

Nomor Urut : 200 A/UN7.F3.6.TL/DL/III/2025

201 A/UN7.F3.6.TL/DL/III/2025

Laporan Tugas Akhir

**PERENCANAAN PEMANFAATAN LIMBAH *FLY*
ASH DENGAN METODE SOLIDIFIKASI DI
PT DHARMAPALA USAHA SUKSES,
CILACAP, JAWA TENGAH**



Disusun Oleh:

Adella Tessalonica Nadapdap 21080121130186

I Made Guna Mahesa Dhana 21080121140202

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO**

2025

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
NAMA : Adella Tesselonica Nadapdap
NIM : 21080121130186
Jurusan/Departemen : Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Undip
Judul Skripsi : Perencanaan Pemanfaatan Limbah Fly Ash dengan Metode Solidifikasi di PT Dharmapala Usaha Sukses, Cilacap, Jawa Tengah

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

Pembimbing I:
Dr. Ir. Winardi Dwi Nugraha, M.Si
196709191999031003



Pembimbing II:
Ir. Ganjar Samudro, S.T., M.T., Ph.D
198201202008011005



Ketua Penguji:
Prof. Dr. Ir. Badrus Zaman, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.
197208302000031001



Anggota Penguji:
Dr. Ling., Ir. Sri Sumiyati, S.T., M.Si., IPM., ASEAN Eng.
195811071988031001



Semarang, 22 September 2025
Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik
Ketua



Prof. Dr. Ir. Badrus Zaman, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.
NIP. 197208302000031001

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

NAMA : I Made Guna Mahesa Dhana
NIM : 21080121140202
Jurusan/Departemen : Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Undip
Judul Skripsi : Perencanaan Pemanfaatan Limbah Fly Ash dengan Metode Solidifikasi di PT Dharmapala Usaha Sukses, Cilacap, Jawa Tengah

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

Pembimbing I:

Dr. Ir. Winardi Dwi Nugraha, M.Si
196709191999031003



Pembimbing II:

Ir. Ganjar Samudro, S.T., M.T., Ph.D
198201202008011005



Ketua Penguji:

Dr. Ling., Ir. Sri Sumiyati, S.T., M.Si., IPM., ASEAN Eng.
195811071988031001



Anggota Penguji:

Prof. Dr. Ir. Badrus Zaman, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.
197208302000031001



Semarang, 22 September 2025
Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik
Ketua



Prof. Dr. Ir. Badrus Zaman, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.
NIP. 197208302000031001

ABSTRAK

Fly ash dari *boiler* seringkali tidak dimanfaatkan secara optimal sebagai limbah. Penelitian ini dilakukan sebagai bagian dari inisiatif *Corporate Social Responsibility* (CSR) dengan tujuan mengevaluasi kelayakan dan kualitas bata beton berbasis *fly ash* yang dicetak secara manual melalui rancangan eksperimental dan analisis kuantitatif. Sebanyak sembilan variasi rencana campuran, termasuk satu campuran kontrol, dirumuskan dengan menggunakan proporsi berbeda dari semen *portland*, *fly ash*, pasir serayu, pasir silika, dan air. Sifat fisika diuji melalui pengujian kuat tekan dan daya serap air. Analisis statistik, meliputi uji normalitas, regresi robust, dan *Weighted Sum Model* (WSM) digunakan untuk menilai perilaku material dan menentukan campuran terbaik. Komposisi paling efektif menunjukkan kuat tekan sebesar 10,05 MPa yang mengindikasikan kinerja struktural yang menjanjikan. Peningkatan mutu lebih lanjut disarankan dengan menggunakan mesin *press* dan proses *curing* terkontrol. Hasil penelitian ini menegaskan potensi *fly ash* dalam mengurangi penggunaan semen, sekaligus mendukung praktik konstruksi berkelanjutan, pemanfaatan limbah industri, dan tujuan ekonomi sirkular.

Kata Kunci: *Fly Ash*, Bata Beton, Konstruksi Berkelanjutan, Kuat Tekan, *Weighted Sum Model* (WSM)

ABSTRACT

Fly ash from boiler operations is often underutilized as waste. Conducted as part of a Corporate Social Responsibility (CSR) initiative, this research aimed to evaluate the feasibility and performance of manually compacted fly ash-based paving blocks through experimental design and quantitative analysis. Nine mix designs, including a control, were formulated using varying proportions of Portland cement, fly ash, ordinary sand, quartz sand, and water. Mechanical and physical properties were assessed via compressive strength and water absorption tests. Statistical analyses, including normality testing, robust regression, and the Weighted Sum Model (WSM), were employed to examine material behavior and identify the optimal mix design. The most effective composition achieved a compressive strength of 10,05 MPa, demonstrating promising structural performance. Further enhancement is recommended through press moulding and controlled curing. The findings confirm the potential of fly ash to reduce cement usage while supporting sustainable construction practices, industrial waste valorization, and circular economy objectives.

Keywords: *Fly ash, Paving Block, Sustainable Construction, Compressive Strength, Weighted Sum Model (WSM)*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Dharmapala Usaha Sukses (PT DUS) adalah perusahaan yang bergerak di bidang industri gula rafinasi, berlokasi di Cilacap, kompleks Pelabuhan Tanjung Intan. Perusahaan ini dikenal sebagai salah satu produsen gula rafinasi terkemuka di Indonesia dengan fokus pada kualitas produk yang tinggi dan memenuhi standar Internasional.

Sebagai pabrik gula rafinasi, PT Dharmapala Usaha Sukses memproduksi gula dengan berbagai jenis kualitasnya seperti Sugar Cap Dus Super, Sugar Intan, dan Sugar Penyoe. PT Dharmapala Usaha Sukses juga dikenal sebagai pelopor dalam industri gula rafinasi di Jawa Tengah menjadi pabrik kelima di Indonesia yang memiliki status Pemahaman Modul Asing (PMA). Keberadaan perusahaan ini tidak hanya memberikan kontribusi terhadap perekonomian lokal tetapi juga memanfaatkan akses pelabuhan untuk mendistribusikan produknya ke berbagai daerah baik domestik maupun internasional. Gula rafinasi merupakan salah satu bahan baku produksi di bidang industri yang berfungsi sebagai bahan pemanis. Menurut El Fajrin et al. (2015), gula rafinasi diproduksi dari gula mentah (raw sugar) kemudian melalui proses alfinasi, karbonasi, filtrasi, dekolorisasi, evaporasi, kristalisasi, curing, dan drying.

PT Dharmapala Usaha Sukses menghasilkan limbah non B3 padat dalam proses produksinya berupa *fly ash* sebanyak ± 15.000 MT per Tahun. Meskipun dianggap sebagai limbah, PT Dharmapala Usaha Sukses melihat potensi besar dalam *fly ash* untuk dimanfaatkan lebih lanjut, sehingga tidak hanya mengurangi dampak lingkungan, tetapi juga memberikan nilai tambah bagi perusahaan dan masyarakat sekitar perusahaan.

PT Dharmapala Usaha Sukses merencanakan pemanfaatan limbah *fly ash* untuk pembuatan produk bata beton (*paving block*) sebagai bagian dari kegiatan *Corporate Social Responsibility* (CSR). Dalam upaya ini, perusahaan berfokus pada kualitas produk dengan tujuan *paving block* yang dihasilkan memenuhi standar

nasional yang berlaku dan dapat diterima serta digunakan secara luas oleh masyarakat. Pemanfaatan *fly ash* ini diharapkan dapat memberikan dampak positif tidak hanya pada lingkungan, tetapi juga pada perekonomian masyarakat sekitar.

Namun, tantangan utama yang dihadapi adalah ketiadaan fasilitas pengolahan yang memadai untuk produk hasil pemanfaatan *fly ash* tersebut. Ketidaktersediaan fasilitas ini berpotensi menghambat pelaksanaan rencana CSR serta efektif dan efisien. Oleh karena itu, pengadaan fasilitas yang memadai sangat penting agar rencana pemanfaatan *fly ash* ini dapat terlaksana dengan baik dan memberikan manfaat ekonomi yang lebih besar, baik bagi perusahaan maupun bagi masyarakat dan lingkungan sekitar.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang, diidentifikasi permasalahan pada perencanaan ini sebagai berikut:

1. PT Dharmapala Usaha Sukses menghasilkan limbah non-B3 padat dalam proses produksi gula rafinasi berupa *fly ash* sebanyak ± 15.000 MT per tahun.
2. Pemanfaatan *fly ash* direncanakan untuk pembuatan produk bata beton (*paving block*) pada kegiatan *Corporate Social Responsibility* (CSR) dengan usaha memberikan kualitas produk yang baik.
3. Belum adanya tempat pengolahan untuk produk hasil pemanfaatan limbah *fly ash* yang direncanakan untuk kegiatan CSR.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang diidentifikasi, diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengoptimalkan pemanfaatan *fly ash* untuk produksi bata beton (*paving block*) dalam program CSR?
2. Bagaimana memastikan kualitas serta ketersediaan fasilitas pengolahan produk pemanfaatan limbah *fly ash*?
3. Berapa besar biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan fasilitas pengolahan bata beton.

1.4 Rumusan Tujuan

Adapun rumusan tujuan yang menjawab rumusan masalah diatas, yaitu:

1. Mendesain komposisi/campuran *fly ash* untuk pembuatan bata beton (*paving block*) dalam program CSR dengan metode solidifikasi.
2. Mendesain fasilitas pengolahan untuk produk hasil pemanfaatan *fly ash* yang memadai.
3. Menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) pembangunan fasilitas pengolahan bata beton (*workshop*).

1.5 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada Perencanaan Pemanfaatan Limbah *Fly Ash* dengan Metode Solidifikasi di PT Dharmapala Usaha Sukses, Cilacap, Jawa Tengah dilakukan agar perencanaan tetap fokus, terarah, dan efisien dalam mencapai tujuan. Pembatasan ini mencakup tiga aspek utama, yaitu:

1.5.1 Ruang Lingkup Kajian

Perencanaan Pemanfaatan Limbah *Fly Ash* dengan Metode Solidifikasi di PT Dharmapala Usaha Sukses, Cilacap, Jawa Tengah fokus untuk mengkaji hal-hal berikut:

1. Menganalisis potensi *fly ash* sebagai bahan baku pembuatan bata beton dalam program CSR dan memastikan kualitas fisiknya.
2. Menyusun desain teknis tempat pengolahan produk pemanfaatan *fly ash*.
3. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pembangunan fasilitas pengolahan.

1.5.2 Ruang Lingkup Wilayah

Ruang lingkup wilayah dalam “Perencanaan Pemanfaatan Limbah *Fly Ash* dengan Metode Solidifikasi di PT Dharmapala Usaha Sukses, Cilacap, Jawa Tengah” meliputi area produksi serta tempat penyimpanan *fly ash*.

1.5.3 Ruang Lingkup Kegiatan

Ruang lingkup kegiatan Perencanaan Pemanfaatan Limbah *Fly Ash* dengan Metode Solidifikasi di PT Dharmapala Usaha Sukses, Cilacap, Jawa Tengah meliputi hal-hal berikut:

1. Mengumpulkan data primer dan data sekunder dengan cara observasi dan wawancara langsung, diskusi, serta studi literatur.

2. Mengolah/menganalisis data yang diperoleh dari uji laboratorium bahan, kemudian melakukan analisis lebih mendalam.
4. Merencanakan tempat pengolahan produk pemanfaatan *fly ash*.

1.6 Rumusan Manfaat

Adapun beberapa rumusan manfaat dalam perencanaan ini sebagai berikut:

1. Bagi Penulis: Menambah pengetahuan dalam pengelolaan limbah industri, teknologi solidifikasi, serta penerapan konsep ekonomi sirkular, sekaligus bahan referensi untuk penelitian lebih lanjut.
2. Bagi Institusi Akademik: Menjadi referensi bagi penelitian dan kajian akademik di bidang Teknik Lingkungan, Teknik Sipil, dan Pengelolaan Limbah.
3. Bagi Perusahaan: Mendukung pengelolaan limbah *fly ash* yang bernilai ekonomi, meningkatkan citra perusahaan, dan memperkuat program CSR.
4. Bagi Masyarakat: Mendukung pembangunan infrastruktur melalui CSR serta membuka peluang ekonomi bagi masyarakat sekitar.
5. Bagi Pemerintah: Membantu implementasi kebijakan pengelolaan limbah yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute. 2011. *ACI 214R-11: Guide to Evaluation of Strength Test Results of Concrete*. Farmington Hills, MI: ACI.
- Amna, S., Wahyuningsi, A., & Putra, A. (2024). A ANALISIS EFISIENSI BOILER TIPE CIRCULATING FLUIDIZED BED (CFB) DENGAN METODE LANGSUNG DI PT XY. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 14(02), 101–108. <https://doi.org/10.52506/jtpa.v14i02.218>
- Anonim^a, 2009. *Gula Rafinasi*. <http://www.disbun.jabarprov.go.id/> Diakses pada 26 Januari 2010
- Antoni dan Nugroho P, 2007. *Teknologi Beton*, Penerbit Andi, Yogyakarta
- Arnold, J. R. T., Chapman, S. N. & Clive, L. M., 2008. *Introduction to Materials Management. 6th ed. s.l.:Pearson Prentice Hall*.
- ASTM C618-0, 2003 *Spesification For Coal Fly Ash and Raw or Calcined ozzolan for use in Concrete*.
- ASTM C618 - 04.02. 1996. *Concrete and Aggregates, USA: Easton*.
- Badan Standarisasi Nasional. 1990. *SK SNI T-04-1996 tentang Klasifikasi Paving Block*.
- Badan Standarisasi Nasional, 1996. *SNI 03-0691 tentang Bata Beton (Paving Block)*.
- Badan Standarisasi Nasional, 2000. *SNI 03-2834-2000: Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional, 2014. *SNI 2460 tentang Spesifikasi Abu Terbang Batu Bara dan Pozolan*.
- Badan Standarisasi Nasional, 2015. *SNI 2049 tentang Semen Portland*.
- Baikow, V. E. 1978. *Manufacture and Refining of Raw Cane Sugar. 2nd Edition*. England
- Ballou, R. H., 2007. *Business Logistics/Supply Chain Management. 5th ed. s.l.:Pearson*
- Bartholdi, J. J. & Hackman, S. T., 2014. *Warehouse & Distribution Science : Release 0.96. School of Industrial and Systems Engineering: Georgia Institute of Technology*.

Buku Saku Petunjuk Kontruksi Bangunan Sederhana, 2023

Chen, Y., Fan, Y., Huang, Y., Liao, X., Xu, W., & Zhang, T. (2024). A comprehensive review of toxicity of coal fly ash and its leachate in the ecosystem. In *Ecotoxicology and Environmental Safety* (Vol. 269). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115905>

Chrislundi, V., 2015. *Stabilization/Solidification Of Hazardous Waste Contaning Heavy Metals And Hydrocarbons With Portland Cement And Tras Soil*.

Davidovits, J., 2008. *Geopolymer Chemistry and Application*. https://books.google.com.ag/books?id=dliw_KTYq4oC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false, akses tanggal 24 Maret 2025

Ekaputri, J. J., Shahib, M., & Bari, A., 2020. *Perbandingan Regulasi Fly Ash sebagai Limbah B3 di Indonesia dan Beberapa Negara*. In *Media Komunikasi Teknik Sipil* (Vol. 26, Issue 2).

El Fajrin *et al.* 2015. The Demand for Refined Sugar in Food and Beverage and Pharmaceutical Industries in Indonesia

Lamberts, S., 2005. *Design and Control of Efficient Order Picking Processes, s.l.: Tho Le-Duc*.

Lu, X., Liu, B., Zhang, Q., Wen, Q., Wang, S., Xiao, K., & Zhang, S., 2023. *Recycling of Coal Fly Ash in Building Materials: A Review*. In *Minerals* (Vol. 13, Issue 1). MDPI. <https://doi.org/10.3390/min13010025>

Mekkadinah, Suwarno, S., Garniwa, I., & Agustina, H., 2020. *Review Regulation on the Determination of Fly Ash and Bottom Ash from Coal Fired Power Plant as Hazardous Waste in Effort to Increase Utilization in Indonesia*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 519(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/519/1/012051>

Ming-Huang, D., Lin, C.-P. & Chen, M.-C., 2011. *The adaptive approach for storage assignment by mining data of. Enterprise Information Systems*, 5(2), p. 219– 234.

Mohamed, M., Mohamed, S. S., Ye, J., & Cui, W.-H. (2024). *An Integrated Entropy-Weighted Sum Model Technique for Evaluating the Metrics of*

- Cybersecurity under Uncertainty. Multicriteria Algorithms with Applications*, 3, 42–49. <https://doi.org/10.61356/j.mawa.2024.3234>
- Mulyati, M., & Nurul Fausi, M., 2023. *OPTIMASI KUAT TEKAN DAN PENYERAPAN AIR PAVING BLOCK MENGGUNAKAN AKS ADDITIVE*. Jurnal Teknologi Dan Vokasi, 1(2), 83–88. <https://doi.org/10.21063/jtv.2023.1.2.83-88>
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 29/PRT/M/2006 tentang Pedoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*
- Thermax Limited. (2017, November). *Atmospheric fluidised bed combustion boilers for firing solid fuels*. Thermax.
- Royyan Anrozi, & Yulinah Trihadiningrum., 2017. *Kajian Teknologi dan Mekanisme Stabilitas/Solidifikasi untuk Pengolahan Limbah B3*. 6.
- Riza Habibie, 2020. *Pengaruh Penggunaan Limbah Serbuk Marmer sebagai substitusi semen terhadap kuat tekan dan penyerapan air pada paving blok*.
- Siti Rohmana, A., & Lova Sari, G., 2024. *Potensi Pengolahan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun di Industri Semen*. IX(4).
- Sri Prabandiyani Retno Wardani., 2008. *Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) Untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan*.
- Sri Wiwoho Mudjanarko, 2018, *Material Konstruksi*, Narotama University Press
- Sooksaksun, N., Kachitvichyanukul, V. & Gong, D.-C., 2012. *A class-based storage warehouse design using*. *Int. J. Operational Research*, XIII(2), pp. 219-237.
- Standar Nasional Indonesia 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung
- Standar Nasional Indonesia 8900:2020 tentang Panduan Desain Sederhana Untuk Bangunan Beton Bertulang

Standar Nasional Indonesia 0908-2007 tentang Rak Baja

U.S. Environmental Protection Agency., 1999. *Solidification/Stabilization Resource Guide*. www.epa.gov/clu-in.org

Winarno, H., Muhammad, D., & Wibowo, Y. G., 2019. *Pemanfaatan Limbah Fly Ash Dan Bottom Ash Dari Pltu Sumsel-5 Sebagai Bahan Utama Pembuatan Paving Block*. Jurnal Teknik, 11(1), 1067. <https://doi.org/10.30736/jt.v11i1.288>

Wiwoho Mudjanarko, S., Rasidi, N., Mayestino, M., Daniel Limantara, A., Purworusmiardi, T., Supriyatno, D., Eko Adi Sutrisno, A., Pratama Wiwoho, F., & Arief Rachman, J., 2018. *PANDUAN PEMBUATAN PAVING EKSPERIMEN (DILENGKAPI ARTIKEL PUBLIKASI PAVING)*. In *Hakim (Vol. 51, Issue 031)*.