicate boards from coal-fired industrial solid wastes,” *International Journal of Minerals, Metallurgy, and Materials*, vol. 22, no. 8, pp. 892–900, 2015, doi: 10.1007/s12613-015-1147-2.
- [12] V. Y. Palagala, J. D. Bhanushali, and M. Nithyadharan, “Characterization studies on calcium silicate boards and fibre cement boards used as sheathing in light gauge steel framed systems,” *Structures*, vol. 51, pp. 684–706, May 2023, doi: 10.1016/j.istruc.2023.03.036.
- [13] L. Kristanto, H. Sugiharto, S. W. D. Agus, and S. A. Pratama, “Calcium Silicate Board as Wall-facade,” *Procedia Eng*, vol. 171, pp. 679–688, Jan. 2017, doi: 10.1016/J.PROENG.2017.01.409.
- [14] K. L. Scrivener, “SPECIAL ISSUE-Future Cements Options for the future of cement,” 2014.
- [15] Tuominen Olli, Tuominen Eero, Vainio Maarit, Ruuska Tiina, and Vinha Juha, “Thermal and moisture properties of calcium silicate insulation boards,” *MATEC Web Conf.*, vol. 282, p. 2065, 2019, doi: 10.1051/mateconf/201928202065.
- [16] C. T. Do, D. P. Bentz, and P. E. Stutzman, “Microstructure and Thermal Conductivity of Hydrated Calcium Silicate Board Materials,” *J Build Phys*, vol. 31, no. 1, pp. 55–67, 2007, doi: 10.1177/1744259107079020.
- [17] P. Cao, L. Xing, J. Luo, H. Jiang, X. Zhang, and G. Li, “Preparation of calcium silicate board from tobermorite-rich residue for energy conservation in buildings,” *Constr Build Mater*, vol. 407, p. 133547, Dec. 2023, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2023.133547.