

## PEMANFAATAN LIMBAH SILICAVER CALSIUM MENJADI BETON PRACETAK DI PT PLN NUSANTARA POWER UNIT PEMBANGKITAN PAITON

Kurniawan Jati Pamungkas<sup>1\*</sup>, Sudarmaji<sup>2</sup>, Novi Dian Arfiani<sup>3</sup>, Abdul Aziz<sup>4</sup>, Purnomo Tri Prasetyo<sup>5</sup>

Departemen Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga<sup>1,2,3,4,5</sup>

\*Corresponding Author : kurniawan.jati.pamungkas-2021@fkm.unair.ac.id

### ABSTRAK

Salah satu upaya dalam penanganan limbah adalah pengolahan limbah menjadi suatu produk yang bisa dimanfaatkan. Seperti halnya program inovasi pemanfaatan limbah silicaver calcium menjadi beton pracetak yang dilakukan oleh PT PLN Nusantara Power UP Paiton, merupakan terobosan yang diharapkan bisa bermanfaat bagi lingkungan. Timbulan limbah jika tidak ditangani bisa mengganggu lingkungan dan kesehatan. Jenis pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kualitatif (Qualitative Research) dan kuantitatif (Quantitative Research). Sebelumnya limbah silicaver calcium yang dihasilkan dari proses pemeliharaan pembangkit listrik tidak termanfaatkan, sehingga menumpuk sebanyak 5250 kg pada periode tahun 2018-2023. Perusahaan mampu mengurangi jumlah timbulan limbah dan memberikan dampak positif kepada masyarakat sekitar melalui program inovasi ini. Hasil uji beton pracetak memenuhi standar SNI 7833:2012 tentang tata cara perancangan beton pracetak dan beton prategang untuk bangunan gedung, sehingga dapat digunakan sebagai bahan konstruksi bangunan. Program inovasi pemanfaatan limbah silicaver calcium menjadi beton pracetak juga mendukung UMKM yang memproduksi beton pracetak sekitar dalam produksi beton pracetak yang lebih ramah lingkungan dan efisien. Program yang dilakukan oleh PT PLN Nusantara Power UP Paiton berperan dalam pengelolaan limbah yang efisien serta dapat memberikan dampak positif terhadap masyarakat sekitar.

**Kata kunci** : beton pracetak, pemanfaatan limbah, pembangkit listrik, silicaver kalsium

### ABSTRACT

*One approach to waste management is converting waste into usable products. PT PLN Nusantara Power UP Paiton has implemented an innovative program that utilizes silicaver calcium waste—previously discarded from power plant maintenance processes—to produce precast concrete. This breakthrough aims to reduce environmental pollution and provide social benefits. If left unmanaged, waste accumulation can harm both the environment and public health. The research applied both qualitative and quantitative approaches. Between 2018 and 2023, approximately 5,250 kg of silicaver calcium waste had accumulated without being utilized. Through this innovation, the company successfully reduced waste volume while generating a positive impact on the surrounding community. The resulting precast concrete was tested and met the Indonesian National Standard (SNI) 7833:2012 concerning the design of precast and prestressed concrete for buildings, confirming its suitability for use in construction. In addition to environmental benefits, the program also supports local micro, small, and medium enterprises (MSMEs) by promoting more sustainable and efficient production methods in precast concrete manufacturing. The initiative not only reflects responsible and circular waste management practices but also contributes to local economic development. Overall, the program implemented by PT PLN Nusantara Power UP Paiton demonstrates how innovation in waste utilization can lead to environmental sustainability and community empowerment.*

**Keywords** : precast concrete, waste utilization, power plant, silicaver calcium

### PENDAHULUAN

Selama beberapa dekade terakhir, Limbah industri berasal dari kegiatan yang terjadi selama proses produksi baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Limbah yang

berasal dari proses produksi secara langsung yaitu limbah yang dihasilkan secara bersamaan dengan proses produksi sedang berlangsung. Sedangkan limbah yang berasal dari proses tidak langsung adalah limbah yang dihasilkan sebelum maupun sesudah proses produksi (Elvania, 2022). Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 19 Tahun 2021 tentang Tata Cara Pengelolaan Limbah Non Bahan Berbahaya dan Beracun, Limbah non Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) merupakan sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang tidak menunjukkan karakteristik Limbah B3 (Permen LHK, 2021).

Hal ini didukung juga oleh Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, bahwa limbah silicaver calcium tidak termasuk ke dalam limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) karena tidak memiliki sifat reaktif, tidak mudah menyala, tidak mudah meledak, dan korosif. Oleh karena itu proses pengelolaannya semakin mudah dan dapat menghemat biaya. Kemudahan ini dapat memberikan ide atas pemanfaatan limbah silicaver calcium, diharapkan dengan adanya kebijakan ini persentase pemanfaatan limbah silicaver calcium dapat meningkat sehingga tidak mencemari lingkungan sekitar perusahaan. Pemanfaatan limbah industri yang berasal dari pembangkit listrik dapat mengatasi masalah lingkungan seperti mengurangi polusi udara dan mengurangi emisi karbon yang terkait dengan material membuat semen dan agregat dalam konstruksi (Sarode, 2023). Penelitian lain menyebutkan bahwa limbah yang dihasilkan pembangkit listrik dapat dimanfaatkan secara luas oleh masyarakat sekitar, karena memiliki nilai jual yang tinggi (Saputro et al., 2023). Selain itu, perusahaan juga mendukung kebijakan universal yaitu *Sustainable Development Goals* (SDGs) atau Tujuan Pembangunan Berkelanjutan untuk mengatasi masalah ekonomi, sosial, dan lingkungan. Salah satu tujuan SDGs adalah memastikan pola konsumsi dan produksi yang berkelanjutan (Daru Mukti et al., 2022).

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa bahan yang mengandung silicate calcium hidrate yaitu bahan yang terdapat pada limbah silicaver calcium berpotensi untuk diolah menjadi beton pracetak karena memiliki sifat meningkatkan kekuatan awal beton (Al-saffar et al., 2023). Selain itu, pemanfaatan limbah industri sebagai bahan dasar konstruksi tidak mempengaruhi sifat mekanis dan daya tahan pada beton yang dihasilkan (Bravo et al., 2017). Pemanfaatan limbah juga dapat menurunkan biaya produksi secara signifikan dan dapat mengatasi permasalahan limbah pada industri yang menghasilkan limbah. PT PLN Nusantara Power UP Paiton melakukan implementasi program inovasi di bidang pengurangan dan pemanfaatan limbah Non B3. Dalam penelitian lain juga menyebutkan bahwa silicaver calcium sebagai bahan campuran beton yang lebih ramah lingkungan karena dapat mengurangi penggunaan semen portland dalam industri beton (Abdulmatin et al., 2018).

Penelitian ini bertujuan untuk menerangkan perubahan sebelum dan sesudah adanya program inovasi pemanfaatan limbah silicaver calcium, dampak pada perusahaan dan dampak pada masyarakat sekitar perusahaan terhadap pemanfaatan limbah silicaver calcium, menganalisis hasil uji produk beton pracetak dari limbah silicaver calcium dengan SNI 7833: 2012.

## METODE

Penelitian dilakukan di PT PLN Nusantara Power Unit PLTU Paiton pada tanggal 1 Juli hingga 2 Agustus 2024 untuk mempelajari inovasi program pemanfaatan limbah silicaver calcium dengan metode flow-line menjadi produk beton pracetak. Jenis pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kualitatif (Qualitative Research) dan kuantitatif (Quantitative Research), sebuah proses penelitian untuk memahami fenomena-fenomena manusia atau sosial dengan menciptakan gambaran yang menyeluruh dan kompleks (Rijal Fadli, 2021). Teknik pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan dua metode

yakni wawancara dengan penanggung jawab program pemanfaatan silicaver calcium dengan metode flow-line menjadi produk beton pracetak di PLTU Paiton dan mengumpulkan data sekunder dari perusahaan.

Beberapa data sekunder yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain: dokumen pemanfaatan limbah non B3, program pemanfaatan limbah non B3 silicaver calcium dengan metode flow-line menjadi produk beton pracetak, laporan hasil uji standar produk beton pracetak. Data sekunder ini akan digunakan untuk mengetahui pemanfaatan limbah silicaver calcium, proses pembuatan beton pracetak dari limbah silicaver calcium, perubahan sebelum dan sesudah adanya program inovasi pemanfaatan limbah silicaver calcium dengan metode flow-line production menjadi produk beton pracetak. Data yang diperoleh merupakan data sekunder yang nantinya akan digunakan untuk menerangkan perubahan sebelum dan sesudah adanya program inovasi pemanfaatan limbah silicaver calcium, dampak pada perusahaan dan dampak pada masyarakat sekitar perusahaan terhadap pemanfaatan limbah silicaver calcium, menganalisis hasil uji produk beton pracetak dari limbah silicaver calcium dengan SNI 7833 2012.

## HASIL

Dampak dari adanya program inovasi pemanfaatan limbah silicaver menjadi beton pracetak, yaitu dapat menurunkan jumlah timbulan limbah silicaver calcium yang dihasilkan setiap tahunnya karena proses overhaul (maintenance). Terhitung sejak tahun 2018 sampai dengan 2022 timbulan limbah silicaver calcium mencapai 5.250 kg (5,25 ton).

**Tabel 1. Data Pemanfaatan Silicaver Calcium**

No	Tahun	Limbah silicaver calcium yang dihasilkan (ton)	Limbah silicaver calcium yang termanfaatkan (ton)	Presentase
1	2018	0.6	0.6	100%
2	2019	1.14	1.14	100%
3	2020	2.34	2.34	100%
4	2021	0.23	0	0%
5	2022	0.94	1.07	100%
Sisa di TPS		0.1 ton		

Dari tabel pemanfaatan limbah silicaver calcium diatas dapat disimpulkan bahwa, Pada tahun 2020 PT PLN Nusantara Power UP Paiton menghasilkan timbulan limbah silicaver calcium paling banyak yaitu sebesar 2,34 ton. Sedangkan pada tahun 2021 timbulan silicaver calcium sebesar 0,23 ton disimpan yang nantinya akan dilakukan proses pembuatan produk beton pracetak ditahun berikutnya yaitu pada tahun 2022. Pada tahun 2022 limbah silicaver calcium sebesar 0,94 ton, limbah silicaver calcium tersebut ditambahkan dengan tahun 2021 sehingga total limbah silicaver calcium mencapai 1,17 ton, hal ini dilakukan agar program inovasi berjalan efektif dan efisien. Limbah yang diolah pada tahun 2022 sebesar 1,07 ton.

**Tabel 2. Hasil Uji Produk Beton Pracetak**

No	Date Casting	Date Tested	Age (Day)	Slump (Cm)	Weight (Kg)	Density (Kg/cm <sup>2</sup> )	Force Preasure (kN) (Kg)	Silinder Strength (Kg/cm <sup>2</sup> )	Silinder Strength (Mpa)
	Casting	Tested	(Day)	(Cm)	(Kg)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(kN) (Kg)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Mpa)
1.	3-Oct-2023	10-Oct-2023	7	10	12,7	2,398	336 kN / 34.221 Kg	193,7	19,0

Berdasarkan SNI 7833:2012 Tentang Tata Cara Perancangan beton pracetak dan beton prategang untuk bangunan gedung beton structural, kekuatan tekan beton yang disyaratkan

tidak boleh kurang dari 17 MPa. Hasil uji standar produk beton pracetak yang dihasilkan dari limbah silicaver calcium di atas adalah 19,0 Mpa yang memiliki arti bahwa produk beton pracetak yang dihasilkan dari campuran limbah silicaver calcium memenuhi standar SNI 7833 2012 dan dapat digunakan sebagai beton pracetak untuk bangunan gedung. Sehingga hasil beton pracetak dari limbah silicaver calcium dapat dijual oleh masyarakat sekitar karena memiliki daya saing dalam penjualan beton pracetak.

## PEMBAHASAN

Perubahan sebelum dan sesudah adanya program inovasi. Sebelum adanya program inovasi perusahaan rutin melakukan perbaikan dan perawatan sebanyak dua kali dalam satu tahun ketika masa overhaul. Pada kegiatan maintenance tersebut, perusahaan melakukan penggantian pipa boiler serta perbaikan komponen alat pembangkit. Silicaver calcium merupakan salah satu pelindung alat yang digunakan di pipa boiler sebagai penahan panas diatas 500 derajat celcius, nantinya akan menjadi limbah setelah dilakukan maintenance. Selanjutnya akan diangkut dan diproses oleh pihak pengelola limbah. Dapat diartikan sebelum adanya program inovasi limbah silicaver calcium tidak mengalami proses pengolahan limbah lebih lanjut. Sesudah adanya program inovasi, saat kegiatan *maintenance* limbah silicaver calcium termasuk ke dalam salah satu limbah yang belum dimanfaatkan. Sehingga perusahaan memiliki ide dan peluang untuk memanfaatkan limbah silicaver calcium dengan metode flow-line yang merupakan salah satu metode pabrikasi untuk memproduksi komponen dalam jumlah yang banyak dan dengan waktu yang singkat. Program ini juga mendukung masyarakat sekitar untuk dapat memanfaatkan limbah sebagai material utama dalam pembuatan (produksi) beton pracetak pada usaha beton yang mereka miliki. Sehingga, program ini mendukung UMKM di sekitar perusahaan.

Dengan adanya program inovasi pemanfaatan limbah silicaver memberikan dampak positif bagi perusahaan dan masyarakat sekitar perusahaan yang memiliki pabrikasi beton pracetak yaitu: Keuntungan perusahaan adalah memberikan dampak positif terhadap lingkungan karena dapat mengurangi timbulan limbah non B3 silicaver calcium. dengan melakukan pemanfaatan limbah silicaver calcium, perusahaan dapat menghemat biaya pengelolaan limbah non B3 silicaver calcium dan menurunkan potensi pencemaran yang lebih efisien karena silicaver calcium langsung termanfaatkan. Selain itu, perusahaan telah melaksanakan kebijakan universal Sustainable Development Goals (SDGs) atau Tujuan Pembangunan Berkelanjutan untuk mengatasi masalah social, ekonomi, dan lingkungan melalui CSR. Keuntungan dari program inovasi silicaver calcium menjadi beton pracetak bagi masyarakat sekitar adalah dapat meningkatkan kualitas produk beton pracetak dengan hasil uji kuat tekan sebesar 177,49 kg/cm<sup>2</sup> atau K177, sehingga dapat meningkatkan daya saing dalam penjualan beton pracetak. Serta dapat menghemat anggaran pembelian material semen. Hal ini didukung oleh penelitian sebelumnya penambahan material calcium silicate (silicaver calcium) terbukti dapat meningkatkan kekuatan awal pada beton serta dapat mempercepat proses pembuatan beton (Wang et al., 2019).

Pada penelitian lain ditemukan bahwa limbah industri dapat menjadi material bangunan yang berkelanjutan (*sustainability*) serta memiliki manfaat terhadap lingkungan sekitar dalam pengembangan material (Rauf et al., 2024) Program inovasi ini masuk ke dalam program CSR (*Corporate Social Responsibility*), yaitu kewajiban perusahaan dalam mempertanggungjawabkan semua tindakan produksi yang dapat mempengaruhi lingkungan, masyarakat, dan komunitas di sekitar. Pengembangan komunitas merupakan proses perubahan yang bertujuan meningkatkan kesejahteraan masyarakat di suatu wilayah tertentu (Capah et al., 2023). Dalam hal ini pengembangan komunitas termasuk dalam meningkatkan kualitas hidup masyarakat dari segi sosial-ekonomi. Begitu pula di level swasta yang kemungkinan besar akan

direspon melalui program CSR yang berbeda-beda, tergantung dari kemungkinan dan permasalahan masing masing perusahaan (Santoso et al., 2021). Program pemanfaatan limbah silicaver calcium industri dapat meningkatkan akuntabilitas perusahaan terhadap masyarakat dan pemerintah. Transparansi pengelolaan limbah mendorong perusahaan untuk terus berinovasi agar menurunkan risiko pencemaran dan masalah lingkungan (Pamungkas et al., 2025).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Paiton, dapat disimpulkan bahwa Program inovasi pemanfaatan limbah silicaver calcium dengan metode flow line menjadi beton pracetak adalah salah satu program yang mendukung pemanfaatan limbah agar tidak mencemari lingkungan sekitar perusahaan. Limbah silicaver calcium merupakan salah satu limbah yang belum termanfaatkan, limbah ini dihasilkan dari adanya proses overhaul atau proses pemeliharaan yang dilakukan setiap tahunnya. Timbulan dari limbah silicaver calcium pada periode tahun 2018 - Juni 2023 mencapai 5.250 Kg atau 5,25 ton.

Dengan adanya program inovasi pemanfaatan limbah silicaver calcium dengan metode flow line menjadi beton pracetak ini PT PLN Nusantara Power UP Paiton mampu mengurangi timbulan limbah sebesar 5.150 Kg atau 5,15 ton menjadi beton pracetak pada periode tahun 2018 – Juni 2023. Selain itu, Perusahaan juga dapat mengurangi biaya pengelolaan limbah silicaver calcium setiap tahunnya dan menurunkan pencemaran limbah karena silicaver calcium dapat langsung dimanfaatkan. Masyarakat sekitar PT PLN Nusantara Power UP Paiton juga mendapatkan dampak positif dari adanya program ini, yaitu dapat meningkatkan daya saing penjualan beton pracetak dengan standar SNI. Secara teoritis, penelitian ini mendukung peraturan pemerintah dengan mengelola limbah tidak hanya dari hasil produksi melainkan juga limbah perawatan operasional perusahaan. Hal ini dapat menjadi contoh bagi perusahaan lain agar dapat mengelola limbah dengan baik, serta dapat membantu Masyarakat sekitar dengan memanfaatkan hasil limbah perusahaan menjadi beton pracetak ataupun barang berguna yang memiliki nilai jual lainnya.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Departemen Lingkungan PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Paiton Unit 1 dan 2 karena telah memberikan izin dan data untuk digunakan dalam penyusunan artikel. Serta penulis juga ingin berterima kasih kepada Fakultas Kesehatan Masyarakat yang sudah membantu proses penyusunan artikel.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdulmatin, A., Khongpermgoson, P., Jaturapitakkul, C., & Tangchirapat, W. (2018). *Use of Eco-Friendly Cementing Material in Concrete Made from Bottom Ash and Calcium Carbide Residue*. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 43(4), 1617–1626. <https://doi.org/10.1007/s13369-017-2685-x>
- Al-saffar, F. Y., Wong, L. S., & Paul, S. C. (2023). *An Elucidative Review of the Nanomaterial Effect on the Durability and Calcium-Silicate-Hydrate (C-S-H) Gel Development of Concrete*. In *Gels* (Vol. 9, Issue 8). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/gels9080613>

- Bravo, M., de Brito, J., Evangelista, L., & Pacheco, J. (2017). *Superplasticizer's efficiency on the mechanical properties of recycled aggregates concrete: Influence of recycled aggregates composition and incorporation ratio*. *Construction and Building Materials*, 153, 129–138. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.07.103>
- Capah, B. M., Rachim, H. A., & Raharjo, S. T. (2023). Implementasi Sdg's-12 Melalui Pengembangan Komunitas Dalam Program CSR. *Share : Social Work Journal*, 13(1), 150–161. <https://doi.org/10.24198/Sshare.V13I1.46502>
- Daru Mukti, A., Hardi Purba, H., Meruya Selatan, J., & Barat, J. (2022). Penerapan Metode 3R (Reuse, Reduse, Recycle) dalam Pengelolaan Limbah Domestik dan B3 untuk Meningkatkan Status Proper Hijau di PT.XYZ. *Jurnal Media Teknik Dan Sistem Industri*, 6(2), 124–131. <https://doi.org/10.35194/jmtsi.v6i2.1600>
- Elvania, N. C. (2022). Manajemen dan Pengelolaan Limbah Nindy Callista Elvania. [www.penerbitwidina.com](http://www.penerbitwidina.com)
- Pamungkas, S. D. P., Belinda, T. D., & Ramadhani, P. M. I. (2025). Transparansi Informasi Kebijakan Pengelolaan Limbah Industri Guna Mewujudkan Ekonomi Hijau Menuju Indonesia Emas 2045. *Jurnal Pemerintahan Dan Kebijakan (JPK)*, 6(2), 68–82. <https://doi.org/10.18196/JPK.V6I2.22223>
- Permen LHK No. 19 Tahun 2021. (2021). Retrieved June 13, 2025, from <https://peraturan.bpk.go.id/Details/235343/permen-lhk-no-19-tahun-2021>
- PP No. 22 Tahun 2021. (n.d.). Retrieved June 13, 2025, from <https://peraturan.bpk.go.id/Details/161852/pp-no-22-tahun-2021>
- Rauf, I., Heryanto, H., Tahir, D., Gaus, A., Rinovian, A., Veeravelan, K., Akouibaa, A., Masrour, R., & Akouibaa, A. (2024). *Uncovering the potential of industrial waste: turning discarded resources into sustainable advanced materials*. *Physica Scripta*, 99(6). <https://doi.org/10.1088/1402-4896/AD4AD1>
- Rijal Fadli, M. (2021). Memahami desain metode penelitian kualitatif. 21(1), 33–54. <https://doi.org/10.21831/hum.v21i1>
- Santoso, M. B., Santoso, D., & Raharjo, T. (2021). Diskursus *Corporate Social Responsibility (CSR)* Dalam Mewujudkan *Sustainable Development Goals (SDGs)*. *Share : Social Work Journal*, 11(2), 100–121. <https://doi.org/10.24198/Sshare.V11I2.37076>
- Saputro, Y. A., Nailis, E., Ramadhan, M. F., Widagdo, J., & Arifin, S. (2023). Pengolahan Limbah Fly Ash Dan Bottom Ash (FABA) Menjadi Produk Komersil Di Desa Sekuro. *Swadimas: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(01), 35–42. <https://doi.org/10.56486/SWADIMAS.VOL1NO01.280>
- Sarode, D. D. (2023). *Use of industrial waste for value-added products*. *Advanced Materials from Recycled Waste*, 179–198. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85604-1.00004-4>
- SNI 7833 2012. (n.d.). Retrieved June 13, 2025, from <https://akses-sni.bsn.go.id/dokumen/2012/SNI%207833-2012/>
- Wang, B., Yao, W., & Stephan, D. (2019). *Preparation of calcium silicate hydrate seeds by means of mechanochemical method and its effect on the early hydration of cement*. *Advances in Mechanical Engineering*, 11(4). <https://doi.org/10.1177/1687814019840586>