



LAPORAN TUGAS AKHIR

PENGARUH ABU BONGGOL JAGUNG DAN CANGKANG KERANG DARAH TERHADAP KUALITAS BATU BATA MERAH

Oleh:

Najeelina Putri Adisti 40030521650071

Muhammad Ardhiansyah Sofyan Yaqub 40030521650095

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
2025**



LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH ABU BONGGOL JAGUNG DAN CANGKANG KERANG
DARAH TERHADAP KUALITAS BATU BATA MERAH**

Oleh:

Najeelina Putri Adisti 40030521650071

Muhammad Ardhiansyah Sofyan Yaqub 40030521650095

Laporan ini telah diperbaiki dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi saat pelaksanaan ujian tugas akhir pada tanggal 20 Juni 2025

Semarang, 23 Juni 2025

Mahasiswa I

(Najeelina Putri Adisti)
NIM 40030521650071

Mahasiswa II

(M Ardhiansyah Sofyan Yaqub)
(NIM 40030521650095)

Menyetujui,

Penguji I

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

Penguji II

(Shifa Fauziyah, S.T., M.T.)
NIP. H.7.19911015201807200

Penguji III

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

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur

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

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa sebab atas segala rahmat, karunia-Nya, kami mampu menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**Pengaruh Abu Bonggol Jagung dan Cangkang Kerang Darah Terhadap Kualitas Batu Bata Merah**” dengan tepat waktu. Meskipun kami menyadari bahwa masih banyak kesalahan didalamnya.

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan akademis bagi mahasiswa Program Studi Diploma IV Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur. Kami menyadari bahwa penelitian yang kami lakukan masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kami mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Selain itu, banyak pihak telah membantu kami dalam Menyusun laporan ini, oleh karena itu dengan penuh rasa hormat dan kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala Rahmat, hidayah, petunjuk dan kasih sayang-Nya, serta Nabi Muhammad SAW yang selalu menjadi panutan hidup terbaik bagi peneliti.
2. Kedua Orang tua kami, yang sampai detik ini sangat berjasa dalam hidup kami, doa dan usaha yang tidak pernah henti mengalir di setiap langkah kami. Berkat dukungan moral dan materi dari kedua orang tua kami, kami mampu menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Ibu Asri Nurdiana, S.T., M.T., selaku Kepala Program Studi D4 Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur Universitas Diponegoro.
4. Ibu Shifa Fauziyah, S.T., M.T., dan Ibu Fardzanela Suwanto, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing yang telah dengan sabar dan telaten memberikan arahan kepada kami dalam proses penelitian ini.
5. Seluruh dosen dan *staff* Program Studi Sarjana Terapan Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro, yang telah membekali kami berbagai ilmu pengetahuan.
6. Teman-teman Arunika Resmantara 21, yang telah memberi warna dalam masa perkuliahan.

7. Beberapa sahabat dan orang terdekat yang sudah membantu dukungan, baik secara moril maupun ilmu untuk membantu keberjalanan proses penelitian kami.

Semarang, 19 Juni 2025

Penyusun

ABSTRAK

Batu bata merah merupakan material dibidang konstruksi yang penggunaannya hampir mencapai tiga juta ton pertahun. Namun, masih sering ditemukan permasalahan pada kualitas batu bata merah. Salah satu permasalahan yang sering muncul adalah keretakan atau pecahnya batu bata saat proses pembakaran. Peningkatan kualitas batu bata merah diperlukan untuk meminimalisir hal tersebut. Oleh sebab itu, dipilih abu bonggol jagung sebagai bahan substitusi batu bata merah untuk mengurangi penyerapan air dengan variasi 3%, 4%, 5% dan serbuk cangkang kerang darah untuk menambah kuat tekan dengan variasi 5%. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis inovasi campuran optimum dari substitusi abu bonggol jagung dan penambahan serbuk cangkang kerang darah. Metode yang digunakan adalah eksperimental dengan membuat sampel langsung di tempat produksi. Total sampel 21 benda uji dan berukuran 220 mm x 95 mm x 45 mm. Pengujian dilakukan berdasarkan SNI 15-2094-2000 untuk mengetahui sifat tampak, ukuran, daya serap air, densitas dan kuat tekan. Hasil pengujian menunjukkan inovasi batu bata merah yang memiliki bahan campuran optimum adalah variasi 7 dengan tanah liat 95%, abu bonggol jagung 5% dan serbuk cangkang kerang 5% menghasilkan nilai daya serap 18,06% dan nilai densitas 1,3 gr/cm³, serta kuat tekan rata-rata 42,98 kg/cm², tetapi biaya produksinya lebih mahal dari batu bata merah konvensional.

Kata kunci: batu bata merah, abu bonggol jagung, serbuk cangkang kerang, daya serap, kuat tekan.

ABSTRACT

Red bricks are a construction material used in quantities of nearly three million tons per year. However, problems with the quality of red bricks are still frequently encountered. One of the most common issues is cracking or breaking of the bricks during the firing process. Improving the quality of red bricks is necessary to minimize such issues. Therefore, corn cob ash was selected as a substitute material for red bricks to reduce water absorption with variations of 3%, 4%, and 5%, and blood clam shell powder was added to increase compressive strength with a variation of 5%. This study aims to analyze the optimal mixture of corn cob ash substitution and blood clam shell powder addition. The method used is experimental, with samples made directly at the production site. A total of 21 test specimens were prepared, each measuring 220 mm x 95 mm x 45 mm. Testing was conducted according to SNI 15-2094-2000 to determine the physical properties, size, water absorption, density, and compressive strength. The test results showed that the optimal mixture for red brick innovation was variation 7, consisting of 95% clay, 5% corn cob ash, and 5% shell powder, yielding a water absorption rate of 18.06%, a density of 1.3 g/cm³, and an average compressive strength of 42.98 kg/cm². However, the production cost is higher than that of conventional red bricks.

Keywords: red bricks, corncob ash, clam shell powder, absorbency, compressive strength.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GRAFIK	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Ruang Lingkup.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Batu Bata Merah	6
2.2.1 Mutu Batu Bata Merah.....	6
2.2.2 Kuat Tekan Batu Bata Merah.....	7
2.2.3 Densitas (Kerapatan Batu Bata Merah).....	8
2.2.4 Daya Serap Air Batu Bata Merah.....	9
2.2 Tanah Liat.....	9
2.3 Sekam Padi.....	10
2.4 Abu Bonggol Jagung.....	12
2.5 Cangkang Kerang Darah.....	13
2.6 Penelitian Terdahulu.....	16
BAB III METODE PENELITIAN.....	18
3.1 Desain Penelitian.....	18
3.2 Ukuran dan Jumlah Variasi	18

3.3	Tahapan Penelitian	18
3.4	Prosedur Penelitian	19
3.4.1	Alat Penelitian.....	19
3.4.2	Bahan Penelitian.....	23
3.4.3	Pengujian Bahan	25
3.4.4	Pembuatan Benda Uji.....	25
3.5	Pengujian Data Laboratorium	33
3.5.1	Uji Kuat tekan	33
3.5.2	Uji Densitas (Kerapatan).....	37
3.5.3	Uji Daya Serap Air	38
3.6	Rencana Output Penelitian	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		41
4.1	Umum.....	41
4.2.1	Pengolahan Limbah Bonggol Jagung.....	41
4.2.2	Pengolahan Limbah Cangkang Kerang Darah.....	41
4.2	Perhitungan Persentase Bahan Campuran.....	41
4.4	Analisa Hasil Pengujian Material.....	45
4.4.1	Sifat Tampak dan Ukuran.....	45
4.4.2	Pengujian Densitas Batu Bata Merah.....	47
4.4.3	Pengujian Daya Serap Air	52
4.4.4	Pengujian Kuat Tekan	57
4.5	Analisis Biaya	60
4.6	Persentase Optimum	65
BAB V KESIMPULAN		66
5.1	Kesimpulan	66
5.2	Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA		68
LAMPIRAN.....		72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Batu Bata Merah	6
Gambar 2. 2 Tanah Liat	10
Gambar 2. 3 Sekam Padi	11
Gambar 2. 4 Bonggol Jagung	13
Gambar 2. 5 Cangkang Kerang	15
Gambar 2. 6 Pengukuran Batu Bata Merah	38
Gambar 3. 1 Ukuran batu bata merah	18
Gambar 3. 2 Flowchart	19
Gambar 3. 3 Cetakan Batu Bata Merah	19
Gambar 3. 4 Sieve Shaker	20
Gambar 3. 5 Alat Compression Test	20
Gambar 3. 6 Timbangan	20
Gambar 3. 7 Oven.....	21
Gambar 3. 8 Furnace	21
Gambar 3. 9 Ember.....	21
Gambar 3. 10 Gerinda	22
Gambar 3. 11 Plywood	22
Gambar 3. 12 Mortar dan Alu.....	22
Gambar 3. 13 Minyak Bekisting dan Kuas.....	23
Gambar 3. 14 Tanah Liat	23
Gambar 3. 15 Sekam Padi	24
Gambar 3. 16 Abu Bonggol Jagung.....	24
Gambar 3. 17 Serbuk Cangkang Kerang	24
Gambar 3. 18 Bonggol Jagung	26
Gambar 3. 19 Pengeringan Bonggol Jagung	26
Gambar 3. 20 Pembakaran Bonggol Jagung	26
Gambar 3. 21 Penumbukan Abu Bonggol Jagung.....	27
Gambar 3. 22 Pengayakan Abu Bonggol Jagung	27
Gambar 3. 23 Mencuci Cangkang Kerang	28
Gambar 3. 24 Mengeringkan Cangkang Kerang	28
Gambar 3. 25 Kalsinasi Cangkang Kerang	28
Gambar 3. 26 Menumbuk Cangkang Kerang	29
Gambar 3. 27 Pengayakan Serbuk Cangkang Kerang.....	29
Gambar 3. 28 Tahap Pembuatan Benda Uji.....	30
Gambar 3. 29 Menimbang Serbuk Cangkang Kerang.....	31
Gambar 3. 30 Menimbang Abu Bonggol Jagung	31
Gambar 3. 31 Memadatkan Tanah Liat	31
Gambar 3. 32 Mencampur Bahan.....	32
Gambar 3. 33 Mencetak dan Memadatkan Tanah Liat.....	32
Gambar 3. 34 Mengeringkan Batu Bata	32
Gambar 3. 35 Proses Pembakaran Batu Bata	33

Gambar 3. 36	Memotong Benda Uji	34
Gambar 3. 37	Membasahi Benda Uji	34
Gambar 3. 38	Mortar dan Pasta Semen	34
Gambar 3. 39	Plywood	35
Gambar 3. 40	Mengolesi Plywood Dengan Minyak Bekisting	35
Gambar 3. 41	Melapisi Benda Uji Dengan Pasta Semen	35
Gambar 3. 42	Melapisi Benda Uji Dengan Mortar	36
Gambar 3. 43	Menggabungkan Benda Uji	36
Gambar 3. 44	Menutup Benda Uji Dengan Plywood	36
Gambar 3. 45	Melepaskan Plywood.....	37
Gambar 3. 46	Pengujian Kuat Tekan.....	37
Gambar 3. 47	Merendam Benda Uji.....	39
Gambar 3. 48	Menimbang Berat Basah Benda Uji	39
Gambar 3. 49	Mengeringkan Benda Uji di Oven.....	39
Gambar 3. 50	Menimbang Berat Kering Benda Uji	40
Gambar 4. 1	Batu Bata Variasi 1	45
Gambar 4. 2	Batu Bata Variasi 2	45
Gambar 4. 3	Batu Bata Variasi 3	46
Gambar 4. 4	Batu Bata Variasi 4	46
Gambar 4. 5	Batu Bata Variasi 5	46
Gambar 4. 6	Batu Bata Variasi 6	46
Gambar 4. 7	Batu Bata Variasi 7	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Ukuran dan toleransi batu bata merah	7
Tabel 2. 2 Kuat tekan rata-rata batu bata merah.....	7
Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu	16
Tabel 3. 1 Job Mix Design.....	18
Tabel 3. 2 Job Mixed Design	25
Tabel 4. 1 Job mix design	44
Tabel 4. 2 Sifat tampak dan ukuran batu bata	45
Tabel 4. 3 Nilai Uji Densitas.....	49
Tabel 4. 4 Nilai Rata-Rata Uji Densitas.....	50
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Daya Serap.....	55
Tabel 4. 6 Nilai Rata-Rata Kuat Tekan	59
Tabel 4. 7 Analisa Biaya Variasi 1	61
Tabel 4. 8 Analisa Biaya Variasi 2	61
Tabel 4. 9 Analisa Biaya Variasi 3	62
Tabel 4. 10 Analisa Biaya Variasi 4	62
Tabel 4. 11 Analisa Biaya Variasi 5	63
Tabel 4. 12 Analisa Biaya Variasi 6	63
Tabel 4. 13 Analisa Biaya Variasi 7	63

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Hasil Pengujian Densitas	51
Grafik 4. 2 Rata-Rata Daya Serap Air	56
Grafik 4. 3 Hasil Pengujian Kuat Tekan.....	59
Grafik 4. 4 Harga Biaya Produksi	64

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan zaman sangat mempengaruhi inovasi bidang konstruksi di Indonesia berkembang cukup pesat. Seperti inovasi bahan material yang akan ditambahkan dalam suatu benda yang akan berdampak pada perkembangan konstruksi ini. Kemajuan dalam bidang ilmu pengetahuan dan berkembangnya teknologi yang ada sangat memungkinkan untuk menciptakan dan mengembangkan inovasi yang meningkatkan mutu ataupun kualitas pada material tertentu.

Batu bata merah merupakan bahan yang sangat penting dalam pembuatan pasangan dinding. Dilansir dari (Ruhlestin & Alexander, 2021), penggunaan batu bata hampir mencapai tiga juta ton pertahunnya di seluruh dunia. Batu bata sudah dikenal sejak lama oleh seluruh penduduk di Indonesia, terbukti dari banyaknya pabrik batu bata merah yang didirikan di berbagai daerah untuk memenuhi permintaan batu bata merah (Wahyuni Ardi et al., 2016). Batu bata merah dapat diaplikasikan untuk pondasi, dinding dalam konstruksi perumahan, pagar, dan saluran air. Selain untuk keperluan struktural, batu bata biasanya digunakan sebagai bahan non-struktural dalam konstruksi bangunan. Menurut (Hasil et al., 2018), batu bata digunakan secara struktural, misalnya dalam pembangunan pondasi dan rumah dasar, untuk mendukung atau menopang beban di atasnya.

Pada proses produksi batu bata merah salah satu aspek yang belum dapat diperbaiki adalah saat proses pembakaran dilakukan. Produsen batu bata merah melakukan pembakaran setiap tiga bulan sekali, dalam satu kali proses pembakarannya memerlukan waktu 3x24 jam (Firnas & Mahardhika, 2023). Pembakaran batu bata merah membutuhkan kayu bakar dan sekam, sehingga untuk efisiensi biaya dan waktu satu kali proses pembakaran batu bata merah ditumpuk mulai dari 3000 hingga 5000 buah batu bata atau sampai tungku pembakaran terisi penuh (Yandip, 2017). Banyaknya tumpukan batu bata merah tersebut saat dibakar, mengakibatkan bagian bawah tumpukan pecah atau mengalami keretakan setelah proses pembakaran selesai (Khoufi As et al., 2017). Produsen batu bata merah

mengalami kerugian apabila banyak batu bata yang retak atau pecah sehingga tidak bisa dijual. Untuk meminimalisir hal tersebut, sangat penting untuk meningkatkan mutu pada batu bata merah. Salah satu solusi untuk menambah kualitas dan mutu batu bata merah yang dihasilkan adalah dengan melakukan inovasi baru pada pencampuran bahannya, seperti pemanfaatan limbah. Masih banyak limbah industri yang dibuang langsung ke lingkungan yang berpotensi merusak ekosistem.

Produsen batu bata merah di Semarang memanfaatkan sekam padi guna mempercepat proses pengeringan dan pembakaran. Berdasarkan penelitian (Firnas & Mahardhika, 2023) rata-rata daya serap air yang dihasilkan oleh batu bata merah konvensional dengan bahan tanah liat dan sekam padi sebesar 33,67%, sedangkan daya serap air menurut standar SNI adalah <20% (SNI-15-2094-2000).

Batu bata dengan kualitas tinggi umumnya memiliki tingkat penyerapan air dan kelembapan yang rendah (Ardi, 2016). Maka dari itu, diperlukan adanya inovasi dari pencampuran bahannya salah satunya mengganti sekam padi dengan abu bonggol jagung. Kandungan yang terdapat dalam bonggol jagung antara lain selulosa 44,9% lignin 33,3% dan serat kasar 33% (Wahyudi et al., 2022). Sedangkan kandungan silika yang terdapat pada abu bonggol jagung sebesar 67,41% (Mujedu et al., 2014). Oleh karena itu, diharapkan abu bonggol jagung dapat menurunkan daya serap air pada batu bata karena kandungan silikanya yang cukup tinggi.

Untuk mendapatkan abu bonggol jagung yang diperlukan, bonggol jagung harus dibakar terlebih dahulu selama 2 jam pada suhu 700° C, agar kandungan lain selain silika bisa hilang selama proses termal (R. O. Pratama, 2022). Menurut penelitian oleh (Fajrin & Pratama, 2016) penambahan silika dapat membuat mortar menjadi kedap terhadap air yang dapat dilihat dari adanya penurunan daya serap air sebesar 18,3% jika ditambahkan silika sebesar 3% dari berat semen yang digunakan.

Selain persentase daya serap airnya yang masih tinggi, nilai kuat tekan yang dihasilkan oleh batu bata merah konvensional dengan campuran bahan abu sekam padi juga tergolong rendah yaitu sebesar 21,21 kg/cm² (Nugroho et al., 2019a). Oleh karena itu, perlu adanya penambahan bahan untuk meningkatkan kuat tekan batu

bata merah. Salah satu bahan yang dapat digunakan dan ditemukan dengan mudah adalah limbah cangkang kerang.

Di daerah pesisir limbah cangkang kerang yang tidak bagus dan berbau hanya dibuang di bibir pantai, sehingga mencemari daerah di sekitarnya. Menurut Koordinat Penasehat Menteri Kelautan dan Perikanan Bidang Riset dan Daya Saing pada tahun 2019 jumlah limbah produksi perikanan mencapai 2 juta ton dan 30%-40% terdiri dari jenis kerang salah satunya jenis kerang darah (Apsari, 2020). Komposisi senyawa kimia yang terkandung dalam cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) meliputi SiO_2 sebesar 8,25%; CaO 66,70%; Fe_2O_3 0,40%; MgO 22,65%, dan Al_2O_3 sebanyak 1,62%. (Jhon et al., 2016). Penambahan serbuk cangkang kerang darah beserta bahan komplemen dalam proporsi yang tepat dapat meningkatkan kuat tekan, disebabkan oleh reaksi senyawa CaO (Kalsium Oksida) sebesar 67,07% dan MgO (Magnesium Oksida) sebesar 22,65%, peningkatan ini terjadi karena senyawa CaO dalam cangkang kerang darah mampu menghasilkan energi panas (Andika & Safarizki, 2019). Berdasarkan hasil penelitian (Arbi, 2015) substitusi serbuk cangkang kerang sebanyak 5% dapat menaikkan kuat tekan beton hingga 27,7 MPa dan substitusi cangkang kerang sebanyak 10% mengalami kenaikan kuat tekan hingga 23,3 MPa, sedangkan pada substitusi 0% atau beton normal kuat tekan hanya sebesar 20,6 Mpa.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, penggunaan abu sekam padi sebagai bahan campuran batu bata merah masih memiliki kelemahan yaitu daya serap air yang tinggi dan nilai kuat tekannya rendah, sehingga banyak batu bata merah yang pecah setelah proses pembakaran. Oleh karena itu, diharapkan dengan penggabungan abu bonggol jagung sebagai pengganti sekam padi dan serbuk cangkang kerang sebagai bahan tambah dapat meningkatkan kualitas batu bata merah dengan menaikkan kuat tekan dan memiliki daya serap air <20% sesuai standar (SNI-15-2094-2000).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan masalah yang dijelaskan pada latar belakang di atas dapat disimpulkan rumusan masalahnya, antara lain:

1. Bagaimana kekuatan tekan, densitas, dan daya serap air dari campuran batu bata merah inovasi?

2. Berapa persentase optimum yang dihasilkan dari campuran batu bata merah inovasi?
3. Bagaimana pengaruh substitusi abu bonggol jagung dan penambahan serbuk cangkang kerang darah terhadap kualitas batu bata merah?
4. Berapa perbandingan biaya pembuatan batu bata merah inovasi dengan konvensional?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas pemanfaatan abu bonggol jagung dan serbuk cangkang kerang darah sebagai material campuran dalam proses produksi batu bata merah.

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Menganalisis kekuatan tekan, daya serap air, densitas yang dihasilkan dari inovasi batu bata merah.
2. Menentukan persentase optimum campuran bata merah inovasi.
3. Mengetahui pengaruh substitusi abu bonggol jagung dan penambahan serbuk cangkang kerang darah terhadap kualitas batu bata merah inovasi.
4. Menganalisis perbandingan biaya yang dibutuhkan untuk pembuatan batu bata merah konvensional dengan batu bata merah inovasi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini untuk mengetahui inovasi serbuk cangkang kerang darah dan abu bonggol jagung yang menghasilkan batu bata merah yang lebih berkualitas daripada batu bata merah konvensional di pasaran. Inovasi ini diharapkan dapat menurunkan persentase penyerapan air dan meningkatkan kuat tekan batu bata merah. Dengan inovasi ini diharapkan kerugian yang diakibatkan oleh batu bata merah yang pecah atau retak dapat diminimalisir dengan semakin baiknya kualitas batu bata merah. Selain untuk meningkatkan kualitas, inovasi ini juga mengurangi penumpukan limbah bonggol jagung dan cangkang kerang darah.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian yang dilakukan lebih sistematis dan tidak menjadi tinjauan yang terlalu luas, maka ruang lingkup permasalahan harus dikurangi dengan memberikan batasan-batasan. Oleh karena itu, batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Batu bata merah berukuran 220 mm x 95 mm x 45 mm.
2. Pengujian ini membandingkan kekuatan tekan, densitas, dan daya serap air dari batu bata merah konvensional terhadap batu bata merah inovasi.
3. Tidak ada bonggol jagung yang dikhususkan.
4. Cangkang kerang darah adalah jenis cangkang kerang yang akan digunakan.
5. Benda uji dibuat sebanyak 7 variasi dengan masing-masing variasi terdapat 3 buah benda uji.

1.6 Ruang Lingkup

Pengambilan data dari penelitian ini dengan melakukan pengujian di Laboratorium Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Batu Bata Merah

Salah satu bahan dasar dalam pembuatan pasangan dinding yang biasa digunakan sejak dulu oleh masyarakat Indonesia karena mudah dijumpai adalah batu bata merah, batu bata sendiri sudah menjadi bagian yang wajib ada pada saat membangun rumah mulai dari masa lalu hingga masa kini. Bata merah masih menjadi salah satu pilihan utama oleh masyarakat di Indonesia karena lebih sering digunakan untuk menjadi pasangan dinding untuk rumah tinggal karena sudah teruji kekuatan dan daya tahannya serta mudah untuk menjumpainya di daerah manapun. (Rori et al., 2020).

Salah satu bahan yang paling krusial pada saat pembuatan pasangan dinding merupakan batu bata merah. Batu bata merah dapat dibuat dengan campuran air dan tanah liat, dengan atau tanpa bahan campuran. Proses pembuatannya meliputi penggalian tanah, pencampuran bahan, pencetakan, pengeringan, dan pembakaran dengan menggunakan suhu tinggi hingga matang, berubah warna, dan mengeras. Setelah dingin, batu bata ini menjadi kuat dan tetap utuh walaupun terendam dalam air (Ardi, 2016).

Berdasarkan (SNI-15-2094-2000, n.d.), batu bata merah pejal adalah salah satu komponen untuk membuat pasangan dinding yang biasanya berbentuk prisma persegi panjang.



Gambar 2. 1 Batu Bata Merah

2.2.1 Mutu Batu Bata Merah

Menurut SNI-15-2094-2000 pasangan dinding yang menggunakan batu bata merah memiliki syarat spesifikasi sebagai berikut:

1. Sifat tampak

Dinding yang menggunakan bata pejal harus berbentuk balok segi empat dengan setiap rusuknya berbentuk siku, memiliki permukaan yang datar dan tidak memiliki adanya retakan.

2. Ukuran

Berikut merupakan toleransi dari ukuran batu bata merah berdasarkan SNI-15-2094-2000:

Tabel 2. 1 Ukuran dan toleransi batu bata merah

Modul	Tinggi (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)
M-5a	65 ± 2	90 ± 2	190 ± 4
M-5b	65 ± 2	100 ± 2	190 ± 4
M-6a	52 ± 3	110 ± 2	230 ± 5
M-6b	55 ± 3	110 ± 2	230 ± 5
M-6c	70 ± 3	110 ± 2	230 ± 5
M-6d	80 ± 3	110 ± 2	230 ± 5

Sumber: SNI-15-2094-2000

2.2.2 Kuat Tekan Batu Bata Merah

Kuat tekan merupakan ukuran yang menunjukkan seberapa kuat suatu material dapat menahan beban sebelum menjadi rusak atau terjadi keretakan. Nilai kuat tekan pada batu bata merah mencerminkan tingkat kualitasnya, yang dipengaruhi oleh suhu saat pembakaran, tingkat porositas, serta jenis bahan baku yang digunakan (Ardi, 2016).

Alat yang digunakan untuk menguji kuat tekan pada batu bata merah adalah *compression strength*. Uji kuat tekan ini dapat dilakukan setelah bata merah dibakar dan dibiarkan dingin (Kawa et al., 2018). Berdasarkan SII-0021-78 dan PBUI 1982 bata dibagi menjadi 6 kelas, sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Kuat tekan rata-rata batu bata merah

Kelas	Kuat tekan rata-rata batu bata	
	Kg/cm ²	N/mm ²
25	25	2,5
50	50	5,0
100	100	10,0
150	150	15,0
200	200	20,0
250	250	25,0

Sumber: SII-0021-1978

Berdasarkan SNI-10,1978:6 tiga kategori batu bata merah dibedakan berdasarkan kekuatan tekannya, sebagai berikut:

- a. Nilai kuat tekan $>100 \text{ kg/cm}^2$ pada bata merah termasuk kedalam tingkat I.
- b. Nilai kuat tekan $100 \text{ kg/cm}^2 - 80 \text{ kg/cm}^2$ pada batu bata merah termasuk kedalam tingkat II.
- c. Nilai kuat tekan kurang dari 80 kg/cm^2 pada batu bata merah termasuk kedalam tingkat III.

Adapun fungsi dari ketiga kategori diatas adalah ;

- a. Tingkat I, memiliki fungsi untuk dinding penahan beban dan dinding konvensional
- b. Tingkat II, memiliki fungsi untuk dinding konvensional tapi tidak boleh berada di luar ruangan langsung.
- c. Tingkat III, memiliki fungsi sebagai dinding taman atau *landscape* yang tidak menahan beban.

Rumus kuat tekan dapat dilihat pada persamaan (1):

$$F = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- F = kuat tekan (kg/cm^2)
P = beban maksimum (kg)
A = luas rata-rata benda uji (cm^2)

2.2.3 Densitas (Kerapatan Batu Bata Merah)

Massa jenis atau rapat massa merupakan rasio antara massa suatu zat dengan volumenya. Semakin besar massa dalam setiap satuan volumenya, semakin tinggi densitas (massa jenis) suatu benda, sebaliknya jika densitas (massa jenis) rendah cenderung menyerap air dalam jumlah lebih besar yang dapat mengurangi kekuatan bahan tersebut (Kapasiang et al., 2017). Batu bata merah harus memiliki kepadatan $1,2 \text{ gr/cm}^3$. Rumus densitas (kerapatan batu bata merah) dapat dilihat pada persamaan (2):

$$\rho = \frac{m}{V} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

P = Densitas suatu bahan (gr/cm^3)

m = Massa kering benda uji (gr)

V = Volume benda uji (cm^3)

2.2.4 Daya Serap Air Batu Bata Merah

Daya serap air menghubungkan volume pori-pori terbuka dengan volume seluruh benda yang dinyatakan dalam (%). Karena memiliki daya serap yang tinggi, batu bata dan campuran mortar dapat terpengaruh akibat kadar air pada campuran terserap kedalam batu bata merah. Akibatnya, proses pengerasan campuran tidak optimal, sehingga kekuatannya menjadi berkurang, daya serap air yang tinggi adalah hasil dari kadar pori yang tinggi pada bata, yang menunjukkan bahwa batu bata tidak terlalu padat (Sulistia, 2023).

Persentase air yang dapat diserap batu bata merah maksimum sebesar 20% sesuai dengan standar SNI-15-2094-200. Rumus daya serap air dapat dilihat pada persamaan (3).

$$\frac{A-B}{B} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan: aaa

A = Berat massa basah (gr)

B = Berat massa kering (gr)

2.2 Tanah Liat

Partikel mineral dalam tanah liat yang biasa disebut sebagai lempung, dihasilkan dari silika dan memiliki ukuran sekitar 4 mikrometer. Tanah liat mengandung silika yang telah ditumbuk halus, aluminium, atau aluminium leburan. Mayoritas elemen yang membentuk komposisi bumi adalah silikon, oksigen, dan aluminium. Beberapa tanah liat dihasilkan oleh panas bumi, sedangkan yang lainnya tercipta ketika asam karbonat melapukkan batuan silika (Mulya, 2019).

Tanah liat memiliki komposisi kimia yang memiliki banyak variasi tergantung dari sumbernya, tetapi secara umum, tanah liat memiliki kandungan dari bahan organik dan juga campuran dari beberapa material. Komponen utama yang terdapat

pada tanah liat meliputi lempung, alumina (Al_2O_3), silika (SiO_2), garam mineral, air, dan berbagai macam bahan organik lainnya (Firnas & Mahardhika, 2023).

Tanah liat biasanya memiliki warna-warna seperti merah, abu-abu, cokelat, kehijauan, merah muda, cokelat tua, hitam, dan putih. Kombinasi bahan organik dan oksida besi sering kali menjadi penyebab warna yang berbeda saat ditemukan dalam tanah alami. Warna tersebut dapat berkisar dari coklat tua hingga coklat merah, atau kuning kecoklatan, tergantung pada jumlah kotoran dan oksida besi yang ada. Untuk kandungan oksida besi, kisaran umumnya adalah 2-5%. Tanah dengan warna yang lebih gelap biasanya mencapai kematangan pada suhu yang lebih rendah. (Hastutiningrum, 2013).



Gambar 2. 2 Tanah Liat

2.3 Sekam Padi

Padi merupakan tanaman penghasil beras yang termasuk dalam salah satu komoditas makanan pokok terbesar di dunia. Saat ini, padi menempati posisi ketiga dalam produksi pangan global. Kondisi ini juga terlihat di Benua Asia, yang menjadi wilayah utama bagi para petani penghasil beras, produksi beras mencapai total 90% dari jumlah produksi di dunia. Indonesia sendiri adalah salah satu penghasil beras terbanyak di dunia, menempati urutan ketiga setelah Tiongkok dan India. Di kawasan ASEAN, beras banyak dibudidayakan karena wilayahnya memiliki kondisi yang sangat mendukung, seperti iklim tropis yang hangat dan curah hujan tinggi yang ideal untuk pertumbuhan tanaman padi (Herwanto et al., 2019).

Padi (*oryza sativa*) adalah jenis tanaman yang sangat sering dibudidayakan di Indonesia karena dari tanaman ini dapat menghasilkan beras yang sering

dikonsumsi sebagai makanan pokok di Indonesia. Dimana salah satu produk pertanian utama Indonesia adalah padi. Produksi padi Indonesia mencapai angka 70,85 juta ton gabah kering giling (GKG) pada tahun 2014 yang mana mengalami penurunan hasil panen sebanyak 0,43 juta ton (0,61%) (Basit, 2020).

Sekam padi memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan alternatif karena ketersediaannya yang melimpah di Indonesia. Sekam padi merupakan limbah yang dihasilkan dari padi yang sudah diambil bulir berasnya. Sekam padi memiliki ciri-ciri yang bersifat kasar dengan gizinya yang sedikit dan memiliki jumlah kandungan abu yang sangat kaya. Proses pembakaran sekam padi dengan pengaturan suhu yang tepat dapat menghasilkan abu sekam dengan kandungan silika yang cukup banyak. Selama proses pembakaran ini, zat organik lainnya dapat dihilangkan dari sekam padi meninggalkan hanya silika yang sangat kaya. (SAINTEK Patompo et al., 2023).

Limbah kulit beras atau biasa disebut sekam padi banyak ditemukan di tempat penggilingan padi. Bulir beras yang digiling akan menghasilkan sekitar 22% berat sekam padi yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada proses pembakaran batu bata merah. Sekam padi dibakar pada suhu 500-600 hingga menghasilkan abu silika. . Sumber silika yang signifikan adalah sekitar 20% dari abu sekam padi, karena memiliki karakteristik sebagai bahan pozzolan. Salah satu manfaat abu sekam padi pada bahan bangunan adalah sebagai pengeras pada batu bata merah. (Basry & Amir, 2019).



Gambar 2. 3 Sekam Padi

2.4 Abu Bonggol Jagung

Selain beras dan gandum, jagung adalah salah satu komoditas pangan yang cukup diminati di dunia dalam memproduksi karbohidrat. Karena alasan ini, jagung merupakan biji-bijian pokok di sejumlah negara, termasuk di Amerika Tengah dan Selatan. Di beberapa wilayah tertentu di Afrika dan Indonesia, hal yang sama juga berlaku (Simanjuntak et al., 2020).

Tanaman jagung (*Zea mays L.*) termasuk kedalam jenis rumput-rumputan yang memiliki biji tunggal (monokotil). Jagung adalah salah satu tanaman rumput-rumputan yang kuat, dengan ciri khas berbatang kasar yang memiliki tinggi antara 0,6-3 m. Jagung merupakan tanaman yang biasanya ditanam musiman selama musim kemarau dengan durasi tanam $\pm$ 3 bulan dalam sekali proses panen (F. U. Pratama et al., 2023).

Tanaman Jagung merupakan salah satu komoditas utama palawija di Indonesia yang dapat ditinjau dari penggunaan hasil dan aspek pengusahaan, yaitu sebagai salah satu bahan makanan dan pakan untuk ternak. Seiring dengan meningkatnya bahan baku pakan ternak maupun makanan pokok kebutuhan akan tanaman jagung meningkat cukup tinggi. Jagung yang dimanfaatkan sebagai pakan unggas menyumbang sekitar 50% dari total bahan baku yang diolah. Tingginya permintaan terhadap jagung sebagai pakan ternak yang terus meningkat juga menghasilkan volume limbah yang besar, termasuk limbah berupa bonggol jagung (Febriati et al., 2019).

Bonggol jagung mengandung hemiselulosa 30 – 35%, lignin 10 – 20% dan selulosa sebanyak 40 – 45% sedangkan kandugan yang ada dalam abu bonggol jagung memiliki jumlah silika sebanyak lebih dari 60% dengan jumlah unsur – unsur lain yang ada dilamnya (Maharani, 2021).

Pembakaran bonggol jagung menghasilkan abu bonggol jagung yang mengandung silika yang sangat kaya sebesar 67,41%, sehingga dapat dibuat sebagai adsorben (Fathurrahman et al., 2022). Sebagai sumber silika, abu bonggol jagung dibuat melalui pembakaran suhu tinggi dalam proses termal. Ketika memanfaatkan perubahan suhu 500°-700°C untuk mengoptimalkan dan mensintesis nanosilika dari bonggol jagung, ditemukan bahwa sumber silika terbaik

adalah bonggol jagung yang dibakar pada suhu 500° dan 700°C. Selama investigasi ini, kalsinasi selama dua jam pada suhu 700° C digunakan untuk mengolah serbuk bonggol jagung secara termal. Fase proses ini sangat penting karena, dalam proses panas, bahan selain silika dapat terurai dan hilang (R. O. Pratama, 2022).

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Fathurrahman et al., 2022) dilakukan pembakaran bonggol jagung yang telah dibersihkan dan dijemur di atas matahari secara langsung, yang kemudian bonggol jagung dibakar dengan suhu 150°C selama 2 jam untuk diubah menjadi arang dan dilakukan pembakaran kembali selama 4 jam untuk mengubah arang bonggol jagung menjadi abu.

Dari penelitian yang dilakukan oleh (Devi Hartaji et al., 2025) mendapatkan hasil penyerapan pada benda uji yang berumur 7 hari dan 14 hari terjadi adanya penurunan daya serap air pada setiap variasi. Daya serap yang dihasilkan ketika abu bonggol jagung ditambahkan ke dalam campuran genteng beton mendapatkan nilai paling besar pada pengujian di hari ke 14 dengan nilai 8,11% yang dimana masuk kedalam persyaratan genteng beton dengan nilai daya serap air kurang dari 10%.



Gambar 2. 4 Bonggol Jagung

2.5 Cangkang Kerang Darah

Kerang termasuk dalam keluarga *Mollusca*, yaitu invertebrata lunak yang biasanya ditemukan di lingkungan pesisir. Ada tiga jenis kerang yang paling sering dimakan antara lain kerang bulu (*Anadara antiquata*), kerang darah (*Anadara granosa*), dan kerang hijau (*Mytilus viridis*) (Jhon et al., 2016).

Salah satu jenis hewan dari filum mollusca adalah kerang yang tidak memiliki segmen tubuh, dilengkapi dengan kelenjar penghasil cangkang, dan diselimuti oleh jaringan khusus yang disebut mantel. Produksi kerang pada tahun 2010 mencapai 34.929 ton, menurut statistik perikanan tangkap Indonesia, menunjukkan bahwa kerang telah menjadi salah satu komoditas perikanan yang telah lama dibudidayakan, terutama sebagai bisnis sampingan (Vilpa, 2021). Cangkang adalah satu-satunya bagian dari kerang yang tidak dapat dimakan akibatnya, cangkang hanya dibiarkan terkumpul menjadi limbah rumah tangga. Alumina, silikat, dan kapur ditemukan dalam cangkang kerang.

Kerang darah (*Anadara granosa*) merupakan salah satu jenis kerang yang sangat mudah ditemukan di perairan Indonesia dan sering dijadikan olahan makanan oleh masyarakat Indonesia karena kandungan proteinnya yang sangat tinggi. Menurut (Andika & Safarizki, 2019) produksi kerang darah (*Anadara granosa*) pada tahun 2011 di Indonesia mencapai 373,202 ton yang mana jika dibandingkan dengan tahun sebelumnya mengalami kenaikan sebesar 44,12%.

Kerang darah (*Anadara granosa*) merupakan jenis kerang yang sering diolah menjadi makanan oleh orang Asia Tenggara dan Asia Timur. Penamaan kerang darah oleh famili Arcidae merujuk pada cairan merah menyerupai darah yang dihasilkan, yang berasal dari kandungan hemoglobin di dalam tubuhnya. Kerang ini biasanya ditemukan dikawasan Indo-Pasifik dan tersebar mulai dari Polinesia hingga Afrika Timur. Kerang ini senang memendam dirinya kedalam lumpur atau pasir. Pada saat dewasa kerang ini berukuran 4 sampai 5 cm untuk lebarnya dan 5 sampai 6 senti untuk panjangnya. Karena nilai ekonomisnya yang sangat tinggi, banyak orang membudidayakan kerang darah sebagai bisnis. Meskipun biasanya hanya diolah untuk dikukus, atau direbus, kerang ini juga dapat dinikmati dengan cara digoreng atau makanan kering lainnya (Andika & Safarizki, 2019).

Kerang darah (*Anadara granosa*) mengandung unsur-unsur kimia berikut: Al_2O_3 (1,62%), MgO (22,65%), SiO_2 (8,25%), CaO (66,07%), dan Fe_2O_3 (0,40%). Cangkang kerang darah mengandung 66,07% senyawa CaO (*kalium oksida*), yang melepaskan energi panas ketika bahan yang terbuat dari bubuk

cangkang kerang dengan jumlah yang tepat ditambahkan untuk meningkatkan kekuatan tekan (Andika & Safarizki, 2019).

Cangkang kerang mengandung komponen yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas batu bata merah menjadi lebih baik. Cangkang kerang dapat ditambahkan ke dalam campuran bata merah jika dihancurkan dengan halus dan disaring melalui saringan dengan ukuran yang sesuai (Arbi, 2015).

Serbuk cangkang kerang diperoleh melalui proses pengeringan dan penghancuran hingga menjadi partikel halus. Serbuk ini dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam campuran. Penambahan serbuk cangkang kerang yang telah bersifat homogen berpotensi meningkatkan reaktivitas keseluruhan campuran (Fauziah et al., 2019).



Gambar 2. 5 Cangkang Kerang

2.6 Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu

Sitasi	Variabel	Material yang digunakan	Persentase	Metode	Analisis
(Arbi, 2015)	Beton	Cangkang kerang	5% 10% 15%	Kuat Tekan	26,3 Mpa 23,3 Mpa 19,7 Mpa
(Andika & Safarizki, 2019)	Beton	Cangkang kerang darah	7,5%	Kuat Tekan	20 Mpa
(Fauziah et al., 2019)	Beton Ringan	Cangkang Kerang	5%	Kuat Tekan Daya Serap	3,54 Mpa 30,805%
(F. U. Pratama et al., 2023)	Paving Block	Abu Tongkol jagung	2% 4% 4%	Daya Serap Air Daya Serap Air Densitas	18,22% 19,51% 1,654 gr/cm ³
(Dwi Nata & Dharmawansyah, n.d.)	Paving Block	Abu Bonggol Jagung & Abu Cangkang Kemiri	15%	Daya Serap Air	6,67%

Berdasarkan *literature review*, dapat disimpulkan bahwa belum ditemukan penelitian yang secara spesifik menggunakan abu bonggol jagung dan serbuk cangkang kerang darah sebagai bahan campuran dalam pembuatan batu bata merah. Pada penelitian ini menggunakan abu bonggol jagung sebagai bahan alternatif lain karena memiliki karakteristik yang sama dengan abu sekam padi pada batu bata merah konvensional yaitu bersifat *pozzolan* yang mengandung silika untuk mengurangi daya serap air dan mempercepat proses pembakaran. Abu bonggol jagung mengandung silika sebesar 67,41% (Mujedu et al., 2014). Menurut hasil penelitian (F. U. Pratama et al., 2023) persentase penyerapan air pada *paving block porous* dengan tambahan abu bonggol jagung komposisi campuran C1 2% sebesar 18,22% dan C2 4% sebesar 19,51%, sedangkan kuat tekan tertinggi pada perlakuan C1 sebesar 6,47 MPa belum memenuhi standar SNI 03-0691-1996 mutu D dengan rata-rata kuat tekan sebesar 10 MPa dengan minimal 8,5 MPa. Oleh karena itu, pada

penelitian ini menggunakan bahan tambah yaitu serbuk cangkang kerang darah untuk meningkatkan kuat tekan batu bata merah. Reaksi dari kandungan utama dalam serbuk cangkang kerang darah, yaitu CaO (kalsium oksida) sebesar 67,07% dan MgO (magnesium oksida) sebesar 22,65%, dapat meningkatkan kuat tekan apabila digunakan dengan proporsi yang tepat. Hal ini terjadi karena senyawa CaO melepaskan energi panas selama reaksi berlangsung, yang kemudian membantu memperkuat struktur material (Andika & Safarizki, 2019). Berdasarkan hasil penelitian (Arbi, 2015) kuat tekan beton optimum terjadi pada penambahan serbuk cangkang kerang sebesar 5%.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan membandingkan batu bata merah konvensional dan batu bata merah inovasi.

Tabel 3. 1 *Job Mix Design*

No.	Benda Uji	Perbandingan Bahan Bahan Campuran				Bahan Tambahan	Jumlah sample
		Tanah Liat	Sekam Padi	Abu Bonggol Jagung	Air	Serbuk Cangkang Kerang	
1	Variasi 1 (batu bata merah konvensional)	95%	5%	-	0,3 L	-	3
2	Variasi 2	95%	2%	3%	0,3 L	-	3
3	Variasi 3	95%	2%	3%	0,3 L	5%	3
4	Variasi 4	95%	1%	4%	0,3 L	-	3
5	Variasi 5	95%	1%	4%	0,3 L	5%	3
6	Variasi 6	95%	-	5%	0,3 L	-	3
7	Variasi 7	95%	-	5%	0,3 L	5%	3

3.2 Ukuran dan Jumlah Variasi

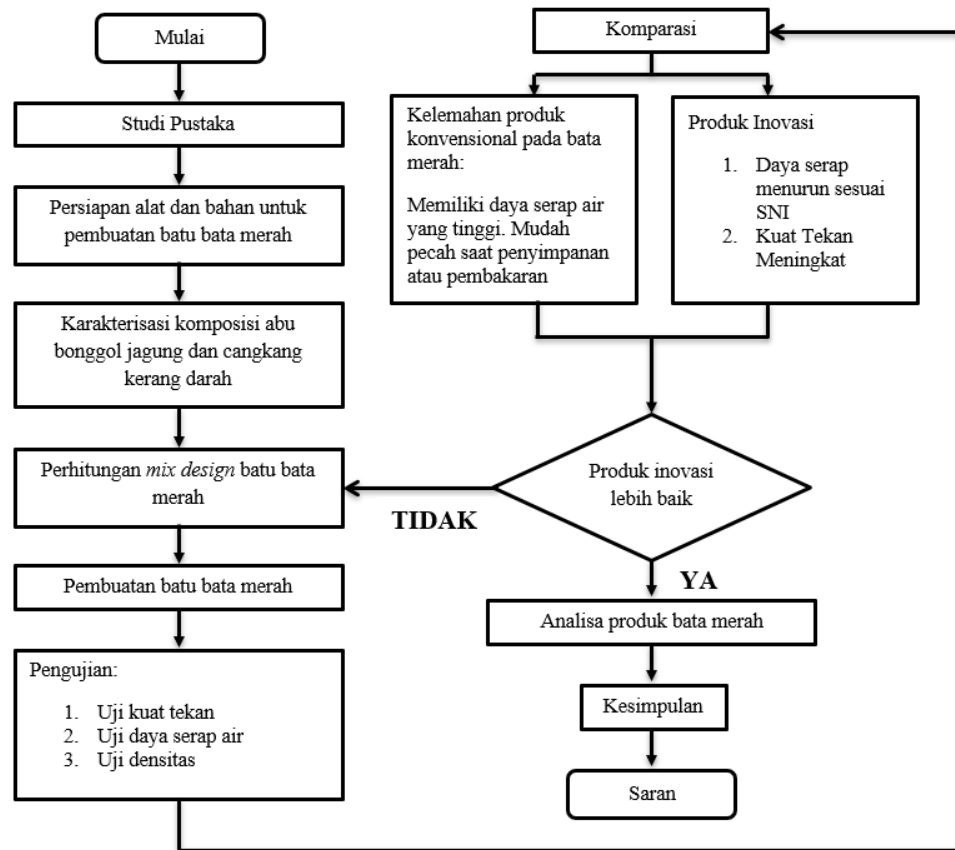
Penelitian ini menggunakan batu bata berukuran 220 mm x 95 mm x 45 mm, dengan 21 sampel benda uji yang direncanakan sebanyak 7 variasi dengan masing-masing variasi menggunakan 3 benda uji.



Gambar 3. 1 Ukuran batu bata merah

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan atau alur penelitian tersebut digambarkan melalui *flowchart* berikut ini:



Gambar 3. 2 *Flowchart*

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Alat Penelitian

1. Cetakan batu bata merah dengan ukuran 240 mm x 110 mm x 50 mm dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Cetakan Batu Bata Merah

2. *Sieve Shaker* (alat penggetar), berfungsi untuk mengayak abu bonggol jagung dan serbuk cangkang kerang dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Sieve Shaker

3. Alat *Compression Test* berfungsi untuk pengujian kuat tekan batu bata merah dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Alat Compression Test

4. Timbangan digital atau timbangan ohous, yang digunakan untuk menimbang bahan yang diperlukan dalam penelitian dan menimbang berat benda uji dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3. 6 Timbangan

5. Oven, untuk mengeringkan bonggol jagung, cangkang kerang, dan sampel benda uji dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Oven

6. *Furnace*, untuk memanaskan cangkang kerang darah agar mudah ditumbuk dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3. 8 *Furnace*

7. Wadah ember, untuk merendam benda uji dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3. 9 Ember

8. Gerinda, untuk memotong batu bata merah dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3. 10 Gerinda

9. *Plywood*, digunakan sebagai bekisting saat pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 3.11 .



Gambar 3. 11 *Plywood*

10. Mortar dan alu, digunakan untuk menumbuk abu bonggol jagung dan cangkang kerang dapat dilihat pada gambar 3.12.



Gambar 3. 12 Mortar dan Alu

11. Minyak bekisting dan kuas, digunakan untuk melapisi *plywood* dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3. 13 Minyak Bekisting dan Kuas

3.4.2 Bahan Penelitian

Inovasi batu bata merah pada penelitian ini membutuhkan bahan-bahan sebagai berikut:

1. Tanah liat

Tanah liat merupakan bahan utama dalam pembuatan batu bata merah dapat dilihat pada Gambar 3.14.



Gambar 3. 14 Tanah Liat

2. Sekam padi

Sekam padi digunakan sebagai bahan campuran dalam batu bata konvensional di daerah Mranggen, Kabupaten Demak dapat dilihat pada Gambar 3.15.



Gambar 3. 15 Sekam Padi

3. Abu bonggol jagung

Abu bonggol jagung digunakan sebagai bahan substitusi pada penelitian inovasi batu bata ini, dapat dilihat pada Gambar 3.16.



Gambar 3. 16 Abu Bonggol Jagung

4. Serbuk cangkang kerang

Serbuk cangkang kerang darah digunakan sebagai bahan tambah dalam campuran inovasi batu bata merah, dapat dilihat pada Gambar 3.17.



Gambar 3. 17 Serbuk Cangkang Kerang

Tabel 3. 2 *Job Mixed Design*

No.	Benda Uji	Perbandingan Bahan				Bahan Tambah an	Jumlah sample
		Bahan Campuran					
		Tanah Liat	Sekam Padi	Abu Bonggol Jagung	Air	Serbuk Cangkang Kerang	
1	Variasi 1 (batu bata merah konvensional)	2.185 gr	115 gr	-	0,3 L	-	3
2	Variasi 2	2.185 gr	46 gr	69 gr	0,3 L	-	3
3	Variasi 3	2.185 gr	46 gr	69 gr	0,3 L	115 gr	3
4	Variasi 4	2.185 gr	23 gr	92 gr	0,3 L	-	3
5	Variasi 5	2.185 gr	23 gr	92 gr	0,3 L	115 gr	3
6	Variasi 6	2.185 gr	-	115 gr	0,3 L	-	3
7	Variasi 5	2.185 gr	-	115 gr	0,3 L	115 gr	3

3.4.3 Pengujian Bahan

- Pada abu bonggol jagung dilakukan pengujian lolos saringan no. 16 (1,18 mm).
- Pada serbuk cangkang kerang dilakukan pengujian lolos saringan no. 200 (0,075 mm).

3.4.4 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan batu bata merah dilakukan langsung di tempat pengrajinnya di daerah Mranggen, Kabupaten Demak. Benda uji berupa batu bata merah dengan ukuran 220 mm x 95 mm x 45 mm dengan 7 variasi. Adapun benda uji digunakan untuk pengujian daya serap air, densitas, dan kuat tekan.

3.4.4.1 Tahap Pengolahan Abu Bonggol Jagung

- Proses pengumpulan bonggol jagung dari petani di daerah Ungaran, Kabupaten Semarang dapat dilihat pada Gambar 3.18.



Gambar 3. 18 Bonggol Jagung

2. Proses pengeringan bonggol jagung dengan oven bersuhu 200° C selama 1 jam, dapat dilihat pada Gambar 3.19.



Gambar 3. 19 Pengeringan Bonggol Jagung

3. Proses pembakaran bonggol jagung dengan cara pembakaran langsung dengan durasi 6 jam sampai menjadi abu, dapat dilihat pada Gambar 3.20.



Gambar 3. 20 Pembakaran Bonggol Jagung

4. Proses penumbukan bonggol jagung yang sudah dibakar hingga menjadi abu, dapat dilihat pada Gambar 3.21.



Gambar 3. 21 Penumbukan Abu Bonggol Jagung

5. Proses pengayakan abu bonggol jagung dengan saringan no. 16 (1,18 mm) agar mudah untuk dicampur kedalam tanah liat dan tidak terbang saat proses pencampuran, dapat dilihat pada Gambar 3.22.



Gambar 3. 22 Pengayakan Abu Bonggol Jagung

3.4.4.2 Tahap Pengolahan Limbah Cangkang Kerang Darah

1. Proses pengumpulan limbah cangkang kerang darah dan dibersihkan dari sisa kotoran yang menempel pada bagian luar dan dalam hingga cangkang kerang bersih dari semua kotoran yang menempel, dapat dilihat pada Gambar 3.23.



Gambar 3. 23 Mencuci Cangkang Kerang

2. Proses penjemuran cangkang kerang darah yang telah dibersihkan dan dicuci dilakukan dibawah sinar matahari secara langsung hingga kandungan airnya tidak ada, dapat dilihat pada Gambar 3.24.



Gambar 3. 24 Mengeringkan Cangkang Kerang

3. Proses kalsinasi cangkang kerang darah menggunakan mesin *furnace* selama 30 menit dengan suhu 650°C agar cangkang kerang darah kering dan mudah ditumbuk, dapat dilihat pada Gambar 3.25.



Gambar 3. 25 Kalsinasi Cangkang Kerang

4. Proses menumbuk cangkang kerang darah menggunakan *mortar stamper* untuk menghasilkan serbuk, dapat dilihat pada Gambar 3.26.



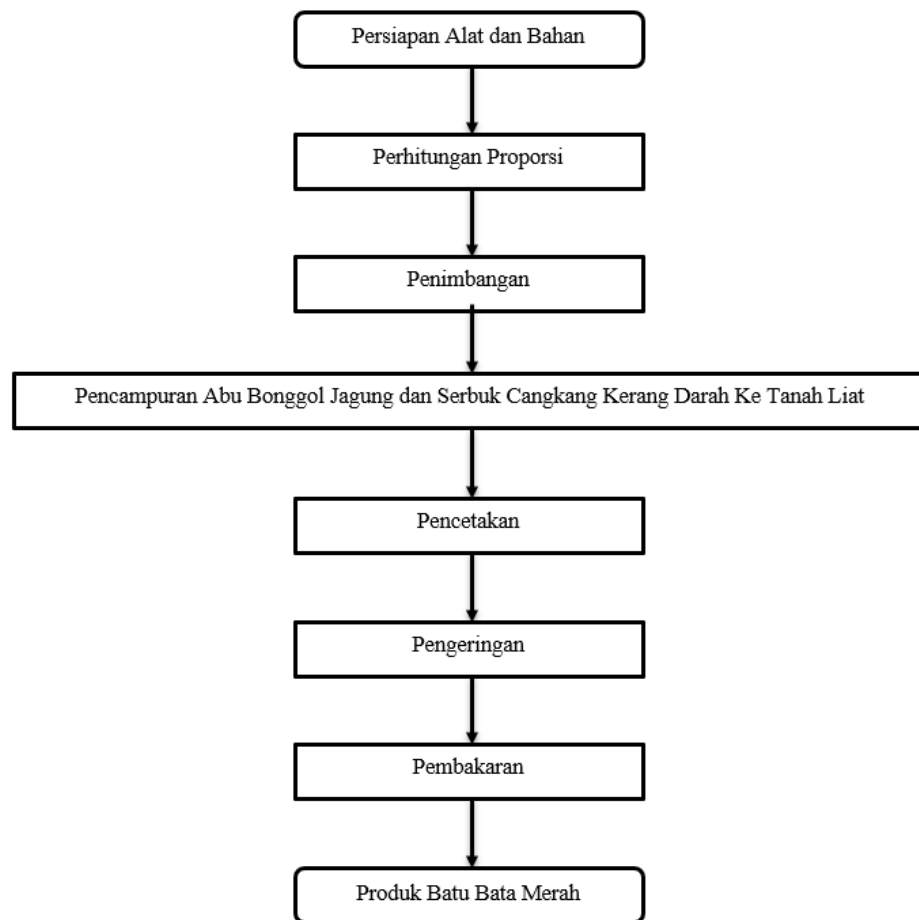
Gambar 3. 26 Menumbuk Cangkang Kerang

5. Proses pengayakan serbuk cangkang kerang darah menggunakan ayakan no. 200 mesh, dapat dilihat pada gambar 3.27.



Gambar 3. 27 Pengayakan Serbuk Cangkang Kerang

3.4.4.3 Tahap Pembuatan Benda Uji



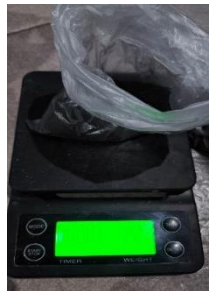
Gambar 3. 28 Tahap Pembuatan Benda Uji

Penelitian ini menggunakan benda uji berupa batu bata merah berukuran 220 x 95 x 45 mm. Pada sampel batu bata konvensional, komposisi campuran yang digunakan terdiri dari tanah liat 95% dan sekam padi 5%, serta tambahan air sebanyak 0,3 liter. Adapun tahapan pelaksanaan pembuatan batu bata merah melibatkan campuran abu bonggol jagung dan serbuk cangkang kerang darah:

1. Mempersiapkan alat dan bahan, kemudian dilakukan penimbangan bahan yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji (*mix design*), dapat dilihat pada Gambar 3.29.



Gambar 3. 29 Menimbang Serbuk Cangkang Kerang



Gambar 3. 30 Menimbang Abu Bonggol Jagung

2. Memadatkan tanah liat secara manual agar tanah menjadi lunak, dapat dilihat pada Gambar 3.31.



Gambar 3. 31 Memadatkan Tanah Liat

3. Mencampur bahan sesuai variasi yang telah ditentukan, dapat dilihat pada Gambar 3.32.



Gambar 3. 32 Mencampur Bahan

4. Mencetak dan memadatkan benda uji dengan cetakan ukuran 200 mm x 100 mm x 50 mm, dapat dilihat pada Gambar 3.33.



Gambar 3. 33 Mencetak dan Memadatkan Tanah Liat

5. Mengeringkan benda uji dibawah sinar matahari selama 7 hari, dapat dilihat pada Gambar 3.34.



Gambar 3. 34 Mengeringkan Batu Bata

6. Memasukkan benda uji ke dalam tungku pembakaran, memerlukan waktu 1x24 jam untuk proses pembakaran dapat dilihat pada Gambar 3.35



Gambar 3. 35 Proses Pembakaran Batu Bata

7. Proses terakhir, setelah proses pendinginan benda uji dibongkar.

3.5 Pengujian Data Laboratorium

Pengujian yang dilakukan pada penelitian inovasi batu bata merah dengan bahan campuran abu bonggol jagung dan serbuk cangkang kerang ini berupa uji kuat tekan, densitas, dan daya serap air.

3.5.1 Uji Kuat tekan

Tujuan dari uji kuat tekan ini adalah untuk memastikan kekuatan atau kapasitas benda uji dalam menahan beban atau tekanan. Telah dijelaskan bagaimana cara menguji kuat tekan untuk batu bata merah pada SNI-15-2094-2000. Dua batu bata dengan ukuran yang sama berukuran 220 mm x 95 mm x 45 mm digunakan dalam uji kuat tekan ini. Dengan menggunakan alat uji tekan pada 2 kg/cm²/detik, spesimen yang berbeda ditekan hingga hancur. Langkah-langkah pengujian kuat tekan batu bata merah sebagai berikut:

1. Potong benda uji menjadi 2 bagian yang sama menggunakan gerinda, seperti pada Gambar 3.36.



Gambar 3. 36 Memotong Benda Uji

2. Masukkan benda uji ke dalam air hingga semua permukaan batu bata basah, seperti pada Gambar 3.37 .



Gambar 3. 37 Membasahi Benda Uji

3. Menyiapkan mortar dan pasta semen dengan perbandingan sesuai SNI-15-2094-2000 untuk bahan perekat, seperti pada Gambar 3.38.



Gambar 3. 38 Mortar dan Pasta Semen

4. Siapkan *plywood* dan potong sesuai dengan ukuran benda uji, seperti pada Gambar 3.39.



Gambar 3. 39 *Plywood*

5. Olesi *plywood* dengan minyak bekisting hingga rata pada semua permukaannya, seperti pada Gambar 3.40.



Gambar 3. 40 Mengolesi Plywood Dengan Minyak Bekisting

6. Melapisi benda uji 1 dengan pasta semen setebal 6 mm, seperti pada Gambar 3.41.



Gambar 3. 41 Melapisi Benda Uji Dengan Pasta Semen

7. Melapisi benda uji 1 dengan mortar setebal 6 mm, seperti pada Gambar 3.42.



Gambar 3. 42 Melapisi Benda Uji Dengan Mortar

8. Menggabungkan benda uji 1 dan 2 dengan cara ditekan hingga kedua bata tidak lepas apabila diangkat, seperti Gambar 3.43 .



Gambar 3. 43 Menggabungkan Benda Uji

9. Tutup benda uji dengan plywood yang sudah dilapisi dengan mortar, seperti pada Gambar 3.44.



Gambar 3. 44 Menutup Benda Uji Dengan Plywood

10. Lepaskan *plywood* apabila semen dan mortar sudah kering, seperti pada Gambar 3.45.



Gambar 3. 45 Melepaskan *Plywood*

11. Letakkan benda uji pada alat *compression test* dan lakukan pengujian, seperti pada Gambar 3.46.



Gambar 3. 46 Pengujian Kuat Tekan

3.5.2 Uji Densitas (Kerapatan)

Densitas batu bata merah (ρ) merupakan ukuran massa per satuan volume dari suatu sampel. Sesuai standar untuk keperluan pasangan dinding, bata merah harus memiliki densitas minimum 1,20 gr/cm³.

Langkah-langkah pengujian densitas (kerapatan batu bata merah) sebagai berikut:

1. Pastikan benda uji bersih, kering, dan tidak mengandung partikel atau serpihan apa pun, lalu timbang berat benda uji.

2. Pengukuran benda uji meliputi tinggi (t), lebar (l), dan panjang (p). Pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan pita pengukur harus tepat dan hasilnya harus dicatat.



Gambar 2. 6 Pengukuran Batu Bata Merah

3. Hitung hasil pengukuran tersebut dengan rumus volume. Setelah mengitung volume benda uji, lakukan perhitungan densitas batu bata merah dengan rumus pada persamaan (2).
4. Tentukan apakah batu bata merah tersebut memenuhi standar kualitas atau tidak dengan membandingkan data kepadatan dengan standar SNI 15-2094-2000. Ada kemungkinan batu bata merah tersebut terlalu berat dan tidak optimal jika melebihi batas maksimum yang diberikan. Di sisi lain, bata merah tidak akan memenuhi syarat jika densitasnya terlalu rendah.

3.5.3 Uji Daya Serap Air

Berdasarkan SNI 15-2094-2000 Benda uji direndam dalam air sampai jenuh, dan pada saat itu penyerapan airnya diukur dengan menimbanginya. Selama satu hari penuh, benda uji disimpan dalam oven antara 100° dan 110° C. Benda uji kemudian didinginkan hingga mencapai suhu ruangan sebelum ditimbang sekali lagi. Langkah-langkah pengujian daya serap air sebagai berikut:

1. Siapkan benda uji setiap variasi, lalu rendam dengan air selama 24 jam seperti pada Gambar 3.47.



Gambar 3. 47 Merendam Benda Uji

2. Setelah direndam dalam air selama satu hari penuh, setiap varian benda uji ditimbang dan dicatat beratnya, seperti pada Gambar 3.48.



Gambar 3. 48 Menimbang Berat Basah Benda Uji

3. Keringan benda uji di dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam, seperti pada Gambar 3.49.



Gambar 3. 49 Mengeringkan Benda Uji di Oven

4. Timbang berat benda uji setelah dikeringan, seperti pada Gambar 3.50.



Gambar 3. 50 Menimbang Berat Kering Benda Uji

5. Lakukan identifikasi hasil dengan rumus yang sudah ditetapkan.

3.6 Rencana Output Penelitian

Rencana output yang akan dihasilkan dari penelitian ini, antara lain:

1. HaKI

Luaran penelitian ini telah tercatat sebagai bagian dari hak kekayaan intelektual di bawah naungan Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual, Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia.

2. Prototipe

Diharapkan output yang didapat berupa batu bata merah berkualitas dengan adanya kenaikan pada kuat tekannya, daya serap yang diinginkan $<20\%$, sedikit atau tidak ada perubahan bentuk atau keretakan dan memiliki berat yang ideal sesuai dengan standar yang ditetapkan. Selain itu, Inovasi batu bata merah ini diharapkan menjadi batu bata merah yang ramah lingkungan dan dapat mengurangi limbah dengan menggunakan limbah bonggol jagung dan cangkang kerang.

3. Publikasi Jurnal Nasional

Luaran selanjutnya dari penelitian ini berupa artikel ilmiah yang akan dipublikasikan pada jurnal nasional terakreditasi SINTA.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Bab ini menguraikan hasil penelitian yang mencakup perhitungan persentase bahan campuran, tahapan pembuatan, serta pengujian terhadap benda uji. Selain itu, dibahas pula analisis terkait komposisi campuran yang paling optimal, nilai kuat tekan, daya serap batu bata merah, serta estimasi biaya yang dibutuhkan dalam proses produksi dan pengolahan limbah.

4.2.1 Pengolahan Limbah Bonggol Jagung

Pada penelitian ini menggunakan bonggol jagung yang berasal dari petani di daerah Ungaran, Kabupaten Semarang. Bonggol jagung yang sudah bersih dan dikeringkan dibakar manual hingga menghasilkan abu bonggol jagung, kemudian disaring menggunakan saringan no. 16 (1,18 mm). Pada penelitian ini digunakan persentase abu bonggol jagung sebesar 3%, 4%, dan 5%.

4.2.2 Pengolahan Limbah Cangkang Kerang Darah

Pada Penelitian ini menggunakan cangkang kerang darah yang diperoleh dari rumah makan *seafood* di Tembalang, Kota Semarang. Cangkang kerang darah yang telah dibersihkan, kemudian dioven hingga tidak ada kandungan air yang tersisa. Cangkang kerang darah yang sudah kering dimasukkan ke dalam alat *furnace* dengan suhu 600° C selama 30 menit agar cangkang kerang darah mudah dihaluskan. Lalu, cangkang kerang darah yang sudah dihaluskan menjadi serbuk disaring menggunakan saringan no. 200 (0,075 mm). Pada penelitian ini digunakan persentase serbuk cangkang kerang darah sebagai bahan tambah sebanyak 5%.

4.2 Perhitungan Persentase Bahan Campuran

Sebanyak 7 variasi campuran batu bata merah digunakan dalam penelitian ini, dan setiap variasi diuji menggunakan 3 sampel. Persentase komposisi untuk masing-masing variasi sebagai berikut:

1. Variasi 1 (Batu Bata Merah Konvensional)

Variasi 1 dengan bahan tanah liat 95% dan sekam padi 5% dengan air yang digunakan sebanyak 0,3 L. Berat total benda uji dalam keadaan basah adalah 2,3 kg.

- a. Tanah liat $= 95\% \times 2,3 \text{ kg}$
 $= 2,185 \text{ kg}$
- b. Sekam padi $= 5\% \times 2,3 \text{ kg}$
 $= 0,115 \text{ kg}$
- c. Air $= 0,3 \text{ L}$

2. Variasi 2

Variasi 2 dengan bahan tanah liat 95%, sekam padi 2%, dan abu bonggol jagung 3% dengan air yang digunakan sebanyak 0,3 L. Berat total benda uji dalam keadaan basah adalah 2,3 kg.

- a. Tanah liat $= 95\% \times 2,3 \text{ kg}$
 $= 2,185 \text{ kg}$
- b. Sekam padi $= 2\% \times 2,3 \text{ kg}$
 $= 0,046 \text{ kg}$
- c. Abu bonggol jagung $= 3\% \times 2,3 \text{ kg}$
 $= 0,069 \text{ kg}$
- d. Air $= 0,3 \text{ L}$

3. Variasi 3

Variasi 3 dengan bahan tanah liat 95%, sekam padi 2%, abu bonggol jagung 3%, dan serbuk cangkang kerang darah sebagai bahan tambah 5% dengan air yang digunakan sebanyak 0,3 L. Berat total benda uji dalam keadaan basah adalah 2,3 kg.

- a. Tanah liat $= 95\% \times 2,3 \text{ kg}$
 $= 2,185 \text{ kg}$
- b. Sekam padi $= 2\% \times 2,3 \text{ kg}$
 $= 0,046 \text{ kg}$
- c. Abu bonggol jagung $= 3\% \times 2,3 \text{ kg}$
 $= 0,069 \text{ kg}$
- d. Serbuk Cangkang kerang Darah $= 5\% \times 2,3 \text{ kg}$

(bahan tambah)

$$= 0,115 \text{ kg}$$

e. Air

$$= 0,3 \text{ L}$$

4. Variasi 4

Variasi 4 dengan bahan tanah liat 95%, sekam padi 1%, dan abu bonggol jagung 4% dengan air yang digunakan sebanyak 0,3 L. Berat total benda uji dalam keadaan basah adalah 2,3 kg.

a. Tanah liat $= 95\% \times 2,3 \text{ kg}$

$$= 2,185 \text{ kg}$$

b. Sekam padi $= 1\% \times 2,3 \text{ kg}$

$$= 0,023 \text{ kg}$$

c. Abu bonggol jagung $= 4\% \times 2,3 \text{ kg}$

$$= 0,092 \text{ kg}$$

d. Air $= 0,3 \text{ L}$

5. Variasi 5

Variasi 5 dengan bahan tanah liat 95%, sekam padi 1%, abu bonggol jagung 4%, dan serbuk cangkang kerang darah sebagai bahan tambah 5% dengan air yang digunakan sebanyak 0,3 L. Berat total benda uji dalam keadaan basah adalah 2,3 kg.

a. Tanah liat $= 95\% \times 2,3 \text{ kg}$

$$= 2,185 \text{ kg}$$

b. Sekam padi $= 1\% \times 2,3 \text{ kg}$

$$= 0,023 \text{ kg}$$

c. Abu bonggol jagung $= 4\% \times 2,3 \text{ kg}$

$$= 0,092 \text{ kg}$$

d. Serbuk Cangkang kerang Darah $= 5\% \times 2,3 \text{ kg}$

(bahan tambah) $= 0,115 \text{ kg}$

e. Air

$$= 0,3 \text{ L}$$

6. Variasi 6

Variasi 6 dengan bahan tanah liat 95% dan abu bonggol jagung 5% dengan air yang digunakan sebanyak 0,3 L. Berat total benda uji dalam keadaan basah adalah 2,3 kg.

- a. Tanah liat $= 95\% \times 2,3 \text{ kg}$
 $= 2,185 \text{ kg}$
- b. Abu bonggol jagung $= 5\% \times 2,3 \text{ kg}$
 $= 0,115 \text{ kg}$
- c. Air $= 0,3 \text{ L}$

7. Variasi 7

Variasi 7 dengan bahan tanah liat 95, abu bonggol jagung 5%, dan serbuk cangkang kerang darah sebagai bahan tambah 5% dengan air yang digunakan sebanyak 0,3 L. Berat total benda uji dalam keadaan basah adalah 2,3 kg.

- a. Tanah liat $= 95\% \times 2,3 \text{ kg}$
 $= 2,185 \text{ kg}$
- b. Abu bonggol jagung $= 5\% \times 2,3 \text{ kg}$
 $= 0,115 \text{ kg}$
- c. Serbuk Cangkang kerang Darah $= 5\% \times 2,3 \text{ kg}$
(bahan tambah) $= 0,115 \text{ kg}$
- d. Air $= 0,3 \text{ L}$

Tabel 4. 1 *Job mix design*

No.	Benda Uji	Perbandingan Bahan				Bahan Tambah an	Jumlah sample
		Bahan Campuran					
		Tanah Liat (kg)	Sekam Padi (kg)	Abu Bonggol Jagung (kg)	Air (L)	Serbuk Cangkang Kerang (kg)	
1	Variasi 1 (batu bata merah konvensional)	2,185	0,115	-	0,3	-	3
2	Variasi 2	2,185	0,046	0,069	0,3	-	3
3	Variasi 3	2,185	0,046	0,069	0,3	0,115	3

No.	Benda Uji	Perbandingan Bahan				Bahan Tambahan	Jumlah sample
		Bahan Campuran					
		Tanah Liat (kg)	Sekam Padi (kg)	Abu Bonggol Jagung (kg)	Air (L)	Serbuk Cangkang Kerang (kg)	
4	Variasi 4	2,185	0,023	0,092	0,3	-	3
5	Variasi 5	2,185	0,023	0,092	0,3	0,115	3
6	Variasi 6	2,185	-	0,115	0,3	-	3
7	Variasi 5	2,185	-	0,115	0,3	0,115	3

4.4 Analisa Hasil Pengujian Material

Pengujian material berpedoman pada SNI-15-2094-2000 yaitu Bata Merah Pejal untuk Pasangan Dinding. Adapun pengujian yang dilakukan adalah pengujian sifat tampak dan ukuran, densitas (kerapatan), daya serap air, dan kuat tekan batu bata merah.

4.4.1 Sifat Tampak dan Ukuran

Berikut merupakan ukuran dan toleransi batu bata merah berdasarkan SNI-15-2094-2000:

Tabel 4. 2 Sifat tampak dan ukuran batu bata

Variasi	Kode Variasi	Ukuran	Standar SNI	Keterangan	Dokumentasi
V1	A	22 x 9,5 x 4,5	Tabel 2.1 (M6-a)	Panjang: memenuhi Lebar: memenuhi Tinggi: tidak memenuhi	
	B	22 x 9,5 x 4,5			Gambar 4. 1 Batu Bata Variasi 1
	C	22 x 9,5 x 4,5			
V2	A	22 x 9,5 x 4,5			
	B	22 x 9,5 x 4,5			Gambar 4. 2 Batu Bata Variasi 2
	C	22 x 9,5 x 4,5			

Variasi	Kode Variasi	Ukuran	Standar SNI	Keterangan	Dokumentasi
V3	A	22 x 9,5 x 4,5			 Gambar 4. 3 Batu Bata Variasi 3
	B	22 x 9,5 x 4,5			 Gambar 4. 4 Batu Bata Variasi 4
	C	22 x 9,5 x 4,5			
V4	A	22 x 9,5 x 4,5			 Gambar 4. 5 Batu Bata Variasi 5
	B	22 x 9,5 x 4,5			
	C	22 x 9,5 x 4,5			
V5	A	22 x 9,5 x 4,5			 Gambar 4. 6 Batu Bata Variasi 6
	B	22 x 9,5 x 4,5			
	C	22 x 9,5 x 4,5			
V6	A	22 x 9,5 x 4,5			 Gambar 4. 7 Batu Bata Variasi 7
	B	22 x 9,5 x 4,5			
	C	22 x 9,5 x 4,5			
V7	A	22 x 9,5 x 4,5			
	B	22 x 9,5 x 4,5			
	C	22 x 9,5 x 4,5			

Menurut SNI-15-2094-2000 batu bata merah yang baik adalah berbentuk balok segi empat dengan setiap rusuknya berbentuk siku, memiliki permukaan datar dan

tidak ada retakan. Seluruh variasi pada inovasi batu bata yang menggunakan campuran abu bonggol jagung dan serbuk cangkang kerang telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan, tetapi permukaannya bertekstur dikarenakan proses pencetakan batu bata dilakukan secara manual.

Batu bata merah ini juga memiliki ukuran yang sama dari semua variasinya, karena memakai satu cetakan yang sama. Ukuran cetakan batu bata merah yang digunakan adalah 240 x 110 x 50 mm, tetapi setelah dikeringkan dan dibakar ukurannya menyusut menjadi 220 x 95 x 45 mm. Menurut standar SNI yang dapat dilihat pada tabel 2.1, ukuran batu bata merah inovasi ini tergolong ke dalam Modul M6-a dengan toleransi ukuran tinggi 52 ± 3 , lebar 110 ± 2 , dan panjang 23 ± 5 . Pada inovasi batu bata ini lebar dan panjangnya memenuhi, akan tetapi tingginya belum memenuhi standar SNI.

4.4.2 Pengujian Densitas Batu Bata Merah

Pengujian densitas pada penelitian ini berpedoman pada SNI-15-2094-2000.

Rumus densitas (kerapatan batu bata merah) dapat dilihat pada persamaan (2):

$$\rho = \frac{m}{V} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

P = Densitas suatu bahan (gr/cm^3)

m = Massa kering benda uji (gr)

V = Volume benda uji (cm^3)

1. Variasi 1

$$\begin{aligned} \text{a.V1A} &= \frac{920 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}} \\ &= 1,03 \text{ gr}/\text{cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b.V1B} &= \frac{940 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}} \\ &= 1,05 \text{ gr}/\text{cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c.V1C} &= \frac{920 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}} \\ &= 1,03 \text{ gr}/\text{cm}^3 \end{aligned}$$

2. Variasi 2

$$\text{a.V2A} = \frac{990 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}}$$

$$= 1,11 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{b.V2B} = \frac{1025 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}}$$

$$= 1,15 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{c.V2C} = \frac{1000 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}}$$

$$= 1,12 \text{ gr/cm}^3$$

3. Variasi 3

$$\text{a.V3A} = \frac{1020 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}}$$

$$= 1,14 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{b.V3B} = \frac{1015 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}}$$

$$= 1,14 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{c.V3C} = \frac{1025 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}}$$

$$= 1,15 \text{ gr/cm}^3$$

4. Variasi 4

$$\text{a.V4A} = \frac{1065 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}}$$

$$= 1,20 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{b.V4B} = \frac{1085 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}}$$

$$= 1,22 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{c.V4C} = \frac{1059 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}}$$

$$= 1,19 \text{ gr/cm}^3$$

5. Variasi 5

$$\text{a.V5A} = \frac{1150 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}}$$

$$= 1,29 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{b.V5B} = \frac{1150 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}}$$

$$= 1,29 \text{ gr/cm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{c.V5C} &= \frac{1145 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}} \\ &= 1,29 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

6. Variasi 6

$$\begin{aligned} \text{a.V6A} &= \frac{1065 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}} \\ &= 1,20 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b.V6B} &= \frac{1045 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}} \\ &= 1,17 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c.V6C} &= \frac{1047 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}} \\ &= 1,18 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

7. Variasi 7

$$\begin{aligned} \text{a.V7A} &= \frac{1155 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}} \\ &= 1,30 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b.V7B} &= \frac{1139 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}} \\ &= 1,28 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c.V7C} &= \frac{1150 \text{ gr}}{22 \times 9,5 \times 4,5 \text{ cm}} \\ &= 1,29 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

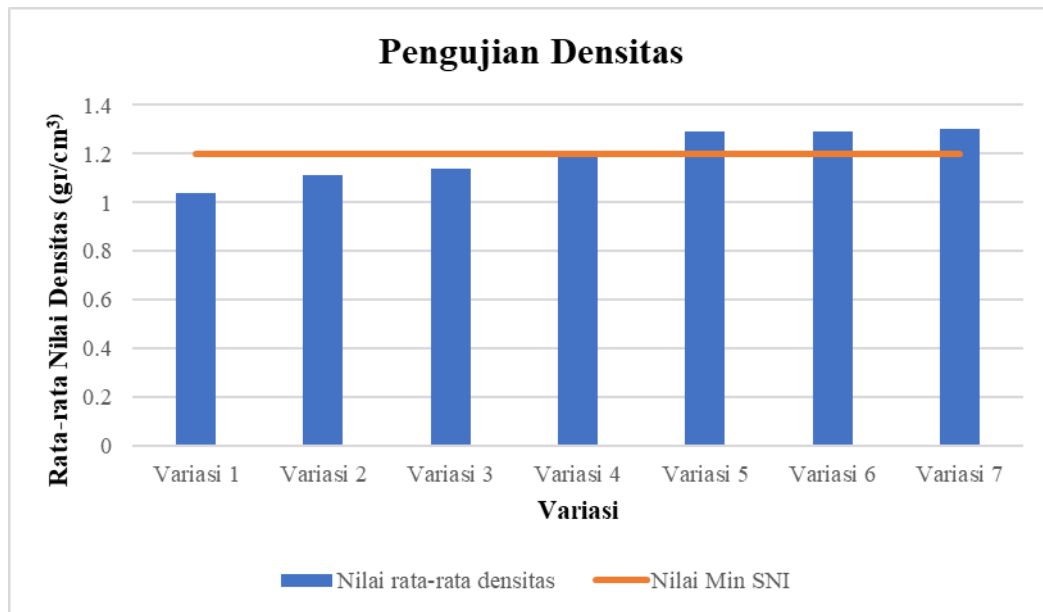
Tabel 4. 3 Nilai Uji Densitas

Variasi	Sampel	Berat Awal (g)	Volume (cm ³)	Massa jenis (g/cm ³)	Nilai Rata-Rata (g/cm ³)
V1	A	920	891	1,03	1,04
	B	940	891	1,05	
	C	920	891	1,03	
V2	A	990	891	1,11	1,11
	B	1025	891	1,15	
	C	1000	891	1,12	
V3	A	1020	891	1,14	1,14
	B	1015	891	1,14	

Variasi	Sampel	Berat Awal (g)	Volume (cm ³)	Massa jenis (g/cm ³)	Nilai Rata-Rata (g/cm ³)
	C	1025	891	1,15	
V4	A	1065	891	1,20	1,20
	B	1085	891	1,22	
	C	1059	891	1,19	
V5	A	1150	891	1,29	1,29
	B	1150	891	1,29	
	C	1145	891	1,29	
V6	A	1065	891	1,20	1,29
	B	1045	891	1,17	
	C	1047	891	1,18	
V7	A	1155	891	1,3	1,3
	B	1140	891	1,28	
	C	1150	891	1,29	

Tabel 4. 4 Nilai Rata-Rata Uji Densitas

Variasi	Nilai Rata-Rata Densitas (gr/cm ³)	SNI 15-2094-2000 (gr/cm ³)	Keterangan
V1	1,04	$\geq 1,2 \text{ gr/cm}^3$	Tidak memenuhi
V2	1,11		Tidak memenuhi
V3	1,14		Tidak memenuhi
V4	1,20		Memenuhi
V5	1,29		Memenuhi
V6	1,29		Memenuhi
V7	1,30		Memenuhi



Grafik 4. 1 Hasil Pengujian Densitas

Berdasarkan pada Grafik 4.1, dapat disimpulkan bahwa pengujian densitas telah dilakukan terhadap seluruh variasi inovasi dengan ukuran 220 x 95 x 45 mm, variasi yang memenuhi standar SNI dengan nilai densitas minimum 1,2 gr/cm³ yaitu variasi 4 sebesar 1,2 gr/cm³, variasi 5 dan 6 sebesar 1,29 gr/cm³, serta variasi 7 sebesar 1,3 gr/cm³. Variasi 7 merupakan variasi terbaik dengan campuran bahan 95% tanah liat, 5% abu bonggol jagung, 5% serbuk cangkang kerang. Nilai densitas terendah pada variasi 1 sebagai batu bata merah konvensional campuran 95% tanah liat dan 5% sekam padi dengan nilai 1,04 gr/cm³.

Berdasarkan hasil penelitian (Kapasiang et al., 2017) nilai densitas berpengaruh terhadap nilai daya serap. Semakin besar nilai densitasnya maka daya serap air semakin kecil karena kerapatannya semakin bagus. Hal ini menunjukkan ketika densitas batu bata meningkat partikel-partikelnya menjadi lebih rapat dan solid, sehingga volume rongga udara di dalamnya berkurang (Wahyuni Ardi et al., 2016). Faktor lain yang dapat menyebabkan nilai densitas atau kerapatan kecil adalah pada saat proses pembuatannya. Pada proses mencetak secara manual batu bata merah harus ditekan dan dipadatkan sehingga tidak ada rongga pada saat batu bata dikeringkan atau dibakar.

4.4.3 Pengujian Daya Serap Air

Uji daya serap air dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan acuan SNI-15-2094-2000, dengan perhitungan menggunakan rumus persamaan (3):

$$\frac{A-B}{B} \times 100\% \dots \dots \dots (3)$$

A = Berat massa basah (gr)

B = Berat massa kering (gr)

1. Variasi 1 (konvensional)

$$\text{a. V1A} = \frac{1200-920}{920} \times 100\%$$

$$= \frac{270}{920} \times 100\%$$

$$= 30.43\%$$

$$\text{b. V1B} = \frac{1230-940}{940} \times 100\%$$

$$= \frac{280}{950} \times 100\%$$

$$= 30.85\%$$

$$\text{c. V1C} = \frac{1190-920}{920} \times 100\%$$

$$= \frac{270}{920} \times 100\%$$

$$= 29.35\%$$

2. Variasi 2

$$\text{a. V2A} = \frac{1280-990}{990} \times 100\%$$

$$= \frac{290}{990} \times 100\%$$

$$= 29,29\%$$

$$\text{b. V2B} = \frac{1310-1025}{1025} \times 100\%$$

$$= \frac{285}{1025} \times 100\%$$

$$= 27,80\%$$

$$\text{c. V2C} = \frac{1295-1000}{1000} \times 100\%$$

$$= \frac{295}{1000} \times 100\%$$

$$= 29,50\%$$

3. Variasi 3

$$\begin{aligned}\text{a. V3A} &= \frac{1260-1020}{1020} \times 100\% \\ &= \frac{240}{1020} \times 100\% \\ &= 23,53\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{b. V3B} &= \frac{1260-1015}{1015} \times 100\% \\ &= \frac{245}{1015} \times 100\% \\ &= 24,14\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{c. V3C} &= \frac{1270-1025}{1025} \times 100\% \\ &= \frac{245}{1025} \times 100\% \\ &= 23,90\%\end{aligned}$$

4. Variasi 4

$$\begin{aligned}\text{a. V4A} &= \frac{1325-1065}{1065} \times 100\% \\ &= \frac{250}{1065} \times 100\% \\ &= 24,41\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{b. V4B} &= \frac{1340-1085}{1085} \times 100\% \\ &= \frac{255}{1085} \times 100\% \\ &= 23,50\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{c. V4C} &= \frac{1320-1059}{1059} \times 100\% \\ &= \frac{261}{1059} \times 100\% \\ &= 24,65\%\end{aligned}$$

5. Variasi 5

$$\begin{aligned}\text{a. V5A} &= \frac{1355-1150}{1150} \times 100\% \\ &= \frac{135}{1150} \times 100\% \\ &= 17,83\%\end{aligned}$$

$$\text{b. V5B} = \frac{1360-1150}{1150} \times 100\%$$

$$= \frac{210}{1150} \times 100\%$$

$$= 18,26\%$$

$$\text{c. V5C} = \frac{1355-1145}{1145} \times 100\%$$

$$= \frac{210}{1145} \times 100\%$$

$$= 18,34\%$$

6. Variasi 6

$$\text{a. V6A} = \frac{1320-1070}{1070} \times 100\%$$

$$= \frac{250}{1070} \times 100\%$$

$$= 23,36\%$$

$$\text{b. V6B} = \frac{1290-1065}{1065} \times 100\%$$

$$= \frac{225}{1065} \times 100\%$$

$$= 21,13\%$$

$$\text{c. V6C} = \frac{1340-1070}{1070} \times 100\%$$

$$= \frac{270}{1070} \times 100\%$$

7. Variasi 7

$$\text{a. V7A} = \frac{1355-1155}{1155} \times 100\%$$

$$= \frac{200}{1155} \times 100\%$$

$$= 17,32\%$$

$$\text{b. V7B} = \frac{1349-1140}{1140} \times 100\%$$

$$= \frac{209}{1140} \times 100\%$$

$$= 17,32\%$$

$$\text{c. V7C} = \frac{1362-1150}{1150} \times 100\%$$

$$= \frac{212}{1150} \times 100\%$$

= 18,43%

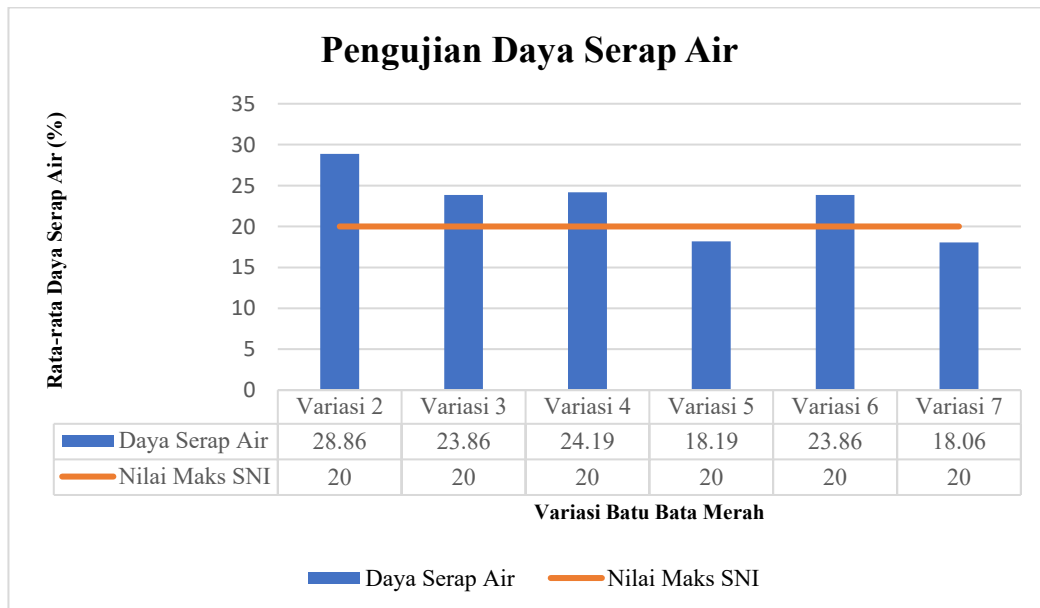
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Daya Serap

Variasi	Kode Variasi	Daya Serap Air	Daya Serap Air rata-rata	SNI 15-2094-2000.
V1	A	30,43%	30,21%	<20%
	B	30.85%		
	C	29,35%		
V2	A	29,29%	28,86%	
	B	27,80%		
	C	29,50%		
V3	A	23,53%	23,86%	
	B	24.14%		
	C	23,90%		
V4	A	24,41%	24,19%	
	B	23,50%		
	C	24,65%		
V5	A	17,83%	18,14%	
	B	18,26%		
	C	18,34%		
V6	A	23,94%	23,85	
	B	22,44%		
	C	24,16%		
V7	A	17,32%	18,06%	
	B	18,33%		
	C	18,43%		

Keterangan:

Variasi terbaik : Variasi 7

Variasi terendah : Variasi 1



Grafik 4. 2 Rata-Rata Daya Serap Air

Berdasarkan Grafik 4.2, dapat disimpulkan bahwa pengujian densitas telah dilakukan terhadap seluruh variasi inovasi dengan ukuran 220 x 95 x 45 mm, variasi yang memenuhi standar SNI dengan daya serap <20% yaitu variasi 5 dan 7. Variasi 5 dengan campuran 95% tanah liat, 1% sekam padi, 4% abu bonggol jagung, 5% serbuk cangkang kerang, dan 0,3 L air memperoleh nilai daya serap sebesar 18,19%, sedangkan variasi terbaik adalah variasi 7 dengan campuran 95% tanah liat, 5% abu bonggol jagung, 5% serbuk cangkang kerang, dan 0,3 L air menghasilkan nilai daya serap sebesar 18,06%. Pengujian daya serap air ini mengacu pada SNI-15-2094-2000. Berdasarkan dari data hasil pengujian daya serap air yang telah dilakukan, inovasi batu bata merah variasi 5 dan 7 memenuhi standar SNI-15-2094-2000, sedangkan variasi 1, 2, 3, 4, dan 6 hasilnya belum memenuhi standar SNI karena memiliki nilai daya serap air >20%.

Setelah melakukan pengujian daya serap ini dapat disimpulkan bahwa semakin banyak campuran abu bonggol jagung dan pengurangan sekam padi membuat nilai daya serap air semakin menurun. Adanya sekam padi pada campuran batu bata merah berpotensi menimbulkan banyak pori-pori (Nugroho et al., 2019b).

Menurut penelitian (Mujedu et al., 2014) abu bonggol jagung mengandung silika sebesar 67,41%. Penambahan silika dapat membuat kedap terhadap air (Fajrin & Pratama, 2016), terbukti dari penurunan daya serap pada batu bata merah variasi 1 hingga 7. Namun, penggunaan abu bonggol jagung tanpa tambahan bahan lain masih menghasilkan batu bata merah dengan daya serap air yang melebihi 20%. Oleh karena itu, pada variasi 5 & 7 dengan penambahan serbuk cangkang kerang 5% daya serap air semakin menurun dan memenuhi standar SNI-15-2094-2000, karena menurut penelitian (Arbi, 2015), serbuk cangkang kerang meresap air lebih sedikit. Kandungan CaO (Kalsium Oksida) sebesar 67,07% dalam serbuk cangkang kerang darah memiliki sifat perekat saat bercampur dengan air (Andika & Safarizki, 2019), sehingga dapat meminimalisir adanya rongga pada batu bata.

4.4.4 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan pada penelitian ini berpedoman pada SNI-15-2094-2000 dengan rumus sebagai berikut:

$$F = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

F = kuat tekan (kg/cm²)

P = beban maksimum (kg)

A = luas rata-rata benda uji (cm²)

1. Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 1

$$F_A = \frac{3568,95}{121} = 29,50 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_B = \frac{3466,98}{121} = 28,65 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_C = \frac{3568,95}{121} = 29,50 \text{ kg/cm}^2$$

2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 2

$$F_A = \frac{3772,89}{121} = 31,18 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_B = \frac{3772,89}{121} = 31,18 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_C = \frac{3874,86}{121} = 32,02 \text{ kg/cm}^2$$

3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 3

$$FA = \frac{3976,83}{121} = 32,87 \text{ kg/cm}^2$$

$$FB = \frac{3976,83}{121} = 32,87 \text{ kg/cm}^2$$

$$FC = \frac{3976,83}{121} = 32,87 \text{ kg/cm}^2$$

4. Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 4

$$FA = \frac{3976,83}{121} = 32,87 \text{ kg/cm}^2$$

$$FB = \frac{3874,86}{121} = 32,02 \text{ kg/cm}^2$$

$$FC = \frac{3874,86}{121} = 32,02 \text{ kg/cm}^2$$

5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 5

$$FA = \frac{5098,5}{121} = 42,14 \text{ kg/cm}^2$$

$$FB = \frac{4996,53}{121} = 41,29 \text{ kg/cm}^2$$

$$FC = \frac{4996,53}{121} = 41,29 \text{ kg/cm}^2$$

6. Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 6

$$FA = \frac{4792,59}{121} = 39,61 \text{ kg/cm}^2$$

$$FB = \frac{4792,59}{121} = 39,61 \text{ kg/cm}^2$$

$$FC = \frac{4792,59}{121} = 39,61 \text{ kg/cm}^2$$

7. Hasil Pengujian Kuat Tekan Variasi 7

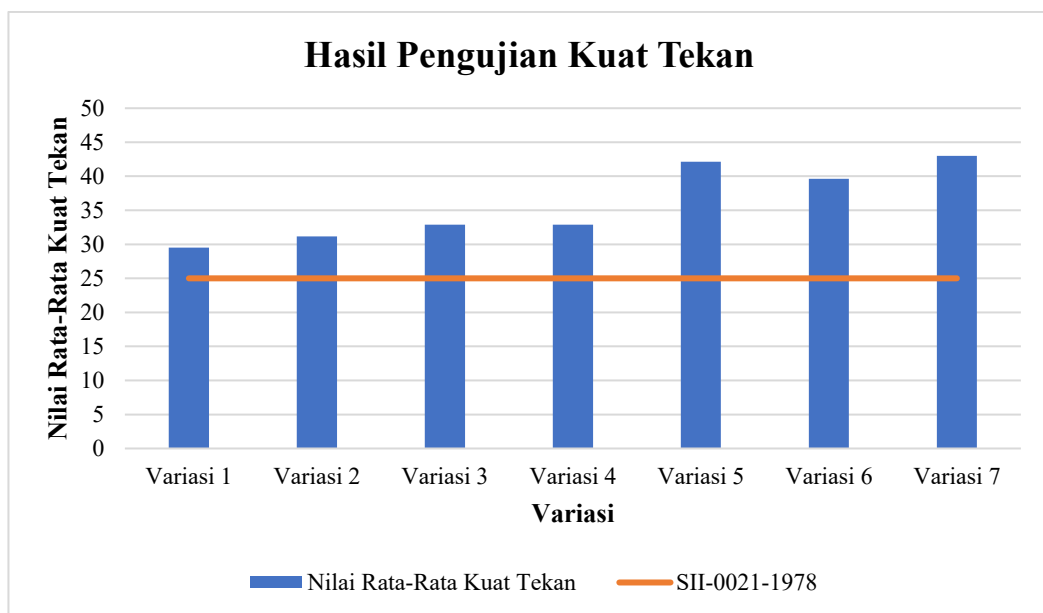
$$FA = \frac{5200,47}{121} = 42,98 \text{ kg/cm}^2$$

$$FB = \frac{5200,47}{121} = 42,98 \text{ kg/cm}^2$$

$$FC = \frac{5200,47}{121} = 42,98 \text{ kg/cm}^2$$

Tabel 4. 6 Nilai Rata-Rata Kuat Tekan

Variasi	Nilai Rata-Rata Kuat Tekan (kg/cm ²)	SII-0021-1978 (kg/cm ²)	Keterangan
V1	29,21	>25 kg/cm ²	Memenuhi
V2	31,46		Memenuhi
V3	32,87		Memenuhi
V4	32,20		Memenuhi
V5	41,57		Memenuhi
V6	39,61		Memenuhi
V7	42,98		Memenuhi



Grafik 4. 3 Hasil Pengujian Kuat Tekan

Berdasarkan Grafik 4.3, hasil pengujian kuat tekan pada masing-masing benda uji dengan ukuran 220 x 95 x 45 mm menunjukkan bahwa seluruh variasi telah dianalisis, menghasilkan kuat tekan paling tinggi terdapat pada variasi 7 dengan campuran 95% tanah liat, 5% abu bonggol jagung, 5% serbuk cangkang kerang, dan 0,3 L air menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 42,98 kg/cm², sedangkan variasi dengan nilai kuat tekan terendah yaitu variasi 1 sebesar 29,21 kg/cm² sebagai batu bata merah konvensional. Pengujian kuat tekan ini mengacu pada SNI-15-2094-2000. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan semua variasi

memenuhi SII-0021-1978 yaitu $>25 \text{ kg/cm}^2$ menurut tabel 2.2 halaman 14 , tetapi hanya mencapai kuat tekan mutu tingkat III menurut SNI-15-2094-2000.

Setelah melakukan pengujian kuat tekan ini dapat disimpulkan bahwa terjadinya kenaikan nilai kuat tekan dari batu bata konvensional dengan batu bata inovasi. Nilai kuat tekan pada variasi 1 sebesar $29,50 \text{ kg/cm}^2$, sedangkan pada variasi 2 meningkat 5,70%, variasi 3 dan 4 11,42%, variasi 5 42,85%, variasi 6 34,25%, dan variasi 7 45,68%.

Berdasarkan hasil penelitian (Arbi, 2015) Nilai kuat tekan optimum tercapai pada penambahan serbuk cangkang kerang darah sebesar 5%. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa penambahan serbuk cangkang kerang darah sebesar 5% pada penelitian ini dapat menambah kuat tekan pada batu bata merah. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Andika & Safarizki, 2019), kandungan senyawa CaO (Kalsium Oksida) sebesar 67,07% dan MgO (Magnesium Oksida) sebesar 22,65% dalam serbuk cangkang kerang darah, apabila digunakan dalam proporsi yang tepat dapat meningkatkan kuat tekan. Hal ini disebabkan oleh senyawa CaO yang menghasilkan energi panas selama proses reaksi.

Selain pengaruh dari penambahan serbuk cangkang kerang darah, abu bonggol jagung juga berperan signifikan dalam meningkatkan kuat tekan batu bata merah pada inovasi ini. Semakin rendah daya serap air batu bata, maka semakin tinggi nilai kuat tekannya, karena kedua sifat tersebut memiliki hubungan yang berbanding terbalik (Dian Ardhiansyah, 2018).

4.5 Analisis Biaya

Pada penelitian ini diperlukan adanya analisa biaya pembuatan bata merah konvensional dengan inovasi batu bata merah sebagai perbandingan. Perhitungan volume bahan yang digunakan menggunakan ukuran batu bata merah $220 \times 90 \times 45 \text{ mm}$. Satuan yang harga yang digunakan adalah hasil dari wawancara langsung pemilik usaha produksi batu bata merah konvensional. Tanah liat yang digunakan didapatkan langsung dari tempat produksi batu bata merah yang berada di daerah Kecamatan Mranggen Kabupaten Demak dengan harga Rp.150,-/kg. Lalu abu bonggol jagung di ambil dari sisa panen para petani di daerah Ungaran Kabupaten Semarang dengan harga Rp. 1.000,-/kg. sedangkan untuk limbah cangkang kerang

diambil dari restoran *seafood* yang berada di daerah Tembalang Kota Semarang dengan harga Rp. 0,-/kg. Biaya pembuatan batu bata merah konvensional dapat dilihat berdasarkan tabel 4.7 dibawah:

Tabel 4. 7 Analisa Biaya Variasi 1

Rincian Harga Pembuatan Batu Bata Merah				
Bahan	Kebutuhan	Satuan	Harga Di Pasaran (Rp)	Harga Total (Rp)
Tanah Liat	2,185	Kg	Rp. 150,-	Rp 327.75,-
Sekam Padi	0,115	Kg	Rp. 500,-	Rp. 57.5,-
Air	0,3	L	-	-
Total Harga Kebutuhan Bahan				Rp. 385.25,-
Pekerja	Harga Per batu bata			Rp. 214,75-
Total Biaya Produksi				Rp. 600,-

Biaya produksi batu bata merah dengan inovasi campuran substitusi abu bonggol jagung dan serbuk cangkang kerang sebagai bahan tambahan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 8 Analisa Biaya Variasi 2

Rincian Harga Pembuatan Bata Merah Dengan Campuran Variasi 2				
Bahan	Kebutuhan	Satuan	Harga Di Pasaran (Rp)	Harga Total (Rp)
Tanah Liat	2,185	Kg	Rp. 150,-	Rp 327.75,-
Sekam Padi	0,046	Kg	Rp. 500,-	Rp. 23,-
Abu Bonggol jagung	0,069	Kg	Rp. 1.000,-	Rp. 69,-
Serbuk Cangkang Kerang	0	kg	Rp. 0,-	
Air	0,3	L	-	-
Total Harga Kebutuhan Bahan				Rp. 419,75,-
Pekerja	Harga Per batu bata			Rp. 200,-
Total Biaya Produksi				Rp. 619,75,-

Tabel 4. 9 Analisa Biaya Variasi 3

Rincian Harga Pembuatan Bata Merah Dengan Campuran Variasi 3				
Bahan	Kebutuhan	Satuan	Harga Di Pasaran (Rp)	Harga Total (Rp)
Tanah Liat	2,185	Kg	Rp. 150,-	Rp 327.75,-
Sekam Padi	0,046	Kg	Rp. 500,-	Rp. 23,-
Abu Bonggol jagung	0,069	Kg	Rp. 1.000,-	Rp. 69,-
Serbuk Cangkang Kerang	0,115	kg	Rp. 0,-	
Air	0,3	L	-	-
Total Harga Kebutuhan Bahan				Rp. 419,75,-
Pekerja	Harga Per batu bata			Rp. 200,-
Total Biaya Produksi				Rp. 619,75,-

Tabel 4. 10 Analisa Biaya Variasi 4

Rician Harga Pembuatan Bata Merah Dengan Campuran Variasi 4				
Bahan	Kebutuhan	Satuan	Harga Di Pasaran (Rp)	Harga Total (Rp)
Tanah Liat	2,185	Kg	Rp. 150,-	Rp 327.75,-
Sekam Padi	0,023	Kg	Rp. 500,-	Rp. 11,5,-
Abu Bonggol jagung	0,092	Kg	Rp. 1.000,-	Rp. 92,-
Serbuk Cangkang Kerang	0	kg	Rp. 0,-	Rp. 0,-
Air	0,3	L	-	-
Total Harga Kebutuhan Bahan				Rp. 431.25,-
Pekerja	Harga Per batu bata			Rp. 200-
Total Biaya Produksi				Rp. 631,25,-

Tabel 4. 11 Analisa Biaya Variasi 5

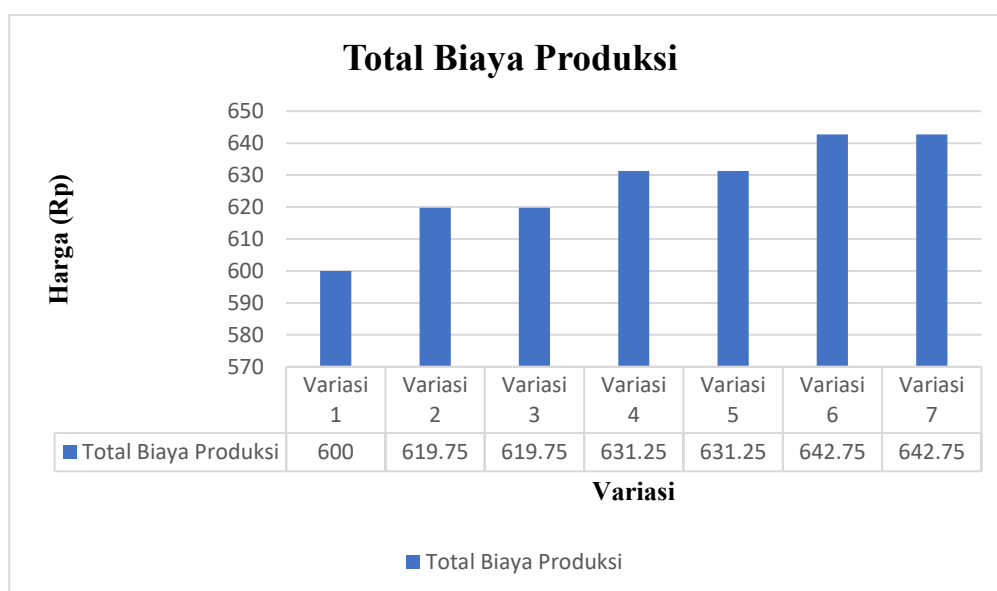
Rician Harga Pembuatan Bata Merah Dengan Campuran Variasi 5				
Bahan	Kebutuhan	Satuan	Harga Di Pasaran (Rp)	Harga Total (Rp)
Tanah Liat	2,185	Kg	Rp. 150,-	Rp 327.75,-
Sekam Padi	0,023	Kg	Rp. 500,-	Rp. 11,5,-
Abu Bonggol jagung	0,092	Kg	Rp. 1.000,-	Rp. 92,-
Serbuk Cangkang Kerang	0,115	kg	Rp. 0,-	Rp. 0,-
Air	0,3	L	-	-
Total Harga Kebutuhan Bahan				Rp. 431.25,-
Pekerja	Harga Per batu bata			Rp. 200-
Total Biaya Produksi				Rp. 631,25,-

Tabel 4. 12 Analisa Biaya Variasi 6

Rincian Harga Pembuatan Bata Merah Dengan Campuran Variasi 6				
Bahan	Kebutuhan	Satuan	Harga Di Pasaran (Rp)	Harga Total (Rp)
Tanah Liat	2,185	Kg	Rp. 150,-	Rp 327.75,-
Sekam Padi	0	Kg	Rp. 500,-	Rp. 0,-
Abu Bonggol jagung	0,115	Kg	Rp. 1.000,-	Rp. 115,-
Serbuk Cangkang Kerang	0	kg	Rp. 0,-	Rp. 0,-
Air	0,3	L	-	-
Total Biaya Material				Rp. 442.75,-
Upah	Per batu bata			Rp. 200-
Total Biaya Produksi				Rp. 642,75,-

Tabel 4. 13 Analisa Biaya Variasi 7

Rincian Harga Pembuatan Bata Merah Dengan Campuran Variasi 7				
Bahan	Kebutuhan	Satuan	Harga Di Pasaran (Rp)	Harga Total (Rp)
Tanah Liat	2,185	Kg	Rp. 150,-	Rp 327.75,-
Sekam Padi	0	Kg	Rp. 500,-	Rp. 0,-
Abu Bonggol jagung	0,115	Kg	Rp. 1.000,-	Rp. 115,-
Serbuk Cangkang Kerang	0,115	kg	Rp. 0,-	Rp. 0,-
Air	0,3	L	-	-
Total Biaya Material				Rp. 442.75,-
Upah	Per batu bata			Rp. 200-
Total Biaya Produksi				Rp. 642,75,-



Grafik 4. 4 Harga Biaya Produksi

Dapat dilihat pada grafik 4.4 harga produksi untuk satu batu bata merah konvensional yang dijual di pasaran dengan ukuran 220 x 90 x 45 mm sebesar Rp. 600,-, sedangkan biaya produksi dari inovasi batu bata merah menggunakan campuran abu bonggol jagung dan serbuk cangkang kerang sebagai bahan tambah dengan ukuran 220 x 90 x 45 mm sebesar Rp. 619,75,- untuk variasi 1 dan variasi

2, Rp. 631,25,- untuk variasi 3 dan variasi 4, dan Rp. 642,75 untuk variasi 6 dan variasi 7. Dengan demikian, biaya produksi batu bata merah inovatif yang menggunakan campuran abu bonggol jagung dan serbuk cangkang kerang sebagai bahan tambahan memiliki harga lebih tinggi dibandingkan dengan batu bata merah konvensional di pasaran. Selisih harga tercatat sebesar Rp 19,75,- untuk variasi 2 dan 3, Rp 31,25,- untuk variasi 4 dan 5, serta Rp 42,75,- untuk variasi 6 dan 7.

4.6 Persentase Optimum

Persentase optimum yang dihasilkan dari pengujian densitas, daya serap air dan kuat tekan pada inovasi batu bata merah didapatkan pada variasi 7, dengan bahan campuran 95% tanah liat, 5% abu bonggol jagung, dan 5% serbuk cangkang kerang darah. Hasil pengujian densitas didapatkan hasil 1,3 gr/cm³, daya serap air 18,04%, dan kuat tekan sebesar 42,98 kg/cm².

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian terkait pengaruh abu bonggol jagung dan serbuk cangkang kerang darah terhadap mutu batu bata merah, dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Penggunaan substitusi abu bonggol jagung sebagai dan serbuk cangkang kerang darah sebagai bahan tambahan berpengaruh terhadap peningkatan kualitas batu bata merah, antara lain dengan menurunkan daya serap air, meningkatkan kuat tekan, serta memenuhi standar nilai densitas. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa batu bata merah yang dihasilkan telah memenuhi standar SNI-15-2094-2000 untuk nilai densitasnya pada variasi 4,5,6,7 seperti pada tabel 4. 4 halaman 56 dan daya serap air $<20\%$ pada variasi 5 dan 7 yang dapat dilihat pada tabel 4. 5 halaman 60-61. Berdasarkan hasil pengujian, kuat tekan batu bata merah pada seluruh variasi memenuhi standar SII-0021-1978, dengan nilai $>25 \text{ kg/cm}^2$, dapat dilihat pada Tabel 4.6 di halaman 64.
2. Persentase komposisi optimum pada inovasi batu bata merah diperoleh pada variasi 7, yang terdiri atas 95% tanah liat, 5% abu bonggol jagung, dan 5% serbuk cangkang kerang darah. Variasi ini memiliki nilai daya serap 18,04%, nilai densitas $1,3 \text{ gr/cm}^3$, dan nilai kuat tekan sebesar $42,98 \text{ kg/cm}^2$. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa inovasi batu bata merah ini menunjukkan kualitas yang lebih baik dibandingkan batu bata merah konvensional berbahan campuran tanah liat dan sekam padi.
3. Substitusi abu bonggol jagung terbukti dapat menurunkan daya serap air karena semakin berkurangnya sekam padi membuat batu bata lebih padat dan tidak berongga, tetapi daya serap airnya belum memenuhi standar SNI-15-2094-2000 yaitu $<20\%$. Pada variasi dengan penambahan serbuk cangkang kerang darah, daya serap air semakin menurun pada variasi 5 dan 7 dengan nilai sebesar 18,19% dan 18,06%. Oleh karena itu dapat

disimpulkan bahwa variasi dengan penambahan serbuk cangkang kerang efektif menurunkan daya serap air dan menaikkan kuat tekan batu bata merah.

4. Biaya produksi batu bata merah inovatif yang menggunakan campuran abu bonggol jagung dan serbuk cangkang kerang darah sebagai bahan tambahan cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan batu bata merah konvensional sebesar Rp 600,- yang ada dipasaran dengan selisih Rp 19,75,- untuk variasi 2 dan variasi 3, Rp 31,25,- untuk variasi 4 dan variasi 5, dan Rp 42,75 untuk variasi 6 dan variasi 7 berdasarkan tabel 4.14 pada halaman 69.

5.2 Saran

Di bawah ini merupakan saran untuk penelitian selanjutnya agar dapat menghasilkan batu bata merah dengan mutu yang optimum:

1. Diharapkan penelitian selanjutnya dapat mencetak batu bata dengan mesin *press* agar menghasilkan batu bata merah dengan kepadatan yang sama.
2. Diharapkan penelitian selanjutnya dapat menggunakan campuran lain untuk mendapatkan kualitas yang lebih baik, serta dapat memanfaatkan bahan yang lebih ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

- Andika, R., & Safarizki, A. (2019). PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG KERANG DARA (ANADARA GRANOSA) SEBAGAI BAHAN TAMBAH DAN KOMPLEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON NORMAL. In *Jurnal Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil (MoDuluS)* (Vol. 1, Issue 1). www.wikipedia.
- Apsari, W. (2020, August 19). *Pemanfaatan Limbah Perikanan Wujudkan Konsep Ekonomi Biru*.
- Arbi, M. H. (2015). *PENGARUH SUBSTITUSI CANGKANG KERANG DENGAN AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN BETON* (Vol. 15, Issue 15).
- Ardi, W. A. (2016). *UJI KUAT TEKAN, DAYA SERAP AIR DAN DENSITAS MATERIAL BATU BATA DENGAN PENAMBAHAN AGREGAT LIMBAH BOTOL KACA*.
- Basit, A. (2020). IMPLEMENTASI ALGORITMA NAIVE BAYES UNTUK MEMPREDIKSI HASIL PANEN PADI. *Jurnal Teknik Informatika Kaputama (JTIK)*, 4(2).
- Basry, W., & Amir, Y. M. (2019). Peningkatan Kualitas Batako dengan Penambahan Abu Sekam Padi. *Siimo Engineering*, 3(1).
- Devi Hartaji, Y., Rayhan, A., & Susanti, R. (2025). *Jurnal Sipil dan Arsitektur Pemanfaatan limbah abu sekam dan bonggol jagung sebagai bahan tambah dalam proses pembuatan genteng beton*. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/pilars>
- Dian Ardiansyah, M. (2018). *PENGARUH PEMANFAATAN SABUT KELAPA SEBAGAI MATERIAL SERAT TERHADAP KUAT TEKAN DAN DAYA SERAP BETON*.
- Dwi Nata, O., & Dharmawansyah, D. (n.d.). HEXAGON (Jurnal Teknik dan Sains) PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH ABU CANGKANG KEMIRI DAN ABU BONGGOL JAGUNG TERHADAP UJI KUAT TEKAN PADA PAVING BLOCK. 2024, 5(2), 2721–3714.
- Fajrin, J., & Pratama, G. (2016). *Aplikasi Metode Analysis of Variance (Anova) Untuk Mengkaji Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Mortar*. <https://doi.org/10.25077/jts.12.1.11-23.2016>
- Fathurrahman, M., Suhendar, U., Iryani, A., Widiastuti, D., Ahmad, S. N., & Juniar, E. (2022). Sintesis dan Karakterisasi Komposit Eugenol-Silika Gel dari Abu Tongkol Jagung serta Analisis Antibakteri dan Daya Serap terhadap Air. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 18(1), 10. <https://doi.org/10.20961/alchemy.18.1.47161.10-18>

- Fauziah, N., Risdianto, Y., Imaduddin, M., Kunci, K., Ringan Seluler, B., Agent, F., & Cangkang Kerang Darah, S. (2019). *STUDI PENGGUNAAN SERBUK CANGKANG KERANG DARAH PADA PEMBUATAN BETON RINGAN SELULER DENGAN FOAM AGENT PADA APLIKASI DINDING*.
- Febriati, E., Novita Sari, F., Firdayanti, E., Muchtar Ashari, I., & Mulyanti, H. (2019). OPTIMALISASI PEMANFAATAN LIMBAH BONGGOL JAGUNG UNTUK BUDIDAYA JAMUR MERANG BAGI PEMUDA DESA TAMBAKMERAK KABUPATEN BOJONEGORO. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(2).
- Firnas, D. N., & Mahardhika, G. (2023). *PENGARUH LIMBAH SERBUK KAYU SEBAGAI PENGGANTI SEKAM PADI DAN BAHAN TAMBAH LIMBAH POLYPROPYLENE TERHADAP KUALITAS BATU BATA MERAH*.
- Hasil, J., Fisika, P. B., Zebua, D., Sinulingga, K., Fisika, J., Matematika, F., Ilmu, D., & Alam, P. (2018). JURNAL EINSTEIN PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI CAMPURAN TERHADAP KEKUATAN BATU BATA. In 2018. <http://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/einstene-issn:2407-747x,p-issn2338-1981>
- Hastutiningrum, S. (2013). *200 PROSES PEMBUATAN BATU BATA BERPORI DARI TANAH LIAT DAN KACA*.
- Herwanto, H. W., Widiyaningtyas, T., & Indriana, P. (2019). Penerapan Algoritme Linear Regression untuk Prediksi Hasil Panen Tanaman Padi. In *JNTETI* (Vol. 8, Issue 4).
- Jhon, M., Sianturi, M., Supriyadi, A., & Sutandar, E. (2016). *STUDI PENGGUNAAN CANGKANG KERANG SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT HALUS PADA MORTAR*.
- Kapasiang, T., Bukit, M., Tarigan, J., & Fisika, J. (2017). PENENTUAN MORFOLOGI PERMUKAAN DAN SIFAT FISIS SERTA SIFAT MEKANIK BATU BATA ASAL TANAH MERAH KABUPATEN KUPANG NUSA TENGGARA TIMUR. In *Jurnal Fisika Sains dan Aplikasinya* (Vol. 2, Issue 2).
- Kawa, E., Bukit, M., & Zicko Johannes, A. (2018). PENENTUAN SIFAT MEKANIS DAN FISIS BATU BATA DENGAN PENAMBAHAN ARANG TEMPURUNG KELAPA ASAL ALOR. In 2018.
- Khoufi As, F., Novareza, O., & Budi Santoso, P. (2017). PENINGKATAN KUALITAS PRODUK BATU BATA MERAH DENGAN MEMANFAATKAN LIMBAH ABU SERAT SABUT KELAPA DAN ABU SERBUK GERGAJI. In *Universitas Brawijaya Malang Jl. Mayjend Haryono No. 167 Malang Telp* (Issue 0341).

- Maharani, S. (2021). *PENGARUH PENGGUNAAN ABU BONGGOL JAGUNG 5%, 7.5% DAN 10% SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN BETON f'_c 14.53 MPa*.
- Mujedu, K. A., Adebara, S. A., & Lamidi, I. O. (2014). The Use of Corn Cob Ash and Saw Dust Ash as Cement Replacement in Concrete Works. In *The International Journal Of Engineering And Science (IJES)* ||. www.theijes.com
- Mulya, Di. P. (2019). ANALISA DAN IMPLEMENTASI ASSOCIATION RULE DENGAN ALGORITMA FP-GROWTH DALAM SELEKSI PEMBELIAN TANAH LIAT (STUDI KASUS DI PT. ANVEVE ISMI BERJAYA). *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Bisnis*, 1(1), 47–57. <https://doi.org/10.47233/jteksis.v1i1.6>
- Nugroho, D., Andi Saputra, A., Kunci, K., Bata, B., Sekam Padi, A., Bakar, S., Garam, K., Serap Air, D., & Tekan, K. (2019a). PENGARUH CAMPURAN ABU SEKAM PADI TERHADAP KUALITAS BATA MERAH DI DESA TEGALOMBO, KECAMATAN DUKUHSETI, KABUPATEN PATI. *KEILMUAN DAN TERAPAN TEKNIK*.
- Nugroho, D., Andi Saputra, A., Kunci, K., Bata, B., Sekam Padi, A., Bakar, S., Garam, K., Serap Air, D., & Tekan, K. (2019b). *PENGARUH CAMPURAN ABU SEKAM PADI TERHADAP KUALITAS BATA MERAH DI DESA TEGALOMBO, KECAMATAN DUKUHSETI, KABUPATEN PATI*.
- Pratama, F. U., Rahmawati, W., Wisnu, F. K., & Suharyatun, S. (2023). Pemanfaatan Bonggol Jagung Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Paving block Porous. *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*, 2(3), 345. <https://doi.org/10.23960/jabe.v2i3.7891>
- Pratama, R. O. (2022). *THE EFFECT OF ADDING CORN COB ASH TO PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF MORTAR*.
- Rori, G., Walangitan, D. R. O., & Inkiriwang, R. L. (2020). Analisa Perbandingan Biaya Material Pekerjaan Pasangan Dinding Bata Merah dengan Bata Ringan. *Jurnal Sipil Statik*.
- Ruhlessin, F. M., & Alexander, B. H. (2021, December 14). Jenis-jenis Batu Bata yang Sering digunakan Di Indonesia. *Kompas.Com*.
- SAINTEK Patompo, J., Khatimah, H., Rauf, B., & Yafendi, R. (2023). *Analisis Variasi Komposisi Abu Sekam Padi Terhadap Penyerapan Air Bata Merah Pejal*.

- Simanjuntak, O. J., Saragi, E. T., & Lumbangaol Teknila Belinaula. (2020). *BETON BERTULANG DAN RAMAH LINGKUNGAN DENGAN MEMANFAATKAN LIMBAH TONGKOL JAGUNG*.
SNI-15-2094-2000. (n.d.).
- Sulistia. (2023). *ANALISIS PERBANDINGAN KUAT TEKAN, DAYA SERAP, DAN DENSITAS BATU BATA MERAH*. 17.
- Vilpa, A. (2021). *PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH CANGKANG KERANG SEBAGAI PENGANTI AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN*.
- Wahyudi, Y., Amrullah, S., & Oktaviananda, C. (2022). Characteristics of Briquettes Made from Corn Cobs Based on Variations Amount of Adhesive. In *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)* (Vol. 4, Issue 2).
- Wahyuni Ardi, A., Muh Said, dan L., Fisika, J., Sains dan Teknologi, F., & Alauddin Makassar, U. (2016). UJI KUAT TEKAN, DAYA SERAP AIR DAN DENSITAS MATERIAL BATU BATA DENGAN PENAMBAHAN AGREGAT LIMBAH BOTOL KACA. In *JFT. No.1* (Vol. 3).
- Yandip. (2017, April 1). Perajin Batu Bata Merah Masih Bertahan di Tengah Gempuran Bata Ringan. *Jatengprov.Go.Id*.

LAMPIRAN



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEKOLAH VOKASI
HIMPUNAN MAHASISWA SIPIL ARSITEKTUR
Jalan Prof. Sudharto, SH. Tembalang – Semarang, 50275



LEMBAR ASISTENSI

Nama : NAJEELINA PUTRI ADISTI, M AROHANSYAH SOFYAN YAGUB
NIM : 40030521650071 & 40030521650095
Mata Kuliah : TUGAS AKHIR
Dosen : SHIFA FAUZIYAH S.T., M.T
Dosen : FAROZANELA SUWARTO, S.T., M.Sc., Ph.D

No	Tanggal	Uraian	Paraf
	17/4/2025	⓪ Peruntukan bata merah kelas 1 untuk apa ? ⓪ Perdalam. literature review.	Shifa
	22/4/2025	⓪ Perbaiki variasi ⓪ Ke Pnbg ?	Shifa
	24/04/2025	⓪ Penulisan sitasi ⓪ Deskripsi pengujian ⓪ Kalimat penghubung dim latar belakang ⓪ Tabel penelitian terdahulu	Fur
	4 Juni 2025	- Perbaiki pembahasan - Hki & Publikasi	Shifa
	4 Juni 2025	Caporan Ok! Substansi ok Perbaiki format penulisan	Shifa Fur