



LAPORAN TUGAS AKHIR

**Analisis Pengaruh *Paving Block* Termodifikasi *CRA*
(*Carbon Raw-Activated*) terhadap Kinerja Fungsional dan
Kapasitas Adsorpsi CO₂**

Oleh :

Dhea Agustien Puspita Ningrum

40030521650122

Diajukan sebagai

salah satu syarat dalam menyelesaikan Sarjana Terapan
Program Studi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur
Universitas Diponegoro

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
DAN PERANCANGAN ARSITEKTUR
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO
TAHUN 2025**



LAPORAN TUGAS AKHIR

Analisis Pengaruh *Paving Block* Termodifikasi *CRA* (*Carbon Raw-Activated*) terhadap Kinerja Fungsional dan Kapasitas Adsorpsi CO₂

Oleh :

Dhea Agustien Puspita Ningrum

40030521650122

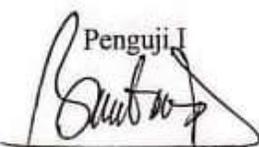
Laporan ini telah diperbaiki dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi saat pelaksanaan ujian tugas akhir pada tanggal 25 Agustus 2025

Semarang, 26 Agustus 2025

Mahasiswa


(Dhea Agustien Puspita Ningrum)
NIM.40030521650122

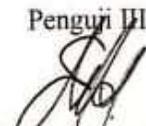
Penguji I


(Bambang Setiabudi, S.T., M.T.)
NIP. 196109021987031002

Menyetujui,
Penguji II

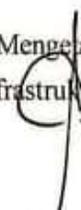

(Fardzanela S, S.T., M.Sc., Ph.D)
NIP. 198903212015042002

Penguji III


(Shifa Fauzlyah, S.T., M.T.)
NIP. H.7.199110152018072001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur


(Asri Nurdiana, S.T., M.T.)
NIP. 198512092012122001

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, proposal tugas akhir yang berjudul “*Analisis Pengaruh Paving Block Termodifikasi CRA (Carbon Raw-Activated) terhadap Kinerja Fungsional dan Kapasitas Adsorpsi CO₂*” dapat diselesaikan tepat waktu. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan proposal ini masih terdapat berbagai kekurangan dan keterbatasan, sehingga dengan penuh keterbukaan, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan di masa mendatang.

Proposal ini tidak akan tersusun tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan rasa hormat dan kerendahan hati, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah, serta kasih sayang-Nya, dan Nabi Muhammad SAW sebagai teladan utama dalam kehidupan.
2. Bapak Prof. Ir. Budiyono, M.Si., selaku Dekan Fakultas Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
3. Ibu Asri Nurdiana, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi D4 Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur Universitas Diponegoro.
4. Ibu Fardzanela Suwanto, S.T., M.Sc., Ph.D., dan Ibu Shifa Fauziyah, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang dengan sabar, teliti, dan penuh dedikasi telah memberikan bimbingan dan arahan selama proses penyusunan proposal ini.
5. Bapak Bambang Setiabudi, S.T., M.T., selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan berharga untuk penyempurnaan laporan tugas akhir ini.
6. Kedua orang tua penulis dan kakak penulis, atas segala doa, dukungan, serta kasih sayang yang tak ternilai sehingga tugas akhir ini dapat terlaksana hingga tahap ini.
7. Sahabat-sahabat dan rekan terdekat yang telah memberikan dukungan moral maupun bantuan keilmuan selama proses penelitian berlangsung.

Penulis berharap semoga proposal ini dapat memberikan kontribusi ilmiah serta menjadi langkah awal menuju penyelesaian tugas akhir secara menyeluruh.

Semarang, 06 Agustus 2025

Dhea Agustien Puspita Ningrum

ABSTRAK

Peningkatan emisi CO₂ dari kendaraan di Kota Semarang dan industri semen di sektor konstruksi global berdampak negatif terhadap lingkungan. Pengendalian emisi CO₂ membutuhkan material sebagai adsorben, seperti karbon aktif. Limbah tempurung kelapa merupakan salah satu bahan lokal yang melimpah dan berpotensi diolah menjadi karbon aktif. Penelitian ini mengkaji potensi karbon aktif dari tempurung kelapa yang belum memenuhi SNI 06-3730-1995 tentang arang aktif teknis, yang dalam penelitian ini disebut *Carbon Raw-Activated (CRA)*, sebagai substitusi parsial semen pada *paving block* ramah lingkungan dengan kemampuan adsorpsi CO₂. Karbon diaktivasi menggunakan larutan H₃PO₄ 8% dengan variasi 0%, 5%, 10%, dan 15%, kemudian dicampurkan ke dalam campuran *paving block* dan diuji daya serap air, kuat tekan, serta adsorpsi CO₂ menggunakan metode gravimetri berbasis endapan CaCO₃. Seluruh variasi memenuhi persyaratan SNI 03-0691-1996 untuk *paving block* mutu B (≥ 20 MPa), dengan variasi *CRA15* menunjukkan performa optimal, menghasilkan kuat tekan 35,03 MPa (selisih penurunan 4,21% dibanding *CRA0* pada umur 28 hari) dan kemampuan adsorpsi CO₂ yang lebih tinggi sebesar 214,29%. Namun, biaya produksi *CRA15* lebih tinggi dibandingkan *paving block* konvensional (*CRA0*) yaitu Rp. 6.059,46,- per buah. Temuan ini mengindikasikan bahwa *CRA* berpotensi menjadi material alternatif ramah lingkungan dengan kinerja teknis yang memenuhi standar.

Kata kunci: *CRA*, Karbon Aktif, *Paving Block*, Adsorpsi CO₂, Limbah Tempurung Kelapa, Substitusi Semen, Perkerasan Jalan, Mutu B.

ABSTRACT

The increase in CO₂ emissions from vehicles in Semarang City and the cement industry in the global construction sector have a negative impact on the environment. Controlling CO₂ emissions requires materials as adsorbents, such as activated carbon. Coconut shell waste is one of the abundant local materials and has the potential to be processed into activated carbon. This study examines the activated carbon potential of coconut shells that have not met SNI 06-3730-1995 regarding technical activated charcoal, which in this study is called Carbon Raw-Activated (CRA), as a partial substitution of cement in environmentally friendly paving blocks with CO₂ adsorption capabilities. The carbon was activated using an 8% H₃PO₄ solution with 0%, 5%, 10%, and 15% variations, then mixed into a paving block mixture and tested for water absorption, compressive strength, and CO₂ adsorption using the CaCO₃ deposit-based gravimetric method. All variations met the requirements of SNI 03-0691-1996 for paving block quality B (≥ 20 MPa), with the CRA15 variation showing optimal performance, resulting in a compressive strength of 35.03 MPa (a difference of 4.21% decrease compared to CRA0 at 28 days) and a higher CO₂ adsorption ability of 214.29%. However, the production cost of CRA15 is higher than conventional paving blocks (CRA0), which is Rp. 6,059.46,- per piece. These findings indicate that CRA has the potential to be an environmentally friendly alternative material with technical performance that meets the standards.

Keywords: CRA, Activated Carbon, Paving Block, CO₂ Adsorption, Coconut Shell Waste, Cement Substitution, Road Pavement, Quality B.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GRAFIK.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	14
1.1 Latar Belakang.....	14
1.2 Identifikasi Permasalahan.....	17
1.3 Tujuan Penelitian	17
1.4 Batasan Penelitian	18
1.5 Manfaat Penelitianf	19
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	20
2.1 <i>Paving Block</i>	20
2.1.1 Syarat Mutu <i>Paving Block</i>	21
2.1.2 Klasifikasi <i>Paving Block</i>	22
2.1.3 Bentuk <i>Paving Block</i>	23
2.1.4 Keuntungan <i>Paving Block</i>	26
2.2 Semen Portland.....	27
2.2.1 Komposisi Senyawa Oksida Semen Portland.....	28
2.3 Karbon Aktif.....	28
2.4 Arang Tempurung Kelapa (ATK)	31
2.4.1 Komposisi Senyawa Kimia ATK dan KATK	33
2.5 Komparasi Senyawa Oksida Semen Portland, ATK, dan KATK	34
2.6 Batasan Penggunaan Istilah dan Spesifikasi Karbon Aktif	36
2.7 Daya Serap Air	37
2.8 Kuat Tekan	38
2.9 Emisi Gas Buang CO ₂	39
2.10 Gravimetri	42
2.11 <i>Literature Review</i>	45
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	51

3.1	Rancangan Penelitian	51
3.2	Teknik Pengumpulan dan Analisis Data	53
3.3	Variabel Penelitian.....	53
3.4	Prosedur Penelitian	54
3.4.1	Peralatan	55
3.4.2	Bahan	59
3.4.3	Pembuatan <i>CRA</i>	61
3.4.4	Pengujian <i>CRA</i>	65
3.4.4.1	Uji Bagian Mudah Menguap (<i>Volatile Matter</i>)	65
3.4.4.2	Uji Kadar Air	68
3.4.4.3	Uji Kadar Abu.....	70
3.4.4.4	Uji Karbon Aktif Murni	72
3.4.4.5	Uji Berat Jenis.....	73
3.4.5	Pemeriksaan Semen dan Pasir	75
3.4.5.1	Pemeriksaan Semen	75
3.4.5.2	Pemeriksaan Pasir	79
3.4.6	Pembuatan <i>Job Mix</i>	88
3.4.7	Pembuatan Benda Uji	89
3.5	Tahap Pengujian Benda Uji	90
3.5.1	Uji Daya Serap Air	91
3.5.2	Uji Kuat Tekan	92
3.5.3	Uji Daya Serap CO ₂	93
3.6	Rencana <i>Output</i> Penelitian	96
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		97
4.1	Uji Pendahuluan.....	97
4.1.1	Semen	97
4.1.2	Pasir	101
4.1.3	<i>CRA</i>	103
4.2	Analisa Hasil Pengujian Benda Uji	109
4.2.1	Sifat Tampak dan Ukuran.....	109
4.2.2	Uji Daya Serap Air	111
4.2.3	Uji Kuat Tekan	115
4.2.4	Uji Daya Serap CO ₂	119
4.3	Analisis Biaya.....	122
4.4	Analisis Hasil Keseluruhan Penelitian.....	127
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		133

5.1 Kesimpulan	133
5.2 Saran	134
DAFTAR PUSTAKA	135

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Paving Block</i>	20
Gambar 2. 2 <i>Paving Block</i> Segi Empat	24
Gambar 2. 3 <i>Paving Block</i> Hexagon	24
Gambar 2. 4 <i>Paving Block</i> Cacing.....	25
Gambar 2. 5 <i>Paving Block</i> Grassblock.....	25
Gambar 2. 6 <i>Paving Block</i> Kanstin	25
Gambar 2. 7 <i>Paving Block</i> Topi Uskup.....	26
Gambar 2. 8 Semen Portland.....	27
Gambar 2. 9 Karbon Aktif.....	30
Gambar 2. 10 Arang Tempurung Kelapa	32
Gambar 3. 1 Alur Penelitian	52
Gambar 3. 2 Mesin uji kuat tekan	55
Gambar 3. 3 <i>Furnace</i>	56
Gambar 3. 4 <i>Lemari pengasam</i>	57
Gambar 3. 5 Oven.....	58
Gambar 3. 6 <i>Desikator</i>	58
Gambar 3. 7 Tempurung Kelapa	59
Gambar 3. 8 Asam Fosfat (H_3PO_4).....	60
Gambar 3. 9 Aquades	60
Gambar 3. 10 Skema Pembuatan <i>CRA</i>	62
Gambar 3. 11 Menjemur Limbah Tempurung Kelapa	62
Gambar 3. 12 Membakar Tempurung Kelapa.....	62
Gambar 3. 13 Proses Karbonisasi ATK	63
Gambar 3. 14 Pendinginan ATK Dalam <i>Desikator</i>	63
Gambar 3. 15 Proses Aktivasi ATK Dengan Perendaman Asam Fosfat 8%	64
Gambar 3. 16 Proses Netralisasi <i>CRA</i>	64
Gambar 3. 17 Pengeringan <i>CRA</i> Di Oven	65
Gambar 3. 18 <i>CRA</i>	65
Gambar 3. 19 Sampel Uji Bagian Mudah Menguap (<i>Volatile Matter</i>)	66
Gambar 3. 20 Penggunaan <i>Furnace</i> Menuju Suhu 950°C	67
Gambar 3. 21 Pendinginan <i>CRA</i> Dalam <i>Desikator</i>	67
Gambar 3. 22 Sampel Uji Kadar Air	69
Gambar 3. 23 Sampel Uji Kadar Abu.....	71
Gambar 3. 24 Pendinginan Sampel Uji Dalam <i>Desikator</i>	72
Gambar 3. 25 Menimbang <i>Picnometer</i> Kosong	74
Gambar 3. 26 Menimbang <i>Picnometer</i> + Air	74
Gambar 3. 27 Menimbang Berat <i>Picnometer</i> + <i>CRA</i> + Air	74
Gambar 3. 28 Semen 300 gram + Cawan 75,7 gram.....	76
Gambar 3. 29 Pasta Semen	77
Gambar 3. 30 Ratakan Pada <i>Mold Vicat</i>	77
Gambar 3. 31 Proses Penetrasi Jarum Ke Dalam Pasta Semen.....	77
Gambar 3. 32 <i>Proses Penetrasi Jarum Vicat Hingga 25 mm</i>	78
Gambar 3. 33 Pengecekan Suhu Ruang Saat Pengujian.....	78
Gambar 3. 34 Sampel Pasir	80

Gambar 3. 35 Saringan ASTM.....	80
Gambar 3. 36 Proses <i>Sieve Shaker</i>	81
Gambar 3. 37 Timbang Pasir Setiap Saringan.....	81
Gambar 3. 38 Pasir Kering 130 cc.....	82
Gambar 3. 39 Pasir Dikocok Selama 30 Menit	83
Gambar 3. 40 Pasir Didiamkan 24 Jam	83
Gambar 3. 41 Kondisi Pasir Setelah 24 Jam	83
Gambar 3. 42 Diamkan Tertutup dan Tanpa Gangguan.....	84
Gambar 3. 43 Mengamati Perubahan Warna NaOH	85
Gambar 3. 44 Berat Pasir Kering Oven.....	86
Gambar 3. 45 Menimbang <i>Picnometer</i> Kosong	86
Gambar 3. 46 Menimbang <i>Picnometer</i> + Air	86
Gambar 3. 47 Menimbang Berat <i>Picnometer</i> + Pasir + Air.....	87
Gambar 3. 48 <i>Flowchart</i> Pembuatan Benda Uji.....	90
Gambar 3. 49 <i>Flowchart</i> Pengujian Daya Serap Air.....	91
Gambar 3. 50 <i>Flowchart</i> Pengujian Kuat Tekan.....	92
Gambar 3. 51 Perlakuan Sampel Terpapar.....	93
Gambar 3. 52 Ilustrasi Pengendapan CO ₂	94
Gambar 3. 53 Larutan Air Kapur Jenuh	94
Gambar 3. 54 Proses Gravimetri Pengendapan	95
Gambar 3. 55 Penyaringan Endapan CaCO ₃	95
Gambar 3. 56 Hasil Endapan CaCO ₃	96
Gambar 4. 1 Semen, Pasir, dan <i>CRA</i>	97
Gambar 4. 2 Benda uji <i>CRA0</i>	109
Gambar 4. 3 Benda uji <i>CRA5</i>	109
Gambar 4. 4 Benda uji <i>CRA10</i>	110
Gambar 4. 5 Benda uji <i>CRA15</i>	110

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat Fisis <i>Paving Block</i>	21
Tabel 2. 2 Klasifikasi <i>Paving Block</i>	22
Tabel 2. 3 Jenis dan Penggunaan Semen Portland	27
Tabel 2. 4 Komparasi Komposisi Senyawa Kimia Semen Portland dan <i>CRA</i>	34
Tabel 2. 5 Penelitian Terdahulu Aktivasi Karbon Aktif.....	46
Tabel 2. 6 Penelitian Terdahulu Bahan Tambah Tempurung Kelapa	48
Tabel 2. 7 Penelitian Terdahulu Gravimetri	49
Tabel 3. 1 <i>Job Mix</i> Benda Uji.....	88
Tabel 3. 2 Jumlah Sampel Benda Uji	89
Tabel 4. 1 Berat Jenis Semen Portland Tiga Roda	97
Tabel 4. 2 Perbandingan Penetapan Konsistensi Normal Semen Portland	98
Tabel 4. 3 Perbandingan Penetapan Konsistensi Normal Semen Portland Substitusi <i>CRA</i>	98
Tabel 4. 4 Pemeriksaan Waktu Ikat Awal Semen dan Bahan Substitusi <i>CRA</i>	99
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Pasir.....	101
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian <i>CRA</i>	103
Tabel 4. 7 Uji Sifat Tampak Dan Ukuran.....	109
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Daya Serap Air.....	111
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Kuat Tekan.....	115
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Daya Serap CO ₂	119
Tabel 4. 11 Hasil Survei Harga Bahan	122
Tabel 4. 12 Biaya Produksi <i>CRA</i>	123
Tabel 4. 13 Analisis Biaya <i>CRA0</i>	124
Tabel 4. 14 Analisis Biaya <i>CRA10</i>	125
Tabel 4. 15 Analisis Biaya <i>CRA15</i>	125
Tabel 4. 16 Rekapitulasi Hasil Penelitian.....	128

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Hasil Uji Vicat Penetrasi Jarum 25 mm dengan Interpolasi Linear	100
Grafik 4. 2 Uji Daya Serap Air Rata-Rata	112
Grafik 4. 3 Uji Kuat Tekan Rata-Rata	117
Grafik 4. 4 Hasil Daya Serap CO ₂ Rata-Rata.....	120
Grafik 4. 5 Hasil Analisis Biaya Produksi <i>Paving Block CRA</i> Per Buah	126