



**KARAKTERISTIK KUAT TEKAN PAVING BLOCK DENGAN  
SUBSTITUSI SERBUK LIMBAH GENTENG SEBAGAI  
MATERIAL POZZOLAND AKTIF DENGAN PARAMETER  
VARIASI SUHU**

**TUGAS AKHIR**

oleh :

**Rossy Nain Nopan Juwari**

**141910301100**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**



**KARAKTERISTIK KUAT TEKAN PAVING BLOCK DENGAN  
SUBSTITUSI SERBUK LIMBAH GENTENG SEBAGAI  
MATERIAL POZZOLAND AKTIF DENGAN PARAMETER  
VARIASI SUHU**

**TUGAS AKHIR**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

oleh:

**Rossy Nain Nopan Juwari**

**141910301100**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2018**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan dan dedikasikan kepada :

1. Keluarga saya, bapak Juwari dan ibu Rusmilawati serta adikku Widia yang tidak henti-hentinya memberikan do'a, semangat dan dukungan finansial.
2. Pak Putra selaku dosen akademik sekaligus menjadi saudara baru selama belajar di Universitas Jember yang selalu memberi motivasi dan bekal sebelum mandiri diluar kampus.
3. Tim Penelitian Struktur Beton, Muhammad Rizqi, Amalia mufida, Muh. Fadli Yusriansyah, Imam Junaidi dan Anindia N yang mau bersusah payah saling bersama mebantunya demi mewujudkan gelas S.T.
4. Nur dan Ana yang banyak membantu selama proses perkuliahan dari mulai menyelesaikan tugas kecil, tugas besar, uts hingga uas.
5. Teman-teman seperjuangan mahasiswa Teknik Sipil 2014.
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

## MOTTO

” Sesungguhnya Allah tidak merubah keadaan suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri.

(terjemahan Surat *Ar-Rad* ayat 11) \*)

Atau

“Barang siapa menempuh suatu jalan untuk mencari ilmu, maka Allah memudahkannya mendapat jalan ke syurga”.

(H.R. Muslim)

---

\*) Abu Zaid Amir, 2018. *Motto Hidup Islami Dari Al Quran dan Hadits yang Paling Menginspirasi*. Bandar Lampung

\*\*\*) Muhammad Abduh Tuasikal, MSc, 2015. *Menuntut Ilmu, Jalan Paling Cepat Menuju Surga*. rumaysho.com

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rossy Nain Nopan Juwari

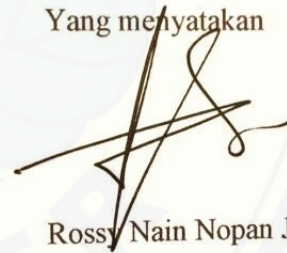
NIM : 141910301100

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul ” Karakteristik Kuat Tekan *Paving Block* dengan Substitusi Serbuk Limbah Genteng sebagai Material Pozzoland Aktif dengan Parameter Variasi Suhu” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 16 Juli 2018

Yang menyatakan



Rossy Nain Nopan Juwari

NIM. 141910301100

**TUGAS AKHIR**

**KARAKTERISTIK KUAT TEKAN PAVING BLOCK DENGAN  
SUBSTITUSI SERBUK LIMBAH GENTENG SEBAGAI  
MATERIAL POZZOLAND AKTIF DENGAN PARAMETER  
VARIASI SUHU**

oleh:

Rossy Nain Nopan Juwari

141910301100

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dwi Nurtanto, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Nanin Meyfa Utami, S.T.,M.T

**PENGESAHAN**

Skripsi yang berjudul "Karakteristik Kuat Tekan *Paving Block* dengan Substitusi Serbuk Limbah Genteng sebagai Material Pozzoland Aktif dengan Parameter Variasi Suhu" telah di uji dan di sahkan pada :

Hari : Senin

Tanggal : 16 Juli 2018

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Pembimbing:

Pembimbing Utama



Dwi Nurtanto, S.T., M.T.  
NIP. 19731015 199802 1 001

Pembimbing Anggota



Nanin Meyfa Utami, S.T., M.T.  
NIP. 760014641

Tim Penguji:

Penguji 1,



Ir. Hernu Suyoso, M.T.  
NIP. 1955111 198702 1 001

Penguji 2,



Winda Tri Wahyuningtyas, ST., M.T  
NIP. 760016772

Mengesahkan,

Dekan,



Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M  
NIP. 19661215 199503 2 001

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M  
NIP. 19661215 199503 2 001

## RINGKASAN

### **Karakteristik Kuat Tekan *Paving Block* dengan Substitusi Serbuk Limbah Genteng sebagai Material Pozzoland Aktif dengan Parameter Variasi Suhu;**

Rossy Nain Nopan Juwari, 141910301100; 2018: 93 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Universitas Jember.

Perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi di Indonesia semakin mengalami perkembangan. Hal ini karena tuntutan dan kebutuhan masyarakat akan fasilitas infrastruktur yang terus meningkat, khususnya dalam bidang transportasi yaitu bahan perkerasan jalan. Oleh karena itu *paving block* dipilih sebagai bahan utamanya karena dinilai lebih terjangkau harganya, cepat dalam pelaksanaannya, baik dalam segi estetika dan sangat baik dalam membantu konservasi air tanah. *Paving block* terdiri dari semen, pasir dan air. Maka dari itu inovasi yang akan dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan penggunaan limbah serbuk genteng sebagai material pozzolan aktif pada pembuatan *paving block*.

Berdasarkan penelitian sebelumnya (Ridwan, 2017) melakukan penelitian tentang limbah serbuk genteng press dibakar pada suhu 700°C. Namun hasil penelitian tersebut belum maksimal karena serbuk genteng yang digunakan belum bisa menggantikan penggunaan semen, karena serbuk genteng yang digunakan masih menjadi *filler* karena sifatnya yang belum reaktif pada suhu 700°C. Maka dari itu pada penelitian ini akan menambah suhu bakar pada limbah serbuk genteng press menjadi 750 °C, 800°C, 850 °C dan 900°C untuk mengetahui suhu pembakaran optimal dalam mendapatkan senyawa yang mendekati semen dan kereaktifan bahan.

Pengujian yang dilakukan pada penelitian adalah penyerapan air dan kuat tekan *paving block*, seiring dengan prosentase substitusi serbuk genteng sebesar 0%, 5%, 7,5% dan 10% dari berat semen yang direncanakan. Limbah serbuk genteng sebelumnya dibakar dengan suhu antara 750 °C, 800°C, 850 °C dan 900°C selama 5 jam lalu dilakukan pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui kandungan senyawa kimiawi dan kristalisasi pada bahan tersebut.



Hasil pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD) diketahui bahwa serbuk genteng yang dibakar dengan suhu 750 °C dan 800°C menunjukkan puncak tertinggi terdapat mineral Quartz, Labradorite dan Hematite. Pada suhu 850°C menunjukkan puncak tertinggi terdapat mineral Iron Oxide, Quartz, Anorthite dan Forsterite. Kemudian pada suhu 900°C menunjukkan hasil mineral seperti Quartz Hematite, Anorthite, dan Forsterite.

Pengujian kuat tekan paving block pada umur 28 hari dengan benda uji kubus 6 cm x 10,5 cm x 21 cm dapat disimpulkan bahwa, seiring penambahan jumlah prosentase dari 0%, 5%, 7,5% dan 10% serbuk genteng membuat kuat tekan paving block menjadi semakin menurun pada setiap prosentase penambahannya. Namun, meningkat pada setiap variasi suhunya dari 750 °C, 800 °C, 850 °C dan 900 °C. Sedangkan pada pengujian penyerapan air pada setiap penambahan jumlah prosentase dari 0%, 5%, 7,5% dan 10% serbuk genteng membuat daya resapnya semakin tinggi. Data penyerapan ini juga mendukung hasil pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) dimana pada setiap substitusi prosentase serbuk genteng dari berat semen membuat daya ikat campuran *paving block* semakin menurun dan cenderung membentuk semakin banyak rongga yang membuat kuat tekan *paving block* menjadi menurun.

## SUMMARY

**Characteristic of Compressive Strength on the *Paving Block* with Substitution of Pild Waste Tile as a Material Active Pozzoland with Variation of Temperature Parameters;** Rossy Nain Nopan Juwari, 141910301100; 2018: 93 page; Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

The development of technology in the field of construction in Indonesia is growing. This is because of the need for facilities that continue to increase, especially in the field of transportation of pavement material. Therefore, *paving blocks* are chosen as materials because they are more affordable, fast in their implementation, both in aesthetic and very good in helping to conserve the water. *Paving blocks* consist of semen, sand, and water. Therefore innovation that will be done in this research is to use technology as an active ingredient in making *block paving*.

Based on previous research (Ridwan, 2017) conducted research on waste powder pressed tile press at a temperature of 700°C. However, the results of this research have not been maximized because the tile powder used cannot replace the use of cement, because the powder is used as a filler because it is not reactive at 700°C. Therefore, in this study will increase the fuel temperature in the waste powder tile press to 750 °C, 800°C, 850 °C and 900°C to determine the optimal combustion temperature in obtaining compounds close to cement and reactivity of the material.

Tests conducted in this research are water absorption and compressive strength of paving block, along with the percentage of tile powder substitution of 0%, 5%, 7,5% and 10% of cement weight planned. Waste of previous tile powder was burned with the temperature between 750 °C, 800°C, 850 °C and 900°C for 5 hours and then tested X-Ray Diffraction (XRD) to know the chemical content and crystallization on the material.

The results of X-Ray Diffraction (XRD) test showed that the burned tile powder with the temperature of 750 °C and 800°C showed the highest peak was Quartz, Labradorite and Hematite minerals. At 850°C the highest peak is the Iron Oxide, Quartz, Anorthite and Forsterite minerals. Then at a temperature of 900°C shows mineral results such as Quartz Hematite, Anorthite, and Forsterite.

The compression test of the paving block at age day 28 with 6 cm x 10,5 cm x 21 cm cube specimen can be concluded that, as the percentage increase from 0%, 5%, 7,5% and 10% powder of tile make compressive strength paving block becomes decreased at every percentage of its addition. However, it increases in every variation in temperature from 750 °C, 800 °C, 850 °C and 900 °C. While on the water absorption test on each addition of the percentage amount of 0%, 5%, 7.5% and 10% powder make the absorption higher. The absorption data also supported by the results of the *Scanning Electron Microscope* (SEM) testing wherein each substitution the percentage of the tile powder of the cement weight makes the paving block mixture decrease and tend to form more cavities that make the compressive strength of the *paving block* decrease.

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Karakteristik Kuat Tekan Paving Block dengan Substitusi Serbuk Limbah Genteng sebagai Material Pozzoland Aktif dengan Parameter Variasi Suhu*”. Tak lupa juga sholawat serta salam semoga tetap tercurah limpahkan kepada Nabi terakhir umat manusia, Nabi Muhammad SAW. Bismillahirrahmanirrahim skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M selaku Dekan Fakultas Teknik.
2. Ir. Hernu Suyoso, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil.
3. Dwi Nurtanto S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama.
4. Nanin Meyfa Utami, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Anggota.
5. Ir. Hernu Suyoso, M.T. selaku Dosen Penguji Anggota.
6. Winda Tri Wahyuningtyas, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji Anggota
7. Wiwik Yunarni W, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing
8. Bapak maupun Ibu Dosen Teknik Sipil Universitas Jember.
9. Staf fakultas dan jajarannya.

Jember, 16 Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	vi
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>SUMMARY</b> .....	x
<b>PRAKATA</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xx
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	3
<b>1.4 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
<b>2.1 Genteng Press</b> .....	4
2.1.1 Genteng Press Lumajang.....	4
<b>2.2 Limbah Genteng</b> .....	5
2.2.1 Silika dan Kandungannya pad Serbuk Genteng .....	6

<b>2.3 Standar Mutu Pozzolan</b> .....	7
<b>2.4 Paving Block</b> .....	11
2.4.1 Klasifikasi <i>Paving Block</i> .....	11
2.4.2 Pengaplikasian <i>Paving Block</i> .....	12
2.4.3 Syarat Mutu <i>Paving Block</i> .....	13
2.4.4 Bahan Penyusun <i>Paving Block</i> .....	14
<b>2.5 Pengujian X-Ray Diffraction (XRD)</b> .....	19
<b>2.6 Pengujian Scanning Electron Microscope (SEM)</b> .....	20
<b>2.7 Pengujian Paving Block</b> .....	21
2.7.1 Kuat Tekan.....	21
2.7.2 Penyerapan Air .....	22
<b>2.8 Uji Keandalan R<sup>2</sup> (Koefisien Kolerasi)</b> .....	22
<b>2.9 Kontrol Kualitas Pekerjaan</b> .....	23
<b>2.10 Pengujian Sebelumnya Mengenai Serbuk Genteng</b> .....	24
2.10.1 Pengaruh Tumbukan Genteng Leramin terhadap Pengurangan Berat Semen Ditinjau dari Kuat Tekan <i>Paving Block</i> .....	24
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	26
<b>3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian</b> .....	26
<b>3.2 Persiapan Alat dan Bahan</b> .....	26
3.2.1 Alat.....	26
3.2.2 Bahan .....	27
<b>3.3 Pengujian Material</b> .....	27
3.3.1 Pengujian Bahan Ikat (Semen dan Serbuk Genteng).....	27
3.3.2 Pengujian Agregat Halus .....	29
3.3.3 <i>Treatment</i> Limbah serubuk Genteng .....	31
<b>3.4 Model Benda Uji</b> .....	31
<b>3.5 Rancangan Penelitian</b> .....	32
<b>3.6 Tahapan Pelaksanaan</b> .....	32
<b>3.7 Pengumpulan Data</b> .....	36
3.7.1 Data Primer .....	36
3.7.2 Data Sekunder.....	37

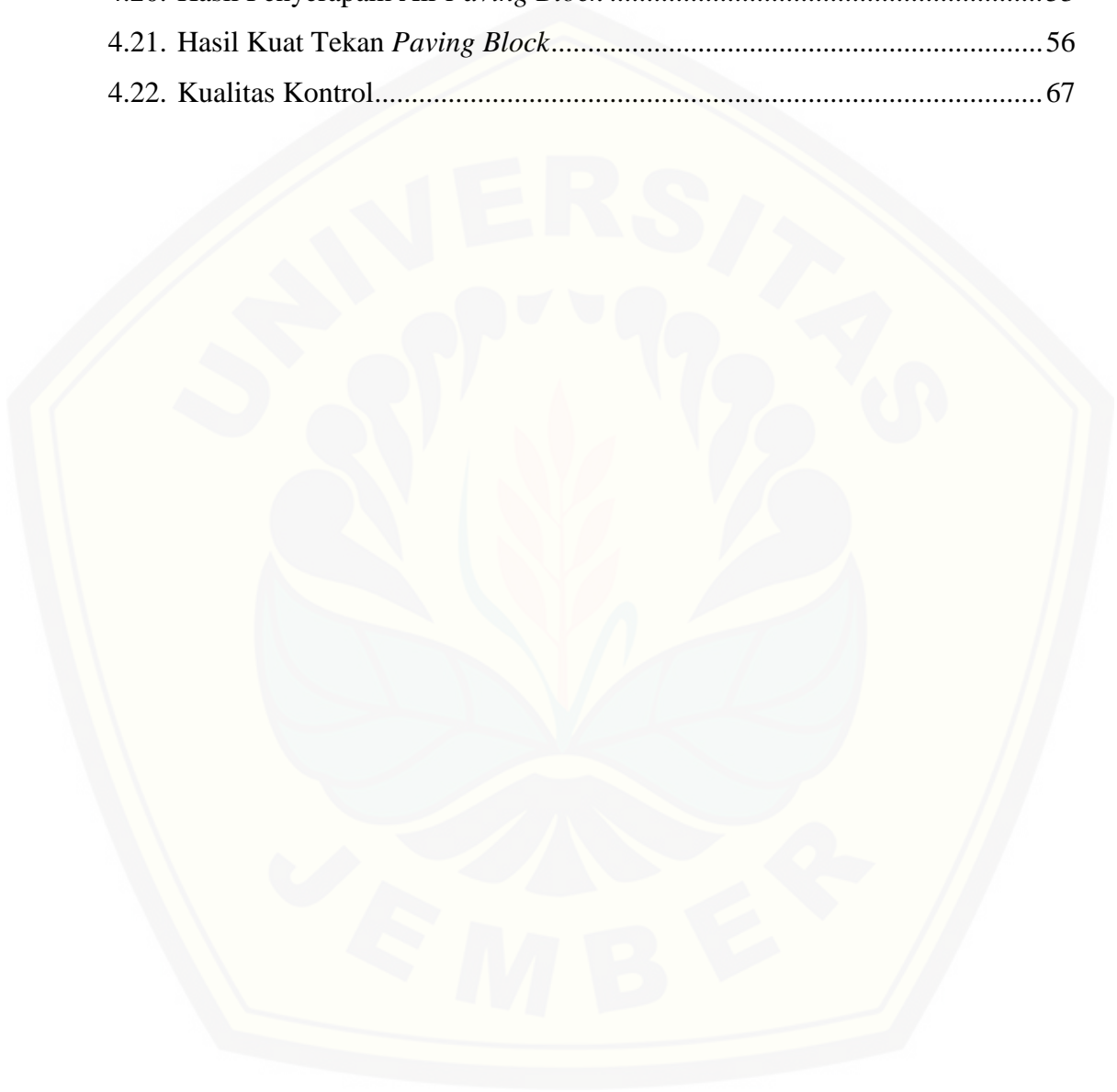
<b>3.8 Analisa Hasil Pengujian dan Menarik Kesimpulan Penelitian ..</b>	<b>37</b>
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>38</b>
<b>4.1 Hasil dan Analisa Pengujian Serbuk Genteng .....</b>	<b>38</b>
4.1.1 Pengujian Berat Jenis Serbuk Genteng .....	38
4.1.2 Pengujian Berat Volume Serbuk Genteng .....	39
4.1.3 Pengujian <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	40
<b>4.2 Hasil dan Analisa Pengujian Semen.....</b>	<b>43</b>
4.2.1 Pengujian Berat Jenis Semen.....	43
4.2.2 Pengujian Berat Volume Semen .....	44
<b>4.3 Hasil dan Analisa Pengujian Agregat Halus .....</b>	<b>44</b>
4.3.1 Berat Volume Pasir .....	45
4.3.2 Berat Jenis Pasir.....	45
4.3.3 Kadar Lumpur.....	46
4.3.4 Air Resapan.....	46
4.3.5 Kadar Air .....	47
4.3.6 Analisa Saringan .....	48
<b>4.4 Rancangan Campuran dan Proporsi Bahan <i>Paving Block</i> .....</b>	<b>50</b>
4.4.1 Perbandingan Proporsi <i>Paving Block</i> .....	50
4.4.2 Kebutuhan Bahan Campuran <i>Paving Block</i> .....	51
<b>4.5 Pengujian <i>Paving Block</i> .....</b>	<b>53</b>
4.5.1 Pengujian Penyerapan Air <i>Paving Block</i> .....	53
4.5.2 Pengujian Kuat Tekan <i>Paving Block</i> .....	56
4.5.3 Kolerasi penyerapan Air dan Kuat Tekan <i>Paving Block</i> .....	62
4.5.4 Hasil Uji <i>Scanning electron Microscope</i> (SEM) .....	64
<b>4.6 Kontrol Kualitas Pekerjaan .....</b>	<b>67</b>
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>70</b>
<b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>70</b>
<b>5.2 Saran .....</b>	<b>71</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>72</b>
<b>LAMPIRAN-LAMPIRAN .....</b>	<b>75</b>

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1. Karakteristik Silika Amorf .....	6
2.2. Persyaratan Kimia Pozzolan .....	8
2.3. Persyaratan Fisik Pozzolan .....	8
2.4. Syarat Kimia (jenis IP-U dan IP-K).....	9
2.5. Syarat Fisika (jenis IP-U dan IP-K).....	9
2.6. Syarat Kimia (jenis P-U dan P-K) .....	10
2.7. Syarat Kimia Fisika (jenis P-U dan P-K) .....	10
2.8. Kombinasi Pola Pemasangan, Mutu dan Tebal <i>Paving Block</i> .....	12
2.9. Kekuatan Fisis <i>Paving Block</i> .....	13
2.10. Kandungan Senyawa Kimia Utama Semen Portland .....	14
2.11. Batas Gradasi Agregat Halus.....	18
2.12. Koreksi Ketebalan dan Factor Talang untuk Kuat Tekan <i>Paving Block</i> .....	21
2.13. Interval Koefesien Kolerasi .....	22
3.1. Variasi Benda Uji .....	32
4.1. Hasil Pengujian Serbuk Genteng Press.....	38
4.2. Berat Jenis Serbuk Genteng Press .....	39
4.3. Berat Volume Serbuk Genteng Press Sebelum di Oven.....	40
4.4. Berat Volume Serbuk Genteng Press Setelah di Oven.....	40
4.5. Mineral Semen Portland yang terdapat pada Serbuk Genteng .....	43
4.6. Hasil Pengujian Semen .....	43
4.7. Hasil Pengujian Berat Jenis Semen .....	43
4.8. Hasil Pengujian Berat Volume Semen .....	44
4.9. Hasil Pengujian Pasir .....	44
4.10. Hasil Pengujian Berat Volume Pasir .....	45
4.11. Hasil Pengujian Berat Jenis Pasir .....	46
4.12. Hasil Pengujian Kadar Lumpur .....	46
4.13. Hasil Pengujian Air Resapan .....	47
4.14. Hasil Pengujian Kadar Air.....	47
4.15. Batas Gradasi Agregat Halus.....	48



4.16. Hasil Analisa saringan Pasir .....	48
4.17. Kebutuhan campuran material <i>paving block</i> per 1 M <sup>3</sup> .....	52
4.18. Kebutuhan campuran material <i>paving block</i> per 1 benda uji .....	52
4.19. Kebutuhan campuran material <i>paving block</i> tiap variasi serbuk genteng per 1 pengepresan .....	52
4.20. Hasil Penyerapam Air <i>Paving Block</i> .....	53
4.21. Hasil Kuat Tekan <i>Paving Block</i> .....	56
4.22. Kualitas Kontrol.....	67



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1. Genteng Press Lumajang .....	5
2.2. Limbah genteng press Kunir Lumajang .....	6
2.3. Serbuk genteng press Kunir Lumajang lolos saringan 200 mm .....	7
2.4. Macam-macam bentuk <i>Paving block</i> .....	11
2.5. Pola Pemasangan <i>Paving Block</i> .....	12
2.6. Agregat Halus .....	18
2.7. Prinsip Kerja <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	20
2.8. Sketsa Benda Uji kubus .....	21
2.9. Grafik Kuat Tekan Penelitian Terdahulu.....	24
3.1. Sketsa Benda Uji kubus.....	31
3.2. Alat Mixer dan Mesin Press <i>Paving Block</i> .....	33
3.3. Alat Uji Kuat Tekan Manual dan Digital .....	34
3.4. Bagan Alir Tahap Penelitian .....	36
4.1. Grafik Analisa XRD Serbuk Genteng Press 750 °C.....	41
4.2. Grafik Analisa XRD Serbuk Genteng Press 800 °C.....	41
4.3. Grafik Analisa XRD Serbuk Genteng Press 850 °C.....	42
4.4. Grafik Analisa XRD Serbuk Genteng Press 900 °C.....	42
4.5. Grafik zona 2 Agregat Halus .....	49
4.6. Grafik Hubungan Prosentase Penambahan Serbuk Genteng dengan suhu 750 °C dengan Penyerapan Air <i>Paving Block</i> .....	54
4.7. Grafik Hubungan Prosentase Penambahan Serbuk Genteng dengan suhu 800 °C dengan Penyerapan Air <i>Paving Block</i> .....	55
4.8. Grafik Hubungan Prosentase Penambahan Serbuk Genteng dengan suhu 850 °C dengan Penyerapan Air <i>Paving Block</i> .....	55
4.9. Grafik Hubungan Prosentase Penambahan Serbuk Genteng dengan suhu 900 °C dengan Penyerapan Air <i>Paving Block</i> .....	56
4.10. Hasil Uji Kuat dengan Suhu 750 °C .....	59
4.11. Hasil Uji Kuat dengan Suhu 800 °C .....	59
4.12. Hasil Uji Kuat dengan Suhu 850 °C .....	60

4.13.	Hasil Uji Kuat dengan Suhu 900 °C .....	60
4.14.	Garfik Rata-rata Hasil Uji Kuat <i>Paving Block</i> .....	61
4.15.	Garfik Hubungan Penyerapan Air pada <i>Paving Block</i> dengan Kuat Tekan pada Suhu 750 °C.....	62
4.16.	Garfik Hubungan Penyerapan Air pada <i>Paving Block</i> dengan Kuat Tekan pada Suhu 800 °C.....	63
4.17.	Grafik Hubungan Penyerapan Air pada <i>Paving Block</i> dengan Kuat Tekan pada Suhu 850 °C.....	63
4.18.	Grafik Hubungan Penyerapan Air pada <i>Paving Block</i> dengan Kuat Tekan pada Suhu 900 °C.....	64
4.19.	Hasil Uji SEM <i>paving block</i> tanpa Penambahan Serbuk Genteng dengan Perbesaran 250x.....	65
4.20.	Hasil Uji SEM <i>paving block</i> pada Penambahan Serbuk Genteng Sebersar 5% dengan Perbesaran 250x.....	65
4.21.	Hasil Uji SEM <i>paving block</i> pada Penambahan Serbuk Genteng Sebersar 7,5% dengan Perbesaran 250x.....	66
4.22.	Hasil Uji SEM <i>paving block</i> pada Penambahan Serbuk Genteng Sebersar 10% dengan Perbesaran 250x.....	66

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Persiapan dan Prosen Treatment Serbuk Genteng.....	75
Lampiran 2. Pengujian Semen .....	76
Lampiran 3. Pengujian Pasir .....	77
Lampiran 4. Pembuatan Benda Uji .....	79
Lampiran 5. Pengujian Kuat Tekan .....	80
Lampiran 6. Pengujian Penyerapan Air .....	82
Lampiran 7. Pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> .....	83
Lampiran 8. Pengujian <i>X-Ray Diffraction</i> .....	84

## BAB 1. LATAR BELAKANG

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi di Indonesia terus mengalami peningkatan. Hal ini tidak terlepas dari tuntutan dan kebutuhan masyarakat terhadap fasilitas infrastruktur yang terus meningkat. Oleh sebab itu, semakin banyak inovasi-inovasi baru dalam bidang ini, khususnya sebagai bahan alternatif bahan perkerasan jalan, parkir kendaraan, taman dan lain sebagainya. Perencanaan fasilitas yang demikian mengarah kepada digunakannya paving block sebagai material utama. Paving block sudah dikenal luas oleh masyarakat, hal ini karena merupakan konstruksi yang ramah lingkungan dimana paving block sangat baik dalam membantu konservasi air tanah, pelaksanaannya yang lebih cepat, mudah dalam pemasangan dan pemeliharaan, memiliki aneka ragam bentuk yang menambah nilai estetika, serta harganya yang terjangkau. Salah satu inovasi yang dapat digunakan sebagai bahan penyusun paving block adalah penggunaan limbah serbuk genteng press sebagai material pozzoland aktif pada pembuatan paving block.

Setiap proses produksi genteng tidak lepas dari adanya limbah, baik dalam bentuk cair ataupun padat. Bahkan pada industri pembuatan genteng press, volume limbah yang dihasilkan bisa mencapai 3-7% dari total produksi, yang menunjukkan bahwa jutaan ton tanah liat per tahun hanya menjadi limbah karena volume untuk digunakan kembali sangatlah minim (Robayo, dkk 2016). Oleh karena itu, perlu diberikan perlakuan khusus terhadap limbah yang dihasilkan sehingga tidak berakibat buruk bagi lingkungan sekitar. Desa Kunir Lumajang adalah salah satu desa sentra pembuatan genteng press dan material bahan bangunan lainnya seperti batako dan paving block. Dalam sekali proses pembakaran genteng sebanyak 6000 biji genteng yang terbangun dan pecah sekitar 200 biji (Ridwan 2017).

Untuk saat ini perlakuan khusus pada limbah genteng masih pasif dan cenderung dibiarkan menjadi limbah produksi. Genteng yang terbuat dari bahan dasar tanah liat nantinya bisa digunakan sebagai bahan untuk mereduksi

penggunaan semen dalam produksi paving block. Sifat mekanik paving block yang terbuat dari pecahan genteng press baik sebagai agregat halus dan kasar mempunyai sifat yang memadai, dengan kekuatan tekan berkisar 53,7 MPa pada penggunaan agregat pecahan genteng press dan 55,9 MPa untuk penggunaan agregat normal (Bektas, 2014).

Berdasarkan penelitian sebelumnya (Ridwan, 2017), serbuk genteng digunakan sebagai alternatif substitusi parsial semen pada pembuatan paving block. Namun, penelitian tersebut masih perlu dimaksimalkan kembali. Serbuk genteng press Kunir Lumajang memiliki persentase kandungan senyawa  $\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3$  sesuai syarat pozzoland, tetapi penambahan serbuk genteng tidak menambah kuat tekan melainkan menurunkan kuat tekan paving block. Hal tersebut diperkirakan karena serbuk genteng kurang amorf. Standar amorf atau kereaktifan pozzolan adalah sebesar 85,99% sesuai dengan ASTM C 618-94 dan SNI 15-0302-89 (Frank Edwin, 2007). Dapat disimpulkan bahwa serbuk genteng belum bisa digunakan sebagai pozzolan melainkan sebagai filler. Sehingga dalam pemanfaatannya perlu adanya peningkatan variasi suhu pembakaran pada limbah genteng press.

Optimasi pengolahan limbah genteng dalam penelitian ini dilakukan dengan meningkatkan suhu pembakaran untuk mendapatkan sifat kereaktifan tanah liat sebagai material pozzoland aktif dari limbah genteng press. Suhu pembakaran sangat berpengaruh pada tingkat kereaktifan bahan pozzolan. Pada pembakaran mencapai  $900^\circ\text{C}$  setelah dilakukan uji XRD menunjukkan bahwa terdapat lima fase, masing-masing silicon oxide ( $\text{SiO}_2$ ), calcite ( $\text{CaCO}_3$ ), calcium oxide ( $\text{CaO}$ ), magnesium silicate ( $\text{MgSiO}_3$ ) dan silimanete ( $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ ) (P. Sebayang, Muljadi, Masno Ginting, dan Henry, 2010). Maka penelitian ini menggunakan suhu pembakaran antara  $750^\circ\text{C}$ ,  $800^\circ\text{C}$ ,  $850^\circ\text{C}$  dan  $900^\circ\text{C}$  untuk mengetahui suhu pemabakaran optimal dalam mendapatkan kereaktifan bahan.

Inovasi ini diharapkan mampu menekan biaya produksi paving block, diantaranya mengurangi penggunaan semen. Hal ini dikarenakan adanya pengurangan kadar semen yang digantikan dengan serbuk genteng. Dengan adanya penelitian ini nantinya masyarakat mendapatkan pengetahuan baru dalam sektor produksi paving block. Selain itu penelitian ini juga dapat digunakan

sebagai bahan pertimbangan untuk menyusun inovasi-inovasi di masa yang akan datang.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dijelaskan di atas maka perumusan masalah dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Apa saja unsur yang terkandung dalam limbah serbuk genteng press pada suhu 750°C 800°C, 850 °C dan 900°C, sehingga dapat digunakan sebagai bahan untuk mengurangi penggunaan semen pada pembuatan paving block?
2. Bagaimana sifat fisik dan mekanis paving block dengan pemanfaatan limbah genteng press setelah melalui proses pembakaran pada suhu 750°C 800°C, 850 °C dan 900°C?

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Menjelaskan unsur yang terkandung dalam serbuk genteng press pada suhu 750°C 800°C, 850 °C dan 900°C, sehingga dapat digunakan sebagai bahan untuk mengurangi penggunaan semen pada pembuatan paving block.
2. Menjelaskan sifat fisik dan mekanis paving block dengan pemanfaatan limbah genteng press setelah melalui proses pembakaran pada suhu 750°C 800°C, 850 °C dan 900°C.

## 1.4 Batasan Masalah

Agar penyusunan proposal ini tidak menyimpang dari tujuan yang hendak dicapai, maka ditetapkan batasan-batasan masalah meliputi:

1. Suhu Pembakaran limbah genteng yang digunakan adalah 750°C 800°C, 850 °C dan 900°C.
2. Pengujian kuat tekan paving blok dilakukan pada hari ke 28.
3. Pengujian serbuk genteng sebatas pada apa saja senyawa yang ada di dalamnya.
4. Lokasi pengambilan material limbah genteng press di Dusun Kebonan Kunir Lor Lumajang.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Genteng Press

Genteng press merupakan salah satu bentuk dari genteng yang diproduksi dengan bahan tanah yang di-press (tekan sedemikian rupa) kemudian dipanaskan dengan bara api dengan derajat kepanasan tertentu (Mei Indra K. dkk 2013). Daya tahan genteng jenis ini sangat kuat sekali. Rangka diperlukan dalam pemasangannya, mekanisme pemasangan kunci/kaitan genteng pada rangka penopang

Genteng press atau juga sering disebut genteng kodok dilakukan hingga lima kali proses penggilingan bahan tanah liatnya. Sehingga struktur butirannya lebih rapat. Genteng press memiliki ukuran panjang 27,5 cm, lebar 22,5 cm, dan berat 1,5 kg. Untuk kebutuhan penutup atap tiap meter persegi membutuhkan sebanyak 25 pcs genteng pres.

#### 2.1.1 Genteng Press Lumajang

Metode produksi genteng press di daerah Lumajang adalah sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan :
  - Tanah merah (tanah gunung) 60%
  - Tanah biasa (tanah pekarangan) 40%
  - Air
2. . Metode pengolahan
  - Pencampuran seluruh bahan dengan menambahkan sedikit air
  - Penggilingan seluruh bahan sebanyak 2 kali proses penggilingan
  - Pencetakan genteng press
  - Proses penjemuran
  - Proses pembakaran dengan suhu 750°C 800°C, 850 °C dan 900°C selama 5 jam





Gambar 2.1 Genteng Press Lumajang (Sumber: Dokumentasi pribadi, 2018)

## 2.2. Limbah Genteng

Limbah Genteng merupakan sisa dari proses produksi genteng pres. Limbah ini berupa serpihan-serpihan padat setelah proses pembakaran karena adanya keretakan pada genteng atau benturan saat pembakaran. Limbah dalam produksi genteng pres lumajang pada satu kali pembakaran dengan kapasitas tungku 6000 pcs limbah yang dihasilkan sebanyak 100 pcs. Berdasarkan data dilapangan tersebut maka perlu adanya pengolahan dari limbah yang dihasilkan sehingga limbah yang dihasilkan tidak terbuang sia-sia. Selain itu berdasarkan bahan yang digunakan dalam produksi genteng yakni tanah liat, selama proses pembakaran yang dilakukan dalam suhu mencapai  $900^{\circ}\text{C}$  maka akan muncul suatu senyawa diantaranya, Silika (P. Sebayang, dkk 2010). Silika adalah subyek untuk mengubah bentuk dan volume tanah liat pada suhu tertentu. Beberapa perubahan bersifat tetap dan tidak dapat kembali (konversi) dan yang lain bersifat dapat berubah kembali (*inversi*). Agar tanah liat dapat berubah menjadi keramik harus melalui proses pembakaran dengan suhu melebihi  $900^{\circ}\text{C}$ . Setelah melalui suhu tersebut tanah liat akan mengalami perubahan menjadi suatu mineral yang padat, keras, dan permanen. Sifat ini sama dengan semen saat bereaksi dengan air, dan pada suhu kamar akan mengalami pengerasan.



Gambar 2.2 Limbah genteng press Kunir Lumajang (Sumber: Dokumentasi pribadi, 2018)

### 2.2.1 Silika dan Kandungannya pada Serbuk Genteng

Silika adalah senyawa kimia dengan rumus molekul  $SiO_2$  (*silicon dioksida*) yang diperoleh dari silika mineral, nabati dan sintesis kristal. Silika mineral adalah senyawa yang banyak ditemui dalam bahan tambang/galian yang berupa mineral seperti pasir kuarsa, granit, dan feldspar yang mengandung kristal-kristal silika ( $SiO_2$ ) (Bragman and Gonalves, 2006; Della *et al*, 2002). Selain dari bentuk alami, silika dengan struktur kristal trimit dapat diperoleh dengan cara memanaskan pasir kuarsa pada suhu  $870^{\circ}C$  dan bila pemanasan dilakukan pada suhu  $1470^{\circ}C$  dapat diperoleh silika dengan struktur kristobalit (Cotton and Wilkinson, 1989). Karakteristik silika amorf diperlihatkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Karakteristik silika Amorf

Nama Lain	Silikon Oksida
Rumus molekul	2,6
Berat jenis ( $g/cm^3$ )	Padat
Bentuk	Tidak larut
Daya larut dalam air	1610
Titik didih ( $^{\circ}C$ )	2230
Kekerasan ( $Kg/mm^2$ )	650
Kuat Tekuk (Mpa)	70
Kuat Tarik (Mpa)	110
Modulus elastisitas (Gpa)	73-75

Nama Lain	Silikon Oksida
Resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )	>10
Koordinasi geometri	Tetrahedral
Struktur kristal	Kristobalik, Tridimit, Kuarsa

Sumber : Surdia, dalam Melinda (2015) Karakteristik Silika dan Macam-macam Bahan yang Mengandung Silika

Kandungan silika yang terdapat pada bahan pembuatan genteng yakni tanah liat berkisar 24,5 % ( $\text{SiO}_2$ ) (Ridwan, 2017). Berdasarkan kandungan tanah liat tersebut diharapkan setelah proses pembakaran masih terdapat kandungan silika yang dapat digunakan sebagai bahan pozzolan.



Gambar 2.3 Serbuk genteng press Kunir Lumajang lolos saringan 200 (Sumber: Dokumentasi pribadi, 2018)

### 2.3. Standar Mutu Pozzoland

Pozolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika atau silica alumina dan alumina, yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen akan tetapi dalam bentuk yang halus dan dengan adanya air maka senyawa-senyawa tersebut akan bereaksi dengan kalsium hidroksida pada suhu normal membentuk senyawa kalsium hidrat yang bersifat hidraulis dan mempunyai angka kelarutan yang cukup rendah. Standar mutu pozzolan menurut ASTM C618-92a dibedakan menjadi tiga kelas, dimana tiap-tiap kelas ditentukan komposisi kimia dan sifat fisiknya. Pozzolan mempunyai mutu yang baik apabila jumlah kadar  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  tinggi dan reaktifitasnya tinggi dengan kapur. Ketiga kelas pozzolan tersebut adalah :

Kelas N : Pozolan alam atau hasil pembakaran, pozzolan alam yang dapat digolongkan didalam jenis ini seperti tanah diatomioic, opaline cherts dan shales, tuff dan abu vulkanik atau pumicite, dimana bisa diproses melalui pembakaran atau tidak. Selain itu juga berbagai material hasil pembakaran yang mempunyai sifat pozzolan yang baik.

Kelas C : Fly ash yang mngandung CaO di atas 10% yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub-bitumen batubara.

Kelas F: Fly ash yang mngandung CaO kurang dari 10% yang dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub-bitumen batubara.

Menurut Persyaratan Kimia Berdasarkan ASTM C618-92a, kandungan *pozzoland* dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel 2.2 Persyaratan Kimia Pozzolan

Komposisi	Kelas		
	N	F	C
Jumlah SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (min, %)	70.0	70.0	70.0
SO <sub>3</sub> (max, %)	4.0	5.0	5.0
Na <sub>2</sub> O (max, %)	1.5	1.5	1.5
Kadar kelembaban (max, %)	3.0	3.0	3.0
Hilang pijar (max, %)	10.0	6 <sup>^</sup>	12

Sumber : ASTM C618-92a

Penggunaan pozzolan kelas F dengan hilang pijar sampai 12 % harus dengan persetujuan dan didukung oleh hasil pengujian laboratorium.

Tabel 2.3. Persyaratan Fisik Pozzolan

Uraian	Kelas		
	N	C	F
Kehalusan :			
Jumlah yang tertahan di atas ayakan 45 $\mu$ m (No. 325) (max, %)	34	34	34
Indeks keaktifan pozzolan portland :			
- Dengan menggunakan semen, kuat tekan pada umur 7 hari (min, %)	75	75	75
- Dengan menggunakan semen, kuat tekan pada umur 28 hari (min, %)	75	75	75
Persyaratan air (max, %)	115	115	105
Pengembangan atau penyusutan dengan autoclave (max, %)	0.8	0.8	0.8
Persyaratan keseragaman :			

Berat jenis dan kehalusan dari contoh benda uji, masing-masing tidak boleh berbeda dari rata-rata yang ditetapkan dengan 10 benda uji atau dari seluruh benda uji yang jumlahnya kurang dari 10 buah, maka untuk :	5	5	5
- Berat jenis, perbedaan maximum dari rata-rata (%)	5	5	5
- Persentasi partikel yang tertahan pada ayakan 45 $\mu$ m (No. 325) perbedaan maximum dari rata-rata (%)	...	255	...
Faktor pengali, dihitung sebagai perkalian hilang pijar dan kehalusan yang tertahan pada ayakan 45 $\mu$ m (No. 325) (max, %)	0.03	0.03	0.03
Pertambahan penyusutan dari mortar pada umur 28 hari, perbedaan max (in, %)	75	...	...
Persyaratan keseragaman :	0.020	0.020	0.020
Sebagai tambahan , pada beton air-entraining jumlah air entraining agent yang disyaratkan untuk menghasilkan kadar udara sebesar 18 %, volume mortar tidak boleh berbeda dariratarata yang ditetapkan atau dari seluruh pengujian jika kurang dari 10, maka untuk :	...	...	...
reaktifitas dengan alkali semen :			
- Pengurangan pengembangan mortar pada umur 14 hari (min, %)			
- Pengembangan mortar pada umur 14 hari (max, %)			

Sumber : ASTM C618-92a

Persyaratan kimia dan fisika semen Portland pozolan jenis IP-U , IP-K, P-U dan P-K harus memenuhi persyaratan sebagai berikut (SNI 15-0302-2004).

Tabel 2.4 Syarat kimia (jenis IP-U dan IP-K)

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan	
			IP-U	IP-K
1.	MgO	%	Maks. 6,00	Maks. 6,00
2.	SO <sub>3</sub>	%	Maks. 4,00	Maks. 4,00
3.	Hilang pijar	%	Maks. 5,00	Maks. 5,00

Sumber : SK SNI 15-0302-2004

Tabel 2.5 Syarat Fisika (Jenis IP-U dan IP-K)

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan	
			IP-U	IP-K
1.	Kehalusan dengan alat blaine	m <sup>2</sup>	Min 280	Min 280
2.	Waktu pengikatan dengan jarum vikat			
	• Pengikatan awal	Menit	Min 45	Min 45
	• Pengikatan akhir	jam	Maks. 7	Maks. 7

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan	
			IP-U	IP-K
3.	Kekekalan dengan auto level			
	• Pemuain	%	Maks 0,80	Maks. 0,80
	• Penyusutan	%	Maks.0,20	Maks.0,20
4.	Kuat tekan			
	• Umur 3 hari	Kg/cm <sup>2</sup>	Min. 125	Min. 110
	• Umur 7 hari	Kg/cm <sup>2</sup>	Min. 200	Min. 165
	• Umur 28 hari	Kg/cm <sup>2</sup>	Min. 250	Min. 205
5.	Panas hidrasi			
	• Umur 7 hari	Kal/g	-	Maks. 70
	• Umur 28 hari	Kal/g	-	Maks.80
6.	Kandungan udara dari mortar	% volume	Maks. 12	Maks. 12

Sumber : SK SNI 15-0302-2004

Tabel 2.6 Syarat Kimia (Jenis P-U dan P-K)

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan	
			IP-U	IP-K
1.	MgO	%	Maks. 6,00	Maks. 6,00
2.	SO <sub>3</sub>	%	Maks. 4,00	Maks. 4,00
3.	Hilang pijar	%	Maks. 5,00	Maks. 5,00

Sumber : SK SNI 15-0302-2004

Tabel 2.7 Syarat Kimia Fisika (Jenis P-U dan P-K)

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan	
			IP-U	IP-K
1.	Kehalusan dengan alat blaine	m <sup>2</sup> /kg	Min 280	Min 280
2.	Waktu pengikatan dengan jarum vikat			
	• Pengikatan awal	Menit	Min. 45	Min. 45
	• Pengikatan akhir	jam	Maks. 7	Maks. 7
3.	Kekekalan dengan auto level			
	• Pemuain	%	Maks 0,80	Maks.0,80
	• Penyusutan	%	Maks.0,20	Maks.0,20
4.	Kuat tekan			
	• Umur 3 hari	Kg/cm <sup>2</sup>	-	-
	• Umur 7 hari	Kg/cm <sup>2</sup>	Min. 115	Min. 90
	• Umur 28 hari	Kg/cm <sup>2</sup>	Min. 215	Min. 175
5.	Panas hidrasi			
	• Umur 7 hari	Kal/g	-	Maks. 60
	• Umur 28 hari	Kal/g	-	Maks.70
6.	Kandungan udara dari mortar	% volume	Maks. 12	Maks. 22

Sumber : SK SNI 15-0302-2004

## 2.4. Paving Block

Bata beton (paving block) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton itu. (SNI-03-0691-1996). Paving block tersusun dari campuran agregat halus yakni pasir dengan semen dan air, campuran tersebut disebut juga sebagai mortar (non plesteran). Paving block/mortar sering kali disebut mortar atau spesi, yaitu adukan yang terdiri dari pasir, bahan pengikat dan air. Jika mortar dibuat dengan cara menambahkan bahan khusus (seperti fiber, serbuk atau butir-butir kayu, dan lain-lain) pada mortar kapur atau mortar semen, maka disebut mortar khusus (Tjokrodimuljo, 1996).

### 2.4.1 Klasifikasi Paving Block

Berdasarkan SK SNI T-04-1990-F, klasifikasi *paving block* didasarkan atas bentuk tebal kekuatan dan warna.

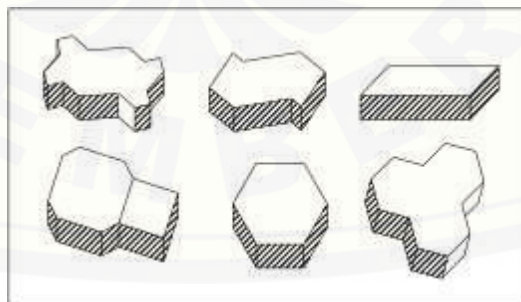
Klasifikasi tersebut antara lain :

1. Klasifikasi berdasarkan bentuk

Bentuk paving block secara garis besar terbagi atas dua macam yaitu :

- a. *Paving block* bentuk segi empat.
- b. *Paving block* bentuk segi banyak.

Seperti yang terdapat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Macam-macam bentuk *Paving lock* (sumber: SK SNI T-041990-F)

Kombinasi antara pola pemasangan, mutu dan tebal paving block sebaiknya disesuaikan dengan tujuan penggunaannya. pola yang umum digunakan ialah susunan bata (*stracher*), anyaman tikar (*basket weave*). Dan tulang ika (*herring*

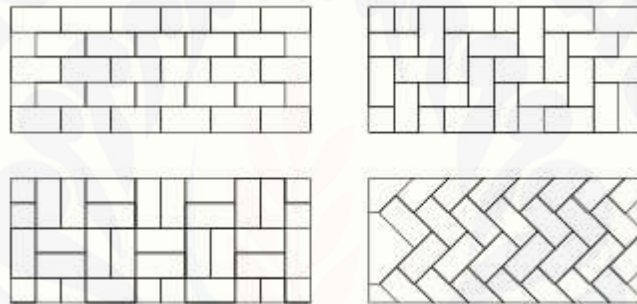
bone). Kombinasi tersebut harus sesuai dengan peraturan yang telah ditetapkan berdasarkan SK SNI T-041990-F dapat dilihat pada tabel 2.8.

Tabel 2.8 Kombinasi Pola Pemasangan, Mutu dan Tebal *Paving Block*.

No	Penggunaan	Kombinasi		
		Kelas	Tebal (mm)	Pola
1	Trotoar dan Pertamanan	II	60	SB, AT, TI
2	Tempat parkir dan Garasi	II	60	SB, AT, TI
3	Jalan lingkungan	I/II	60/80	TI
4	Terminal bus	I	80	TI
5	<i>Cointainer yard, Taxy way</i>	I	100	TI

Sumber : SK SNI T-04-1990-F

Keterangan Pola : SB = Susunan Bata, AT = Anyaman Tikar, TI = Tulang Ikan



Gambar 2.5 Pola Pemasangan *Paving Block* (sumber: Maulana, 2018)

#### 2.4.2 Pengaplikasian *Paving Block*

Sebagian besar penggunaan atau pengaplikasian *paving block* adalah sebagai berikut :

1. *Paving block* sebagai perkerasan jalan (sifat *structural interblock*). Dimana pada awalnya *paving block* diperkirakan hanya berfungsi untuk memperindah lapisan permukaan perkerasan (*Pavement*) dan tidak berfungsi sebagai struktur. Namun setelah dilakukan percobaan oleh J. Kanpton (Cement and Concrete Association 1976, England ) terbukti bahwa lapisan perkerasan *Paving block* mampu menyebarkan tegangan vertical dengan baik, sehingga *paving block* berikut pasir ekstra beton sebagai *sand bedding* dapat dianggap sebagai lapis permukaan pengganti lapis aspal (Hotmix) dengan tebal tertentu.



2. Pedestrian (untuk pejalan kaki)
  - Daerah pedestrian
  - Pertamanan / *landscaping*
3. Industri
  - Factory loading toys
  - Lorry freight terminals
  - Airport-aircraft parking areas
  - Docks

#### 2.4.3 Syarat Mutu *Paving Block*

1. Standar mutu yang harus dipenuhi *paving block* menurut SNI 03-0691-1996 adalah sebagai berikut :
  - a. Sifat tampak *paving block* untuk lantai harus mempunyai bentuk yang sempurna, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.
  - b. Bentuk dan ukuran *paving block* untuk lantai tergantung dari persetujuan antara pemakai dan produsen. Setiap produsen memberikan penjelasan tertulis dalam leaflet mengenai bentuk, ukuran, dan konstruksi pemasangan *paving block* untuk lantai.
  - c. Penyimpangan tebal *paving block* untuk lantai diperkenankan kurang lebih 3mm.
  - d. Sifat fisik *paving block* harus mempunyai kuat tekan yang di sesuai pada ketentuan yang berlaku menurut SNI 03-0691-1996 seperti pada tabel 2.9

Tabel 2.9 Kekuatan Fisis *Paving Block*

Mutu	Kuat tekan (Mpa)		Penyerapan air rata-rata maks (%)
	Rata-rata	Min	
A	40	35	3
B	20	17	6
C	15	12.5	8
D	10	8.5	10

Sumber : SNI 03-0691-1996

- e. *Paving block* untuk lantai apabila diuji dengan natrium sulfat tidak boleh cacat, dan kehilangan berat yang diperbolehkan maksimum 1%.
2. Menurut *British Standart Institution*, standar mutu yang harus dipenuhi oleh *paving block* adalah sebagai berikut :
- Untuk mendapatkan nilai kuat tekan yang maksimal, ketebalan *paving block* bentuk persegi minimal 6cm
  - Untuk *paving block* yang menggunakan profil taliair pada sisi permukaan atas, tebal tali air maksimal 7mm dari sisi dalam dan dari sisi luar *paving block*.
  - Penyimpangan dimensi *paving block* yang diijinkan adalah sebagai berikut :
    - Panjang  $\pm 2\text{mm}$
    - Lebar  $\pm 2\text{mm}$
    - Tebal  $\pm 2\text{mm}$

#### 2.4.4 Bahan Penyusun Paving Block

##### 1. Semen Portland

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker terutama silika-silika kalsium yang bersifat hidrolis (dapat mengeras apabila bereaksi dengan air) dengan gips sebagai bahan tambahan (SK SNI S-04-1989-F). Berdasarkan SNI 15-7064-2004, syarat kimia semen Portland komposit tidak boleh mengandung  $\text{SO}_3$  lebih dari 4% dari total komposisi total semen

Tabel 2.10 Kandungan Senyawa Kimia Utama Semen Portland

Uraian	Jenis semen portland (%)				
	I	II	III	IV	V
SiO <sub>2</sub> , minimum	-	20,0 <sup>b,c</sup>	-	-	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , maksimum	-	6,0	-	-	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , maksimum	-	6,0 <sup>b,c</sup>	-	-	-
NgO, maksimum	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
SO <sub>3</sub> , maksimum					
Jika C <sub>3</sub> A $\leq$ 8,0	3,0	3,0	3,5	2,3	2,3
Jika C <sub>3</sub> A $>$ 8,0	3,5	<sup>d</sup>	4,5	<sup>d</sup>	<sup>d</sup>
Hilang pijar, maksimum	5,0	3,0	3,0	2,5	3,0
Bagian tak larut, maksimum	-	1,5	1,5	1,5	1,5
C <sub>3</sub> S, maksimum <sup>a</sup>	-	-	-	35 <sup>b</sup>	-
C <sub>2</sub> S, minimum <sup>a</sup>	-	-	-	40 <sup>b</sup>	-

C3A, maksimum <sup>a</sup>	-	8,0	15	7 <sup>b</sup>	5 <sup>b</sup>
C4AF + 2 C3A atau <sup>a</sup>					
C4AF + C2F, maksimum	-	-	-	-	25 <sup>c</sup>

Sumber : SNI 15-2049-2004

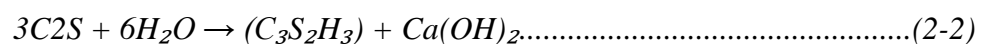
Prosentase oksida – oksida yang terkandung di dalam semen portland adalah sebagai berikut :

- 1) Kapur (CaO) : 60 – 66 %
- 2) Silika (SiO<sub>2</sub>) : 16 – 25 %
- 3) Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) : 3 -8 %
- 4) Besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) : 1 – 5 %

Beberapa jenis semen portland dibuat dengan mengadakan variasi baik dalam perbandingan unsur-unsur utamanya maupun dalam derajat kehalusannya. Senyawa-senyawa tersebut di atas saling bereaksi di dalam tungku dan membentuk senyawa-senyawa kompleks dan biasanya masih terdapat kapur sisa karena tidak cukup bereaksi sampai keseimbangan reaksi tercapai. Pada waktu pendinginan terjadi proses pengkristalan.

Silikat dan aluminat yang terkandung dalam semen portland jika bereaksi dengan air akan menjadi perekat yang memadat lalu membentuk masa yang keras. Reaksi membentuk media perekat ini disebut dengan hidrasi (Tjokrodimulyo, 1996). Reaksi kimia semen bersifat *exothermic* dengan panas yang dihasilkan mencapai 110 kalori/gram. Akibat dari reaksi *exothermic* terjadi perbedaan temperatur yang sangat tajam sehingga mengakibatkan retak-retak kecil (*micricrack*) pada beton.

Proses reaksi kimia semen dengan air membentuk masa padat yang masih belum bisa di ketahui secara rinci karena sifatnya yang sangat kompleks. Rumus kimia yang dipergunakan juga masih bersifat perkiraan untuk reaksi kimia dari unsur C<sub>2</sub>S dan C<sub>3</sub>S dapat ditulis sebagai berikut ;



Kekuatan semen ditentukan oleh komponen C<sub>3</sub>S dan C<sub>2</sub>S. Kedua bahan ini adalah 70 % dari bahan semen ( Andriati Amir Husin, 1998).

## 2. Agregat Halus (Pasir)

Agregat halus adalah pasir alam atau disintegrasi alam dengan diameter minimum 0,075 mm dan maksimum 5 mm, yang mempunyai susunan butiran yang bervariasi (Rofiqi, 2015). Agregat halus mempunyai kadar bagian yang ukurannya lebih kecil dari 0,063 mm tidak lebih dari 5% (Departemen Pekerjaan Umum, 1982).

Untuk didapat data yang dibutuhkan dalam perencanaan mix design, maka diperlukan 6 pengujian untuk agregat halus. Adapun pengujian tersebut adalah sebagai berikut :

### 1. Berat Volume dan Rongga udara (SNI 03-4804-1998)

$$BV = \frac{(W2 - W1)}{V} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

- W1 = Berat silinder (g)
- W2 = Berat silinder+pasir (g)
- V = Volume silinder (cm<sup>3</sup>)
- BV = Berat Volume (g/cm<sup>3</sup>)

### 2. Berat Jenis

$$BJ \text{ pasir} = \frac{W1}{W3 + W1 - W2} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

- W1 = Berat pasir SSD (g)
- W2 = Berat picnometer + air + pasir (g)
- W3 = Berat picnometer + air (g)

### 3. Kelembaban

$$KP = \frac{(W1 - W2)}{W2} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

- KP = Kelembaban Pasir (%)
- W1 = Berat pasir asli (g)

W2 = Berat pasir oven (g)

4. Kadar Air Resapan

$$KAR = \frac{(W1 - W2)}{W2} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

KAR = Kadar Air Resapan (%)

W1 = Berat pasir SSD (g)

W2 = Berat pasir oven (g)

5. Kadar Lumpur

$$KL = \frac{V2}{V1} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

KL = Kadar Lumpur (%)

V1 = Tinggi pasir (ml)

V2 = Tinggi lumpur (ml)

6. Analisa Saringan Agregat Halus (SNI 03-2834-2000)

Kekasaran pasir dibagi menjadi 4 zona berdasarkan gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar, dan kasar.

Tabel 2.11 Batas Gradasi Agregat Halus

Nomor	Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Yang Lewat Ayakan			
		1	2	3	4
4	4,76	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
8	2,38	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
16	1,19	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
30	0,59	15 – 34	34 – 59	60 – 79	80 – 100
50	0,297	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
100	0,149	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

Sumber : SNI 03-2834-2000

Persyaratan pasir menurut PUBI 1982 agar dapat digunakan menjadi bahan bangunan adalah sebagai berikut:

- a) Pasir beton harus bersih, dalam pengujian dengan larutan pencuci khusus tinggi endapan pasir yang kelihatan dibanding tinggi seluruhnya tidak kurang dari 70 %.
- b) Pasir yang lewat ayakan 0.063 mm (lumpur) tidak lebih dari 5% dari beratnya.
- c) Angka modulus halus butir terletak antara 2.2 sampai 3.2 bila diuji dengan rangkaian ayakan dengan rangkaian ayakan berukuran 0.16 mm, 0.315mm, 0.63mm, 1.25mm, 2.5 mm, dan 10 mm dengan fraksi yang lewat ayakan 0.3 mm minimal 15 % dari berat.
- d) Kekekalan terhadap larutan  $MgSO_4$  harus tidak lebih dari 10 % berat.
- e) Pasir tidak boleh mengandung zat-zat organik yang dapat mengurangi mutu beton, untuk itu bila direndam dengan larutan  $NaOH$  3% cairan di atas endapan tidak boleh lebih gelap dari warna larutan pembanding.

Penelitian ini menggunakan pasir Lumajang, dikarenakan kualitas pasir Lumajang yang baik untuk bahan bangunan contohnya untuk pembuatan paving block.



Gambar 2.6 Agregat Halus (pasir Lumajang)

c. Air

Air digunakan untuk mendapatkan kelecakan yang perlu untuk penguangan beton dan semen tidak bisa menjadi pasta tanpa air. Air harus selalu ada di dalam beton cair, tidak saja untuk hidrasi semen, tetapi juga untuk mengubahnya menjadi suatu pasta sehingga betonnya lecah (Nugraha, 2007). Reaksi kimia

antara air dengan semen akan mempengaruhi karakter pasta semen. Sehingga perbandingan antara air dan semen yang menentukan kualitas pasta semen. Nilai perbandingan ini disebut dengan faktor air-semen. Jika jumlah air berlebihan menyebabkan banyak gelembung setelah proses hidrasi. Sehingga akan menyebabkan rongga-rongga udara akibatnya beton menjadi keropos. Sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak seluruhnya selesai, akibatnya beton yang dihasilkan kekuatannya berkurang (Nawy, 2005).

Air untuk campuran mortar atau beton sebaiknya harus memenuhi syarat (SK-SNI- S-04-1989-F) sebagai berikut:

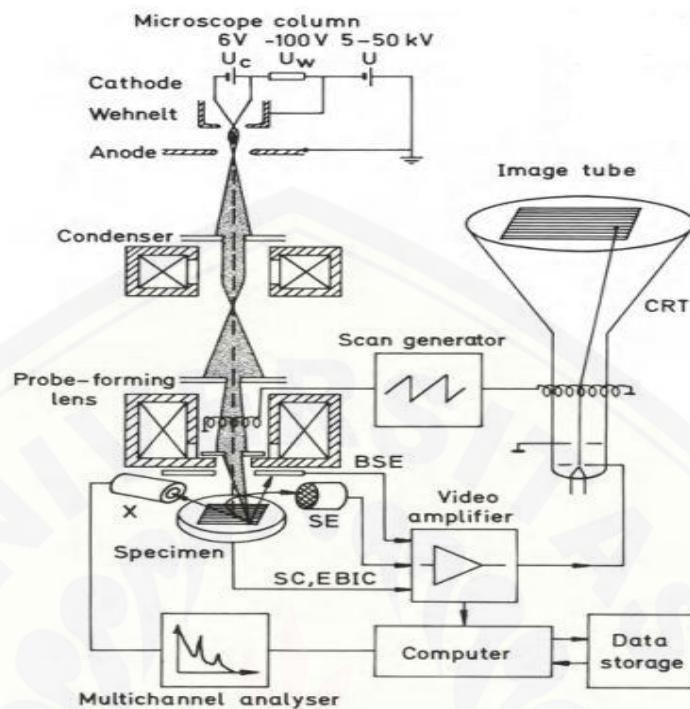
- 1) Air harus bersih.
- 2) Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 2 gram/liter.
- 3) Tidak mengandung lumpur minyak dan benda terapan lain yang bisa dilihat secara visual.
- 4) Tidak mengandung bahan yang dapat merusak beton (asam organik) lebih dari 15 gram/liter.
- 5) Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.
- 6) Tidak mengandung chlorida (Cl) lebih dari 0.5 gram/liter.

## 2.5 Pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD)

*X-Ray Diffraction* (XRD) merupakan analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi material kristalis maupun nonkristalis atau mengetahui senyawa kristal yang terbentuk. Tahapan kerja XRD terdiri dari empat tahap, yaitu preparasi, difraksi, deteksi dan interpretasi (Dinda Bagus, dkk. 2016).

Teknik XRD dapat digunakan untuk analisis struktur kristal karena setiap unsur atau senyawa memiliki pola tertentu. Apabila dalam analisis ini pola difraksi unsur diketahui, maka unsur tersebut dapat ditentukan. Metode difraksi sinar-x merupakan metode analisis kualitatif yang sangat penting karena kristalinitas dari material pola difraksi serbuk yang karakteristik, oleh karena itu metode ini disebut juga metode sidik jari serbuk (*powder fingerprint method*) (Smallman and Bishop, 2000).

## 2.6 Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM)



Gambar 2.7 Prinsip Kerja *Scanning Electron Microscope* (SEM), (Sumber: Reimer, 1985)

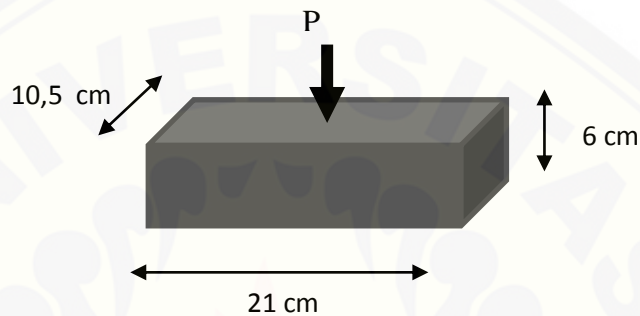
*Scanning Electron Microscope* (SEM) digunakan untuk pengamatan detail morfologi permukaan obyek yang diamati secara tiga dimensi (Adi, 2012). Pada SEM, gambar dibuat berdasarkan deteksi elektron baru (*secondary electron*) atau elektron pantul (*back scattered electron*) yang muncul dari permukaan sampel ketika permukaan sampel dipindai dengan elektron. Elektron sekunder atau elektron pantul yang terdeteksi selanjutnya diperkuat sinyalnya, kemudian besar amplitudonya ditampilkan dalam gradasi gelap-terang pada layar monitor *cathode ray tube* (CRT) (Pujiyanto, 2009). Secara skematis, mekanisme pembentukan bayangan pada SEM dapat dilihat pada Gambar 2.6. Elektron dapat dihamburkan oleh sampel yang bermuatan karena sifat listriknya. Bila lapisan objek tidak bersifat konduktif maka perlu dilapisi dengan emas. Pada pengamatan mikrostruktur membran digunakan SEM. Membran dihilangkan secara manual setelah dibersihkan. Membran telur dikeringkan dengan larutan ethanol (50-100%) dan *dicoating* dengan emas untuk dianalisis (Yi et al., 2004).



**2.7 Pengujian Paving Block**

**2.7.1 Kuat Tekan**

Berdasarkan SNI 03-0691-1996 yang dimaksudkan dengan kuat tekan paving block adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji hancur karena mengalami regangan bila dibebani dengan gaya tekan tertentu.yang dihasilkan oleh mesin uji tekan. Besarnya kuat tekan beton dapat dihitung dengan cara membagi beban maksimum pada saat benda uji menjadi hancur dengan luas penampang. Dalam SNI 03-0691-1996 Persamaannya adalah sebagai berikut:



**Gambar 2.8** Sketsa Benda Uji kubus  $\square$  6 cm x 10,5 cm x 21 cm

Rumus: Kuat Tekan =  $\frac{P}{L}$  ..... (2.6)

Keterangan:

- P = beban tekan (N)
- L = luas bidang tekan mm<sup>2</sup>

Untuk mengolah data hasil kuat tekan, perlu memasukkan angka koreksi jika dalam pembuatan benda uji menggunakan ukuran tebal paving block yang berbeda. Adapun angka koreksi disajikan pada tabel berikut:

Tabel 2.12 Koreksi Ketebalan dan Factor Talang untuk Kuat Tekan Paving Block

Ketebalan (mm)	Faktor Koreksi	
	Plain Block	Chamfered Block
60	1.00	1.06
80	1.12	1.18
100	1.18	1.24

Sumber : Doe mix design methods for paving block, 2013

### 2.7.2 Penyerapan Air

Penyerapan air didefinisikan sebagai perbandingan jumlah volume rongga-rongga kosng yang dimiliki oleh zat padat dengan jumlah dari volume zat padat yang ditempati oleh zat padat (Sherlina, 2016). Daya serap pada suatu material dinyatakan dalam persen (%) rongga fraksi volume dari suatu rongga yang ada dalam material tersebut. Semakin banyak porositas yang terdapat pada benda uji maka semakin rendah kekuatannya, begitu pula sebaliknya. Menurut SNI-03-0691-1996 pengujian daya serap dilakukan dengan cara:

- Lima buah benda uji dalam keadaan utuh direndam dalam air hingga jenuh (24 jam)
- Kemudian dikeringkan dalam dapur pengering selama sekurang-kurangnya lebih 24 jam, pada suhu kurang lebih 105°C sampai beratnya dua kali penimbangan berselisih tidak lebih dari 0,2% penimbangan yang terdahulu

Menurut SNI-03-0691-1996 penyerapan air dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Penyerapan air} = \frac{A-B}{B} \times 100\% \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

A = Berat *paving block* basah

B = Berat *paving block* kering

### 2.8 Uji Kendaandalan R<sup>2</sup> (Koefisien Kolerasi)

Koefisien determinasi adalah ukura kecocokan hasil estimasi sebuah model regresi linier dengan data yang dimodelkan. Jika nilai R<sup>2</sup> semakin mendekati 1 maka model semakin kuat.

Tabel 2.13 Interval Koefisien Kolerasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,0 – 0,199	Sangat Rendah
0,2 – 0,399	Rendah
0,4 – 0,599	Sedang
0,6 – 0,799	Kuat
0,8 – 1,00	Sangat Kuat

Sumber : Sugiono, (2006)

## 2.9 Kontrol Kualitas Pekerjaan

Menurut Nugraha dan Anton (2007), kontrol kualitas pekerjaan adalah bagian dari proses jaminan kualitas guna memastikan kualitas produk yang dihasilkan dengan menguji untuk mengecek terhadap nilai target tertentu. Kontrol kualitas pekerjaan pada beton biasanya menggunakan aplikasi statistika sebagai berikut :

### 1. Rata – rata

Adalah jumlah nilai suatu data dalam kelompok dibagi dengan banyaknya data. Nilai rata – rata dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{kuat tekan rata – rata (fc'm)} = \frac{\sum fc'}{n} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana :

$Fc'$  = kuat tekan ( $\text{kg/cm}^2$ )

$n$  = jumlah benda uji

### 2. *Standart Deviasi* (Sd)

Beton apabila diuji kekuatannya dengan beberapa benda uji, maka hasilnya akan menyebar sekitar suatu nilai tertentu. Penyebaran tersebut tergantung pada tingkat kesempurnaan dan ketelitian dalam pelaksanaannya. Ukuran dari besar kecil penyebaran itulah yang disebut *Standart Deviasi*. Untuk menghitungnya dapat menggunakan rumus :

$$\text{standart deviasi (sd)} = \sqrt{\frac{\sum (fc' - fc'm)^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

$Fc'$  = kuat tekan ( $\text{kg/cm}^2$ )

$Fc'm$  = kuat tekan rata – rata ( $\text{kg/cm}^2$ )

$n$  = jumlah benda uji

3. Variasi

Bahan beton merupakan bahan yang memiliki sifat fisik dan mekanik yang bervariasi. Variasi menunjukkan mutu pelaksanaan dilihat dari pengujian (Nanang, 2017). Berdasarkan SK SNI T-15-1990-03 dapat diperoleh dengan rumus:

$$\text{Variasi (V)} = \frac{sd}{f'_{cm}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

$f'_{cm}$  = kuat tekan rata – rata ( $\text{kg/cm}^2$ )

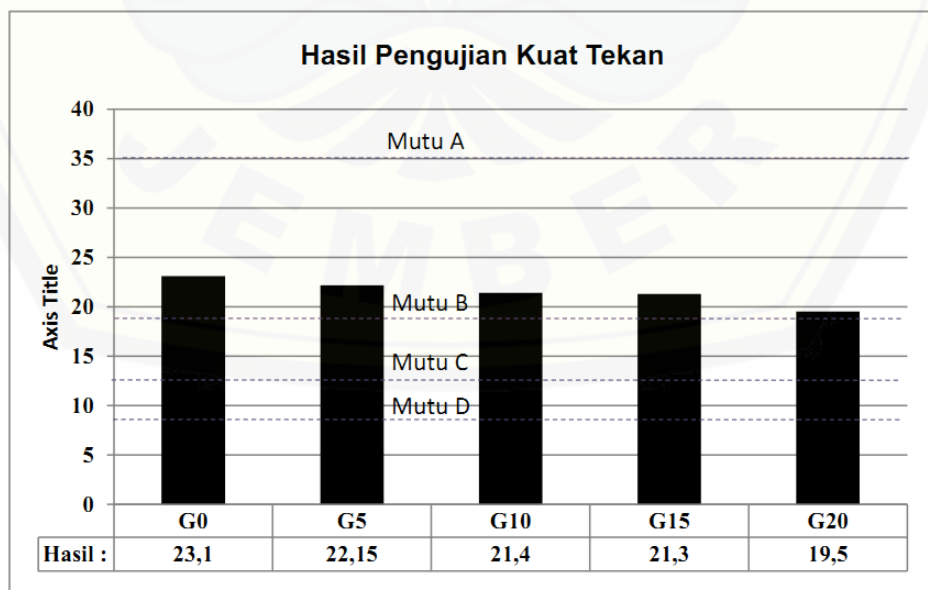
sd = standart deviasi ( $\text{kg/cm}^2$ )

Nilai  $V < 10\%$  menunjukkan mutu amat baik, mutu baik jika  $10\% < V < 15\%$ , mutu cukup baik jika  $15\% < V < 20\%$ , dan mutu kurang baik jika  $V > 20\%$ .

**2.10 Pengujian Terdahulu mengenai Serbuk Genteng**

**2.10.1 Pengaruh Tumbukan Genteng Keramik Terhadap Pengurangan Berat Semen Ditinjau dari Kuat Tekan Paving Block.**

Penelitian ini dilakukan oleh Iwan Wikana dan Waruwu yang merupakan Alumni S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta. Penelitian dilakukan pada tahun 2013. Kadar campuran tumbukan genteng yang digunakan sebesar 0 – 20 %. Hasil pengujian kuat tekan sebagai berikut :



Grafik 2.9 Kuat Tekan Penelitian Terdahulu (Iwan Wikana dan Waruwu, 2013)

Kesimpulan dari penelitian pengaruh tumbukan genteng keramik terhadap pengurangan berat semen ditinjau dari kuat tekan paving block sebagaimana berikut.

- a. Kuat tekan paving block dengan tumbukan genteng 0% (tanpa tumbukan genteng keramik) dengan press 125 kg/cm<sup>2</sup> mempunyai kuat tekan tertinggi sebesar 23,1 Mpa. Kuat tekan rata-rata paving block tumbukan genteng keramik dengan variasi 0%, 5%, 10%,15% dan 20% sebagai pengganti sebagian semen memenuhi syarat fisis kuat tekan minimal paving block sebesar 21,41 MPa yakni tingkat mutu B (SNI 03-0691-1996).
- b. Penyerapan air paving block dengan berbagai variasi tumbukan genteng keramik telah memenuhi syarat fisis penyerapan air maksimal paving block tingkat mutu B sebesar 3,544% (SNI 03-0691-1996). Penggunaan tumbukan genteng keramik dengan variasi 0%, 5%, 10%,15% dan 20% sebagai pengganti sebagian semen yang menjadikan penyerapan air paving block semakin meningkat.

### BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari – Mei 2018 dan dilakukan di 6 lokasi yaitu di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Jember untuk pengujian bahan, pembuatan benda uji dan pengujian benda uji kemudian di Dusun kemuning lor, Lumajang sebagai tempat pengambilan bahan limbah genteng press dan tempat pengolahan limbahnya, di Laboratorium Politeknik Negeri Jember untuk pengujian sifat fisiknya yaitu uji SEM, Laboratorium Mineral dan Material Maju Universitas Negeri Malang dan Laboratorium hidro Tambang Institut Teknologi Bandung untuk pengujian kandungan senyawa dari limbah gentengnya dan PT. Merak Jaya Beton cabang area Jember untuk pembuatan benda uji berupa *paving block*.

#### 3.2 Persiapan Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Alat

Peralatan yang diperlukan untuk melakukan penelitian ini adalah:

1. Timbangan.
2. Mesin *shieve shaker*.
3. Oven yang dilengkapi pengatur suhu untuk memanasi sampai  $(110 \pm 5)$  oC.
4. Satu set ayakan (standar ASTM).
5. Sikat kuningan.
6. Mesin pencampur bahan (mixer/molen).
7. Mesin Pencetak *Paving Block*
8. Gelas ukur
9. Cetakan kubus  8 cm x 10,5 cm x 21 cm
10. Gerobak dorong
11. *Universal testing machine*.
12. Alat penakar berbentuk silinder terbuat dari logam atau kedap air dengan ujung dan dasar yang benar-benar rata.
13. Picnometer.

14. Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan.
15. *Mounting table*.
16. Cetakan kubus panjang sisi 5 cm.
17. Bak.
18. Sekop.
19. Loyang/talam.
20. Palu.
21. Jangka sorong.
22. Penggaris.

### 3.2.1 Bahan

Adapun bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah:

1. Semen

Semen yang digunakan adalah semen tipe 1.

2. Agregat halus (pasir)

Pasir yang digunakan adalah pasir lumajang.

3. Limbah serbuk genteng

Limbah serbuk genteng yang digunakan berasal dari desa kemunir lor, Lumajang.

4. Air

Air yang digunakan berasal dari saluran air bersih Laboratorium struktur Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

### 3.3 Pengujian Material

Pada penelitian ini dilakukan pengujian material yang berupa sifat fisis dari campuran *paving block* yang menggunakan limbah serbuk genteng sebagai substitusi parsial semen. Pengujian material yang dilakukan meliputi:

#### 3.3.1 Pengujian Bahan Ikat (Semen dan Serbuk Genteng)

Pengujian semen yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

1. Berat jenis

Alat dan bahan yang digunakan di dalam pengujian berat jenis:

- a. Botol Le Chatelier
- b. Timbangan
- c. Bak
- d. Thermometer
- e. Semen
- f. Minyak tanah
- g. Air

Prosedur pengujian:

- 1) Isi botol Le Chatelier dengan minyak tanah sampai permukaan dalam botol terletak pada skala antara 0 – 1, keringkan bagian dalam botol diatas permukaan cairan.
- 2) Rendam botol-botol Le Chatelier yang dimaksud pada butir 1) ke dalam bak berisi air; Biarkan botol-botol itu terendam selama  $\pm 60$  menit agar suhu botol tetap dan suhu cairan dalam botol sama dengan suhu air.
- 3) Setelah suhu cairan dalam botol dan air sama. Baca tinggi permukaan cairan terhadap skala botol, misalnya (V1).
- 4) Timbang berat semen sebanyak 64 gram (W).
- 5) Masukkan benda uji sedikit demi sedikit ke dalam botol, harus diusahakan seluruh benda uji masuk ke dalam cairan dan hindarkan adanya massa semen yang menempel di dinding dalam botol di atas permukaan.
- 6) Setelah seluruh benda uji dimasukkan, goyangkan perlahan-lahan botol itu selama  $\pm 30$  menit, sehingga seluruh gelembung udara dalam benda uji ke luar.
- 7) Rendam botol yang berisi benda uji dan cairan itu selama  $\pm 60$  menit, sehingga suhu larutan dalam botol sama dengan suhu air, lalu baca tinggi permukaan larutan pada skala botol, misalnya (V2).
- 8) Hitung berat jenis semen dan serbu genteng.

## 2. Beratt Volume

Alat dan bahan yang digunakan di dalam pengujian berat volume:

- a. Timbangan analitis



- b. Takaran berbentuk silinder
- c. Alat perojok besi dengan diameter 16 mm dan panjang 60 cm
- d. Semen Portland jenis 1

Prosedur Pengujian:

- Tanpa rojokan
  - 1) Silinder ditimbang dalam keadaan kering
  - 2) Diisi semen lalu diratakan permukaannya
  - 3) Menimbang silinder beserta semen
- Dengan rojokan
  - 1) Silinder ditimbang dalam keadaan kering
  - 2) Silinder diisi 1/3 bagian kemudian dirojok 25 kali hingga penuh
  - 3) Meraatakan semen dan ditimbang beratnya.

### 3.3.2 Pengujian Agregat halus

Dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat karakteristik dari agregat halus yang nantinya akan dibutuhkan untuk proporsi *paving block*. Pengujian agregat halus yang digunakan dalam campuran paving block meliputi:

1. Berat Volume
  - a. Alat dan Bahan
    - Timbangan analitis
    - Takaran berbentuk silinder
    - Alat perojok dan besi dengan diameter 16 mm dan panjang 60 mm
    - Pasir kering
  - b. Prosedur Pengujian
    - Tanpa rojokan
      - 1) Menimbang silinder dalam keadaan kering
      - 2) Mengisi silinder dengan pasir dan diratakan
      - 3) Menimbang silinder + pasir.
    - Dengan rojokan
      - 1) Menimbang silinder dalam keadaan kering
      - 2) Mengisi silinder 1/3 bagian dengan pasir kemudian dirojok 25 kali sampai silinder penuh, tiap-tiap bagian dirojok 25 kali

3) Menimbang silinder + pasir

2. Berat Volume

a. Alat dan Bahan

- Timbangan analitis
- Picnometer 100 cc
- Oven
- Pasir kondisi SSD (pasir yang sudah direndam selama 24 jam)

b. Prosedur Pengujian

- Menimbang picnometer
- Menimbang pasir kondisi SSD sebanyak 50 gram
- Memasukkan pasir ke dalam picnometer kemudian ditimbang
- Picnometer yang berisi pasir diisi air sampai penuh dan dipegang miring (diputar-putar) hingga gelembung udara keluar
- Picnometer diisi air hingga batas kapasitas dan ditimbang beratnya
- Picnometer kosong diisi air hingga batas kapasitas dan ditimbang beratnya

3. Kelembaban Pasir

a. Alat dan Bahan

- Timbangan analitis
- Oven
- Pan
- Pasir dalam keadaan asli.

b. Prosedur Pengujian

- Pasir dalam keadaan asli ditimbang beratnya 250 gram
- Pasir dimasukkan oven selama 24 jam dengan temperatur  $110 \pm 50$
- Mengeluarkan pasir dari oven, setelah dingin ditimbang beratnya.

4. Air Resapan Pasir

a. Alat dan Bahan

- Timbangan analitis
- Oven
- Pasir kondisi SSD

b. Prosedur Pengujian

- Menimbang pasir kondisi SSD sebanyak 100 gram
- Memasukkan oven selama 24 jam
- Pasir dikeluarkan dan setelah dingin ditimbang.

#### 5. Analisa Saringan

##### a. Alat dan Bahan

- Satu set ayakan ASTM
- Timbangan analitis
- Alat penggetar listrik (Shieve Shaker)
- Pasir dalam keadaan kering oven.

##### b. Prosedur Pengujian

- Menimbang pasir sebanyak 1000 gram.
- Memasukkan pasir dalam ayakan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan di atas, dan digetarkan dengan Shieve Shaker selama 10 menit.
- Pasir yang tertinggal dalam ayakan ditimbang.

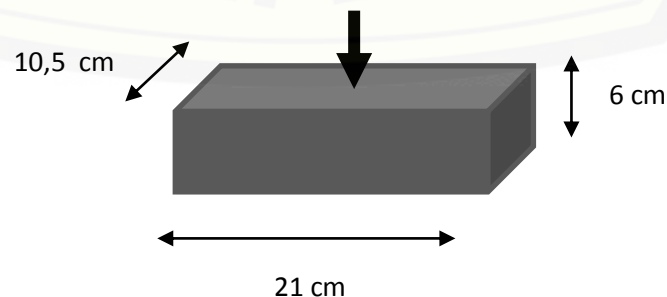
Mengontrol berat pasir = 1000 gram.

#### 3.3.3 Treatment Limbah Serbuk Genteng

Treatment yang dilakukan pada limbah serbuk genteng adalah dengan menaikkan suhu bakarnya menjadi 750°C, 800°C, 850°C, dan 900°C dengan lama waktu *holding* 5 jam menggunakan alat *Furnace* (Payun Tech).

#### 3.4 Model Benda Uji

Pengujian paving block terdiri dari kuat tekan dan penyerapan air. Untuk pengujian paving block diperlukan bentuk benda uji sebagai berikut:



**Gambar 3.1** Sketsa Benda Uji kubus  $\square$  6 cm x 10,5 cm x 21 cm

### 3.5 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dibuat dengan memproporsikan beberapa campuran bahan *paving block* (Semen, pasir dan air) dengan penggunaan limbah serbuk genteng sebagai bahan pozzolan pada substitusi penggunaan semen. Adapun rancangan penelitian yang akan dilaksanakan sebagaimana pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Varasi Benda Uji

Variasi Suhu (°C)	Prosentase campuran serbuk genteng (%)				Jumlah benda uji
	0	5	7,5	10	
0	6 buah	6 buah	6 buah	6 buah	24 buah
750	-	6 buah	6 buah	6 buah	18 buah
800	-	6 buah	6 buah	6 buah	18 buah
850	-	6 buah	6 buah	6 buah	18 buah
900	-	6 buah	6 buah	6 buah	18 buah
<b>Total</b>					96 Buah benda uji

Sumber: Hasil Perhitungan, 2018

### 3.6 Tahapan Pelaksanaan

Tahapan – tahapan dalam penelitian ini adalah:

#### 1. Tahap I

Tahap ini adalah permulaan dalam menentukan suatu bahan tambah yang digunakan sebagai campuran *paving block* yaitu limbah serbuk genteng. Studi literatur yang dilakukan dengan cara mengumpulkan data dari penelitian terdahulu tentang penggunaan limbah serbuk genteng dalam fungsinya menjadi substitusi bagi semen sehingga diperoleh kandungan yang terdapat di dalam bahan serta sebagai pedoman dalam menentukan proporsi bahan sebagai campuran *paving block*.

#### 2. Tahap II

Tahap ini merupakan tahap pendahuluan. Pada tahap ini dilakukan pengujian sifat bahan dan karakteristiknya seperti agregat halus, semen, dan limbah serbuk genteng serta pemberian *treatment* pada limbah serbuk genteng dengan pemabakaran pada suhu 750°C 800°C, 850 °C dan 900°C sebelum digunakan untuk bahan campuran *paving block*.

### 3. Tahap III

Tahap ini merupakan tahapan pelaksanaan. Pada tahapan ini dilakukan pembuatan benda uji paving block dengan perbandingan semen dan pasir 1: 4 dengan nilai Slump 0. Dimensi 6 x 10,5 x 21 cm dan bahan campur serbuk genteng pres yang telah dibakar masing-masing pada suhu 750°C 800°C, 850 °C dan 900°C pada variasi komposisi campuran yang telah ditentukan, yakni 0 %, 10% dan 15% FAS awal ditentukan sebesar 0,5 kemudian menyesuaikan dengan hasil pencetakan *paving block* sampai dihasilkan bentuk *paving block* yang sempurna. Langkah-langkah yang dilakukan diantaranya :

- a. Melakukan penimbangan pada setiap bahan yang akan digunakan untuk adukan paving block.
- b. Menyiapkan serbuk genteng yang telah dibakar pada suhu 750°C 800°C, 850 °C dan 900°C dengan prosentase 0%, 5% dan 7,5% dan 10% dari total kebutuhan semen. Sebelum di gunakan pada campuran paving block, serbuk genteng dilakukan pengujian XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk mengetahui kereaktifan dari senyawa yang ada pada serbuk genteng.
- c. Persiapan alat press paving block.
- d. Pembuatan paving block dengan alat pres hidrolik.

Setelah paving block sudah benar-benar padat cetakan selanjutnya dibuka, kemudian paving block diletakkan pada tempat datar. Perawatan paving block (*curing*) dilakukan dengan menjaga permukaan paving block tetap lembab sampai mencapai umur (28 hari) dilakukan dengan cara penyiraman berkala.



Gambar 3.2 Alat Mixer dan Mesin Press *Paving Block*

#### 4. Tahap IV

Tahap ini merupakan tahapan peninjauan benda uji yakni *paving block*. Pada tahap ini benda uji diangkat dari tempat perawatan kemudian dilakukan pengukuran dimensi serta ditimbang beratnya. Pengujian dilakukan pada hari ke 28 setelah proses pencetakan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Rumus: Kuat Tekan} = \frac{P}{L \times SF}$$

Keterangan:

- P = beban tekan (N)
- L = luas bidang tekan mm<sup>2</sup>
- SF = Faktor Koreksi Tebal



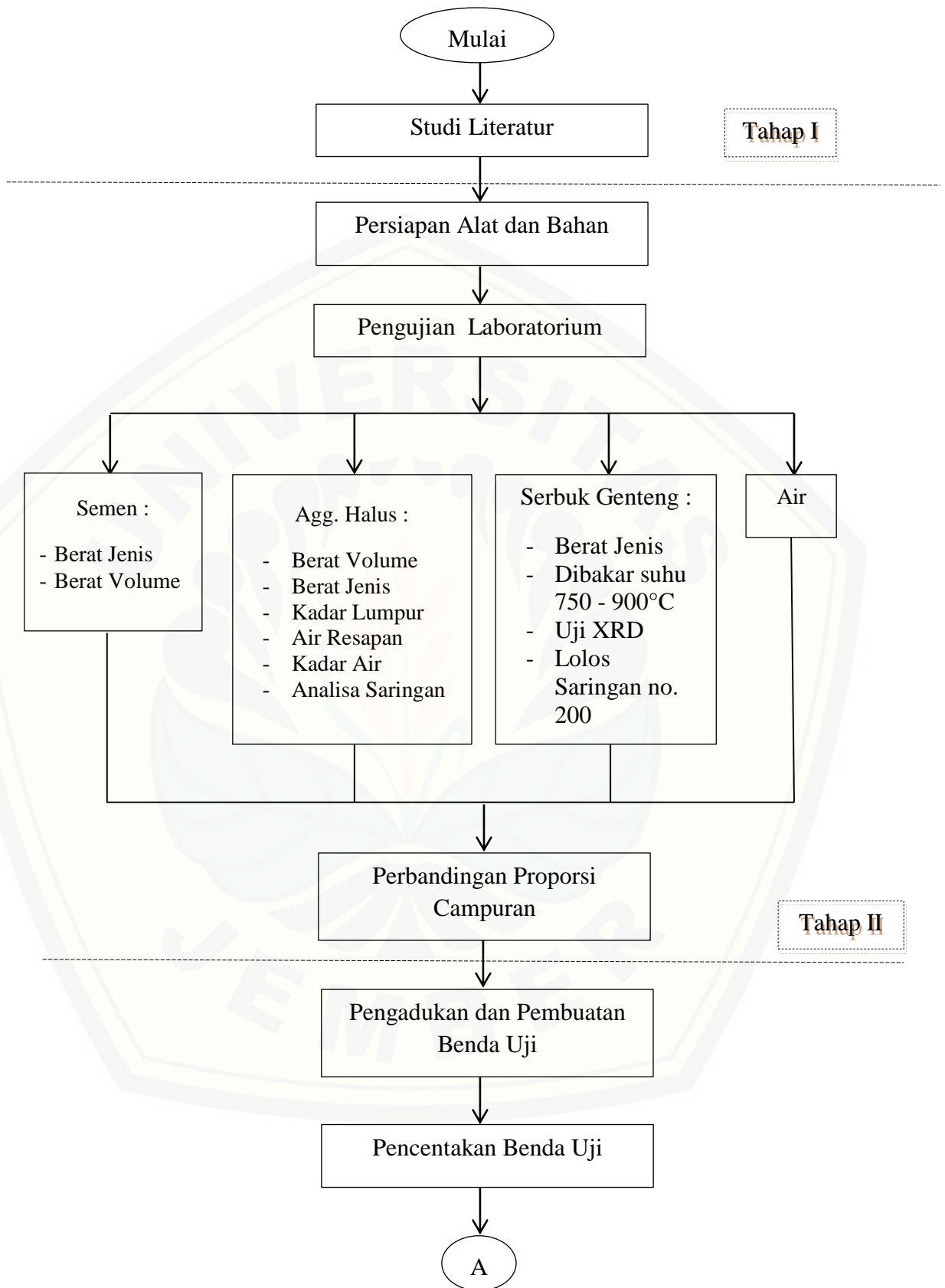
Gambar 3.3 Alat Uji Kuat Tekan Manual dan Digital

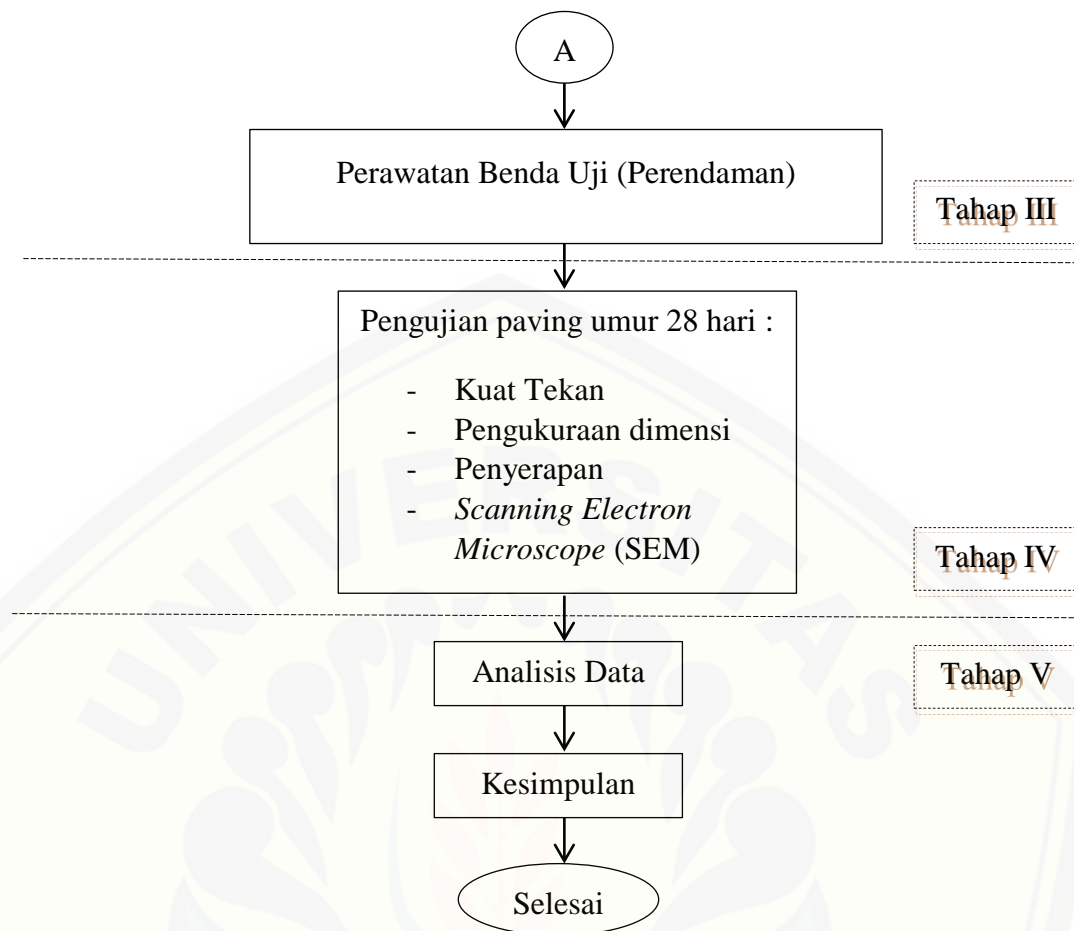
Pada tahapan ini juga dilakukan uji Karakteristik benda uji antara lain sifat fisik dan mekanis. Sifat fisik antara lain pengujian SEM, sifat mekanis antara lain uji resapan, porositas dan performance dari paving block.

#### 5. Tahap V

Tahap ini disebut juga tahap final, data yang diperoleh dari pengujian selanjutnya dilakukan analisis sehingga di dapat suatu kesimpulan. Kuat tekan dari proporsi campuran dan serbuk genteng yang ditentukan dilakukan analisa hasil terbaik kemudian data tersebut ditinjau berdasar kelas kuat paving block sesuai SNI 03 – 0691 - 1996.

Tahapan tersebut dapat dilihat pada gambar:





Gambar 3.4 Bagan Alir Tahap Penelitian

### 3.7 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, pengumpulan data yang dilakukan ada dua macam yaitu data primer dan data sekunder.

#### 3.7.1 Data Primer

Dalam penelitian ini data primer diperoleh dari hasil pengamatan dan pengujian benda uji. Beberapa hal yang diamati dan diuji dalam penelitian ini adalah dimensi, berat, dan kuat tekan paving block. Pengujian dilakukan setelah paving block mencapai umur 28 hari, sampel benda uji untuk masing – masing pengujian berjumlah 6 buah untuk setiap variasi campuran dan Proporsi serbuk genteng.



### **3.7.2 Data Sekunder**

Data sekunder diperoleh dari referensi pustaka dan penelitian terdahulu yang telah dilakukan sebelumnya yang berhubungan dengan penelitian ini.

### **3.8 Analisa Hasil Pengujian dan Menarik Kesimpulan Penelitian**

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan dan pengujian tersebut kemudian diolah dan dianalisis. Hasil analisis penelitian ini disajikan dalam bentuk tabel maupun grafik yang nantinya dapat diambil suatu kesimpulan mengenai penelitian ini, sehingga dapat digunakan sebagai referensi dalam produksi paving block.



## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

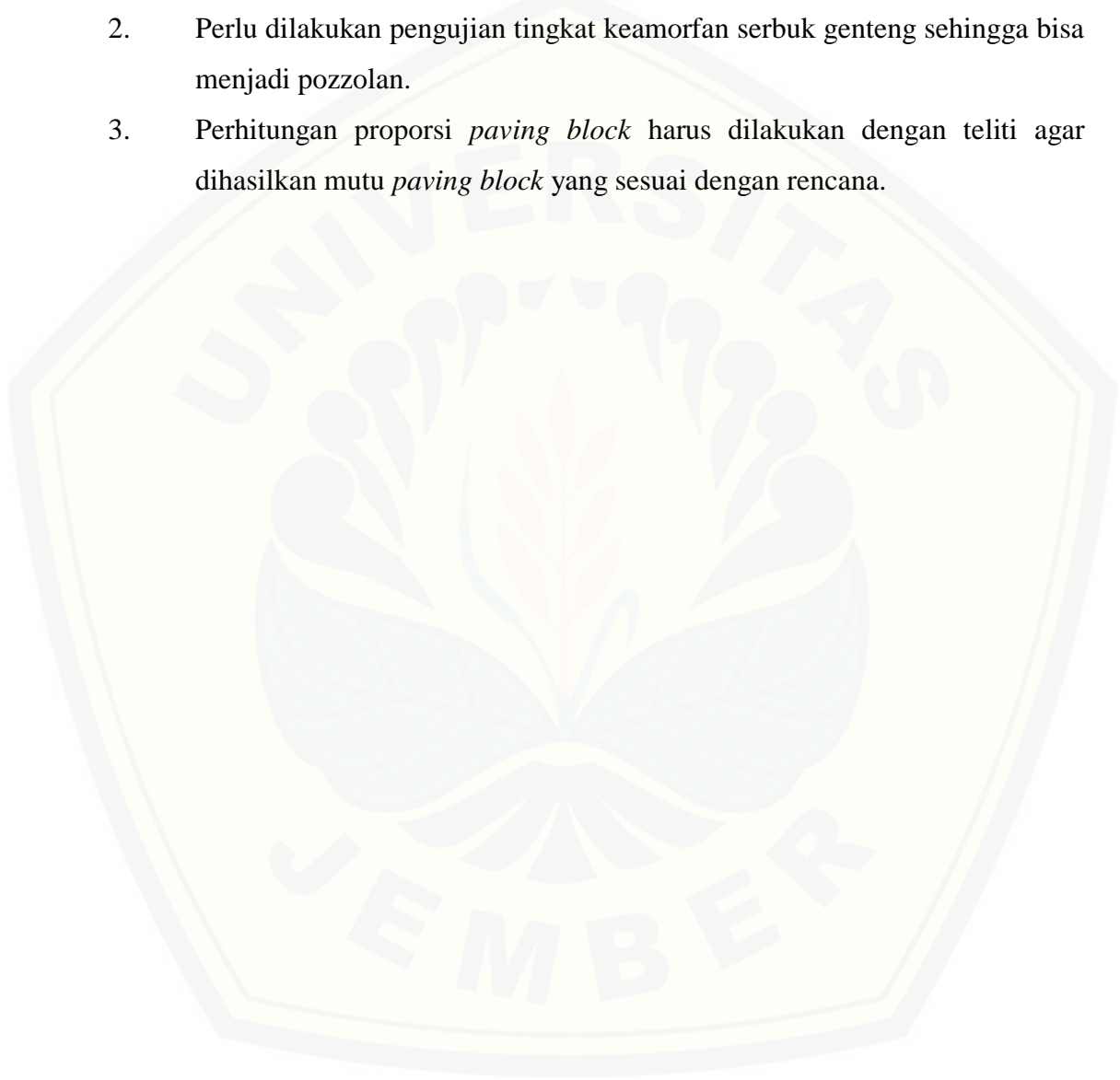
Berdasarkan hasil penelitian dan analisa mengenai karakteristik kuat tekan *paving block* dengan substitusi serbuk limbah genteng sebagai material pozzolan aktif dengan parameter variasi suhu, maka dapat diambil kesimpulan dari hasil pengujian bahwa:

1. Limbah serbuk genteng press Kunir Lumajang setelah memlalui proses *treatment* (pembakaran) dan dilakukan uji XRD, hasilnya berikut:
  - a. Suhu 750°C terdapat senyawa: Quartz ( $\text{SiO}_2$ ), Andesine ( $\text{Na}_{.499} \text{Ca}_{.491}$ ) ( $\text{Al}_{1.488} \text{Si}_{2.506} \text{O}_8$ ).
  - b. Suhu 800°C terdapat senyawa: Quartz ( $\text{SiO}_2$ ), Labradorite ( $\text{Ca}_{0.65} \text{Na}_{0.32}$ ) ( $\text{Al}_{1.62} \text{Si}_{2.38} \text{O}_8$ ).
  - c. Suhu 850°C terdapat senyawa: Quartz ( $\text{SiO}_2$ ) 26%, Hematite ( $\text{Fe}_2 \text{O}_3$ ) 3%, Anorthite ( $\text{Ca Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_8$ ) 59%, Forsterite ( $\text{Mg}_2 \text{SiO}_4$ ) 12%.
  - d. Suhu 900°C terdapat senyawa: Iron Oxide ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) 7%, Anorthite ( $\text{Ca Al}_2 \text{Si}_2 \text{O}_8$ ) 73%, Forsterite ( $\text{Mg}_2 \text{SiO}_4$ ) 20%.
2. Variasi suhu dalam campuran berpengaruh pada sifat mekanis *paving block*, Namun tidak pada sifat fisiknya.
  - a. Pada komposisi 750 °C, 800 °C, 850 °C, dan 900 °C memiliki kecenderungan fisik yang seragam, seperti tampak fisik dan penyerapan. *Paving block* memiliki daya serap yang cenderung naik pada setiap kenaikan prosentase penambahan substitusi serbuk genteng yaitu 0%, 5%, 7,5% dan 10%.
  - b. Hasil kuat tekan rata-rata *paving block* dengan substitusi serbuk genteng menggunakan variasi suhu 750 °C, 800 °C, 850 °C, dan 900 °C dengan prosentase substitusi berturut-turut sebesar 0%, 5%, 7,5% dan 10% setelah diuji pada umur 28 hari, diketahui kuat tekan *paving block* meningkat pada setiap kenaikan suhu. Namun, akan menurun pada setiap penambahan prosentase serbuk genteng pada masing-masing suhu.

## 5.2. Saran

Beberapa Saran yang dapat dianjurkan berkaitan dengan hasil penelitian yang sudah dilakukan yaitu:

1. Untuk penelitian selanjutnya, perlu penelitian lebih lanjut tentang penggunaan serbuk genteng sebagai pozzolan, sehingga lebih amorf karakteristiknya dengan cara menaikkan suhu bakar.
2. Perlu dilakukan pengujian tingkat keamorfan serbuk genteng sehingga bisa menjadi pozzolan.
3. Perhitungan proporsi *paving block* harus dilakukan dengan teliti agar dihasilkan mutu *paving block* yang sesuai dengan rencana.



DAFTAR PUSTAKA

- Ade ilham, 2005. *Pengaruh Sifat-sifat Fisik dan Kimia Bahan Pozzolan pada Beton Kinerja Tinggi*. Volume 13, No.3. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
- Adi, W. K. 2012. *Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel dan Nanotube TiO<sub>2</sub> untuk Aplikasi Sel Surya Tersensitasi Zat Pewarna*. Skripsi. Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- ASTM C 618-94, *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*. United States: Association of Standard Testing Materials.
- Badan Standar Nasional. 1989. *SNI S-04-1989-F, Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A*.
- Badan Standarisasi Nasional. 1990. *SNI 03-1974-1990: Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*.
- Badan Standar Nasional. 1996. *SNI 03-0691-1996, Bata Beton (Paving Block)*.
- Badan Standar Nasional. 2004. *SNI 15-0302-2004, Semen Portland Pozzoland*.
- Baskaran, K and K. Gopinath, 2013. *Study on applicability of ACI and DoE Mix Design Methods for Paving Blocks*, The Institution of Engineers, Sri Lanka.
- Bektas F., 2014. *Alkali reactivity of crushed clay brick aggregate*, USA: Iowa State University, Ames, IA.
- Bragman, C.P and Goncalves, M.R.F. 2006. *Thermal Insulators Made With Rice Husk Ashes: Production and Correlation Between Properties and Microstructure*. Department of materials, school of engineering, federal university of rio grande do sul, Brasil.
- Cotton, F. A. and Walkinson,G. 1989. *Kimia Anorganik*. UI Press. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal: SNI 03-2834-2000*. Badan Standarisasi Nasional.
- Dinda Bagus E, dkk. 2016. *Analisa Petrografi dan X-Ray Diffraction untuk Deteksi Kalsit Non Destruktif dari Fosil Karang Porites Endapan Terumbu Kuater Kendari Sulawesi Tenggara: Jurnal Riset Geologi dan Tambang Vol.26, No 1*.
- Frank Edwin. 2007, *Evaluasi Karakteristik Deposit Tras Gunung Kidul dan*

*Kulon Progo D.I.Y Yogyakarta sebagai Bahan Substitusi Semen Portland : Berita Teknologi Bahan dan Barang Teknik No.21.*

Husin dan Andriati Amir. 1998, *Pemanfaatan Limbah Untuk Bahan Bangunan*, Jakarta.

Hutagaol , Debora dan Ronald Butar. 2016. *Penggunaan Limbah Bata Merah Sebagai Tambahan Semen dalam Pembuatan Paving Block* : Jurnal Education Building Volume 2, No.1.

Lea, F.M., 1970, *The chemistry of cement and concrete (3rd edition)*. New York: Chemical Publishing Co. Inc, hal. 727.

<https://geology.com/minerals/mohs-hardness-scale.shtml> [Diakses pada tanggal 24 Juni 2018]

Kartika Ratri A, dkk 2008. *Pengaruh Serbuk Kaca dan Variasi Suhu Pembakaran Pembuatan Genteng Lempung Sedimentasi Banjir Kanal Timur Kota Semarang terhadap Kuat Tekan serta Daya Serap terhadap Air* : Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi 11 (3) (2008) : 63 - 69

Mei Indra K, dkk 2013. *Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Kekuatan Tekan Dan Porositas Genteng Tanah Liat Kabupaten Pringsewu* : Jurnal FEMA, Vol. 1 No.1.

Musabbikah dan Sartono Putro, 2007. *Variasi Komposisi Bahan Genteng untuk Mendapatkan Daya Serap Air yang Optima*. Surakarta :Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Nawy, E.G. 2005. *Reinforced Concrete A Fundamental Approach*.United States of America. Pearson Prentice Hall.

Nugraha, Paul dan Antoni. 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta. Andi

Nurlina, Siti dkk. 2014. *Pengaruh Penggunaan Limbah Batu Bata Sebagai Semen Merah Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Mortar*: Jurnal Rekayasa Sipil / Vol. 8, No.2.

P. Sebayang, dkk, 2010. *Pembuatan Keramik Gerabah Berbasis Limbah Padat dari Industri Pulp dan Tanah Liat* : Teknologi Indonesia 33(2) 2010: 79-85.

Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia. 1982. PUBLI, 1982, "Persyaratan agregrat bahan konstruksi".


Pujianto, T.H., 2009. *Pengaruh Konsentrasi Natrium Hidroksida dan Temperatur Anil terhadap Struktur Nano dan Tingkat Kristalinitas TiO<sub>2</sub> Nanotubes*. Skripsi. Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

- Rahmatullah, Dany, dkk 2014. *Efektivitas Penggunaan Limbah Non-Organik Tutup Botol “Kempyeng” dan Serbuk Kaca Sebagai Material Substitusi Parsial Pada Konstruksi Kolom Beton*, Jember : Universitas Jember.
- Ridwan, 2017. *Pembuatan Paving Block dengan Bahan Campur Serbuk Genteng Press Desa Kunir Lumajang sebagai Substitusi Semen*, Jember : Universitas Jember.
- Robayo A Rafael, dkk, 2016. *Alternative cements based on alkali-activated red clay brick waste*. Colombia : Universidad del Valle, Cali.
- Shallman, R.E and Bishop, R.J, 2000. *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. Jakarta: Erlangga
- Sherlina, dkk, 2016. *Studi Kuat Tekan Paving Block dari Campuran Tanah, Semen, dan Abu Sekam Padi Menggunakan alat Pematik Modifikasi*. JRSSD, Vol 4, No. 1
- Sugiyono, 2006. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D* : Alfabeta
- Tjokrodinuljo, K., 1996, “*Teknologi Beton*” Yogyakarta : Nafiri.
- Tutu Rais, dkk, 2015. *Studi Analisis Karakterisasi dan Mikrostruktur Mineral Sedimen Sumber Air Panas Sulili di Kabupaten Pinrang*, Makasar : Universitas Negeri Makasar
- Wikana, Iwan dan Waruwu, D, 2013. *Pengaruh Tumbukan Genteng Keramik terhadap Pegurangan Berat Semen Ditinjau dari Kuat Tekan Paving Block*. Yogyakarta : Universitas Kristen Immanuel.
- Yi, F., Z.X Guo, L.X. Zhang, J. Yu and Q. Li. 2004. *Soluble Eggshell Membrane Protein: Preparation, Characterization and Biocompatibility*. *Biomaterials* 25(19): 4591–4599.
- Yulli, Ariyadi. 2010. *Pengujian Karakteristik Mekanik Genteng*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.



LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1. Persiapan dan Proses *Treatment* Serbuk Genteng

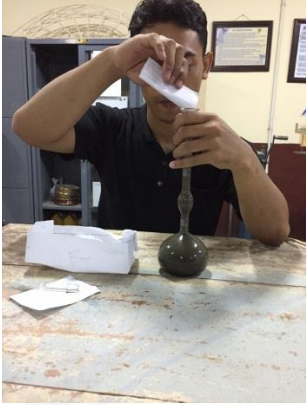

No	Dokumentasi	Kegiatan	Tempat
1.		<p>Pecahan Limbah Serbuk Genteng</p>	<p>Desa Kunir, Lumajang</p>
2.		<p>Penghalusan Pecahan Genteng dengan Alat Penggiling</p>	<p>Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Jember</p>
3.		<p>Shieve shaker dan saringan 200 (untuk menyaring serbuk genteng)</p>	<p>Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Jember</p>

<p>4.</p>		<p>Serbuk genteng press lolos ayakan 200mm</p>	<p>Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Jember</p>
<p>5.</p>		<p>Alat Furnace</p>	<p>Laboratorium Kemasan Teknik Mesin Universitas Jember</p>



Lampiran 2. Pengujian Semen


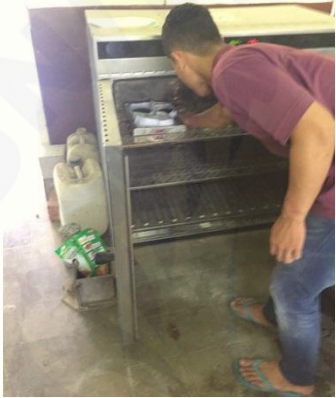

No	Dokumentasi	Pengujian	Tempat
<p>1.</p>		<p>Semen</p>	<p>Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Jember</p>
<p>2.</p>		<p>Semen (Berat Volume)</p>	<p>Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Jember</p>






<p>3.</p>		<p>Semen (Berat Jenis)</p>	<p>Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Jember</p>
<p>4.</p>		<p>Semen (Berat Jenis)</p>	<p>Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Jember</p>

Lampiran 3. Pengujian Pasir

No	Dokumentasi	Pengujian	Tempat
<p>1.</p>		<p>Pasir</p>	<p>Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Jember</p>
<p>2.</p>		<p>Pasir (Berat Volume)</p>	<p>Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Jember</p>


<p>3.</p>		<p>Pasir (Berat Volume)</p>	<p>Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Jember</p>
<p>4.</p>		<p>Pasir (Kelembaban)</p>	<p>Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Jember</p>
<p>5.</p>		<p>Pasir (Resapan)</p>	<p>Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Jember</p>




Lampiran 4. Pembuatan Benda Uji

No	Dokumentasi	Kegiatan	Tempat
1.		<p>Persiapan Bahan</p>	<p>PT. Merak Jaya Beton (<i>readymix</i>) Area Jember</p>
2.		<p>Pengecoran</p>	<p>PT. Merak Jaya Beton (<i>readymix</i>) Area Jember</p>
3.		<p>Pencetakan Campuran dengan Mesin Cetak Getar</p>	<p>PT. Merak Jaya Beton (<i>readymix</i>) Area Jember</p>

<p>4.</p>		<p><i>Paving Block</i> setelah dicetak</p>	<p>PT. Merak Jaya Beton (<i>readymix</i>) Area Jember</p>
<p>5.</p>		<p>Perawatan <i>Paving Block</i></p>	<p>Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Jember</p>




Lampiran 5. Pengujian Kuat Tekan

No	Dokumentasi	Pengujian	Tempat
<p>1.</p>		<p><i>Paving Block</i></p>	<p>Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Jember</p>




<p>2.</p>		<p>Pengukuran Dimensi <i>Paving Block</i></p>	<p>Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Jember</p>
<p>3.</p>		<p>Pengujian <i>Paving Block</i> dengan Mesin Press Manual</p>	<p>Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Jember</p>
<p>4.</p>		<p>Hasil Dial Pengujian <i>Paving Block</i></p>	<p>Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Jember</p>



5.		<p>Pola Keretakan <i>Paving Block</i> Pasca Uji Tekan</p>	<p>Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Jember</p>
----	---	---	--

Lampiran. 6 Pengujian Penyerapan Air

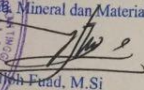
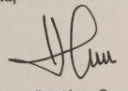
No	Dokumentasi	Kegiatan	Tempat
1.		<p>Pecahan Limbah Serbuk Genteng</p>	<p>Desa Kunir, Lumajang</p>
2.		<p>Penimbangan Paving Block Kondisi Jenuh</p>	<p>Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Jember</p>
3.		<p>Paving Block di Oven sebelum ditimbang dalam kondisi Kering</p>	<p>Laboratorium Struktur Teknik Sipil Universitas Jember</p>

Lampiran 7. Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM)

No	Dokumentasi	Pengujian	Tempat
1.		<p>Sampel Pecahan <i>Paving Block</i> yang akan di Uji</p>	<p>Laboratorium BIOSAIN Politeknik Negeri Jember</p>
2.		<p>Penyettingan Sampel</p>	<p>Laboratorium BIOSAIN Politeknik Negeri Jember</p>
3.		<p>Sampel Dimasukkan ke dalam Alat <i>Tableto Microscope</i></p>	<p>Laboratorium BIOSAIN Politeknik Negeri Jember</p>

<p>4.</p>		<p>Pengaturan Alat</p>	<p>Laboratorium BIOSAIN Politeknik Negeri Jember</p>
<p>5.</p>		<p>Proses <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)</p>	<p>Laboratorium BIOSAIN Politeknik Negeri Jember</p>

Lampiran 8. Pengujian dan Hasil X-Ray Diffraction (XRD)

<p>No. <u>51</u></p> <p>Telah terima dari <u>Rossy Nain NJ-UNEJ</u></p> <p>Uang Sejumlah <u>= Tiga Ratus Ribu Rupiah =</u></p> <p>Untuk Pembayaran <u>Analisa XRD 2 sampel</u></p> <p>Terbilang Rp <u>300.000,-</u></p>	<p>KAN TINGGI</p> <p>N ALAM JU</p> <p><u>9.12.2017</u></p> <p>Malang, 15 Januari 2018</p> <p>a.n Nurul Hidayat</p>
<p>2. XRD : Rp. <u>400.000,-</u></p> <p>3. XRF : Rp. <u>-</u></p> <p>4. FTIR : Rp. <u>-</u></p> <p>5. GCMS : Rp. <u>-</u></p> <p>6. DTA/TGA : Rp. <u>-</u></p> <p>7. : Rp. <u>-</u></p> <p>8. : Rp. <u>-</u></p> <p>Jumlah : Rp. <u>400.000,-</u></p>	<p>Mengetahui, a.n. Dekan Kepala Lab. Mineral dan Material Maju</p> <p> Dr. Abdurrahman Puad, M.Si NIP. 196302221988121002</p> <p>Malang, 15 Desember 2017. Penerima,</p> <p> Nurul Hidayat NIP. ....</p>





**Laboratory of Hydrogeology and Hydrogeochemistry  
Mining Engineering Department, ITB**

Address : Gedung Teknik Pertambangan ITB, Lantai IV, Jl. Genesha No. 30 Bandung  
Phone : 022 250 2239, line 148 Fax : 022 250 4209

**FORM PENERIMAAN SAMPEL**

Keterangan: (\*) coret yang tidak perlu

Nama : Rossy Nain Nopen Juwari  
 NIM /NPM(\*) : 141910301100  
 Tanggal Penyerahan : 15 Maret 2018  
 Judul / Topik Penelitian (\*) : KARAKTERISTIK KUAT TEKAN PAVING BLOCK DENGAN SUBSTITUSI SERBUK LIMBAH GENTENG SEBAGAI MATERIAL POZZOLAND AKTIF DENGAN PARAMETER VARIASI  
 Nomor Handphone : SUHU  
 e-mail : 081357790447  
 Universitas / Instansi / Perusahaan (\*) : Rossynain52@gmail.com  
 Program Studi : Universitas Jember  
 Fase Sampel (\*) : S1 Teknik Sipil  
 Jenis Pengujian (\*) : 1. Bulk 2. Powder 3. Cair  
 Jumlah Sampel : 1. XRD 2. XRF 3. SEM 4. EDS  
 List Kode Sampel : 2 (Dua)  
 1. BC 750  
 2. AC 800  
 XRD - 2θ : 5 ° hingga 90° (Default : 15° - 65°)  
 XRD - Perkiraan Mineral pada Sampel (isi jika ingin dianalisis sekalian) : Ya (Pengujian & Hasil Analisis)  
 Pengembalian Sampel (\*) : 1. Ya 2. Tidak

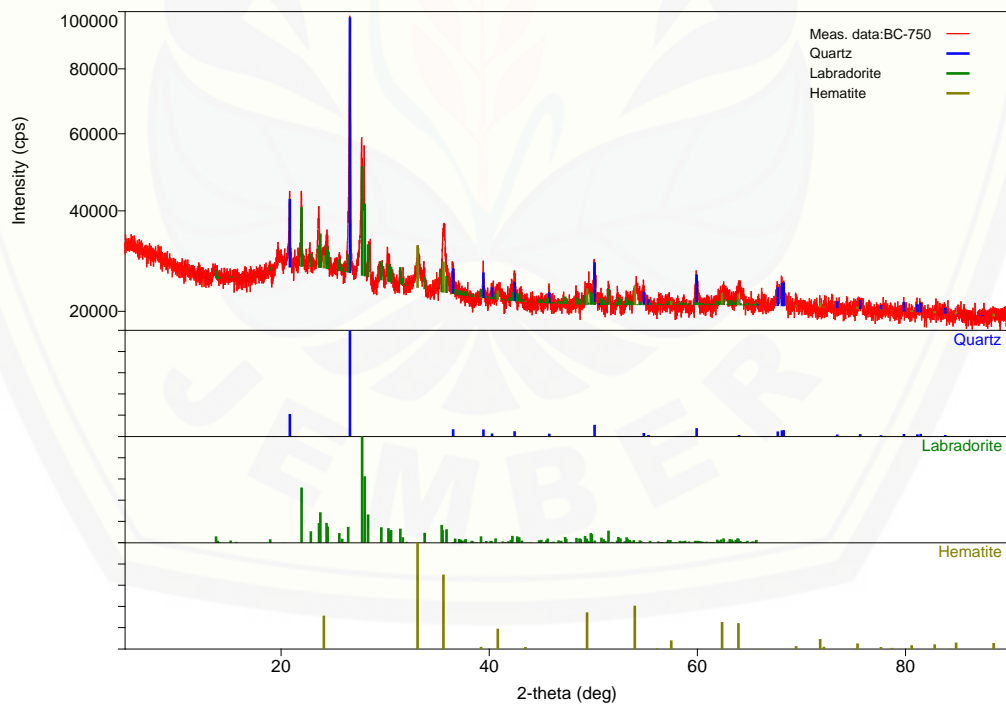
## Qualitative Analysis Results

### General information

Analysis date 2018/04/01 19:13:33  
Sample name BC-750 Measurement date 2018/03/31 13:09:24  
File name BC-750.ras Operator administrator  
Comment

Phase name	Formula	Figure of merit	Phase reg. detail	DB card number
Quartz	Si O2	0.387	ICDD (PDF2.DAT)	01-079-1910
Andesine - from Hogarth Ranges, Australia	Na.499 Ca.491 ( Al1.488 Si2.506 O8 )	0.698	ICDD (PDF2.DAT)	01-079-1148
Hematite	Fe2 O3	0.990	ICDD (PDF2.DAT)	01-072-0469

### Phase data pattern



## Qualitative Analysis Results

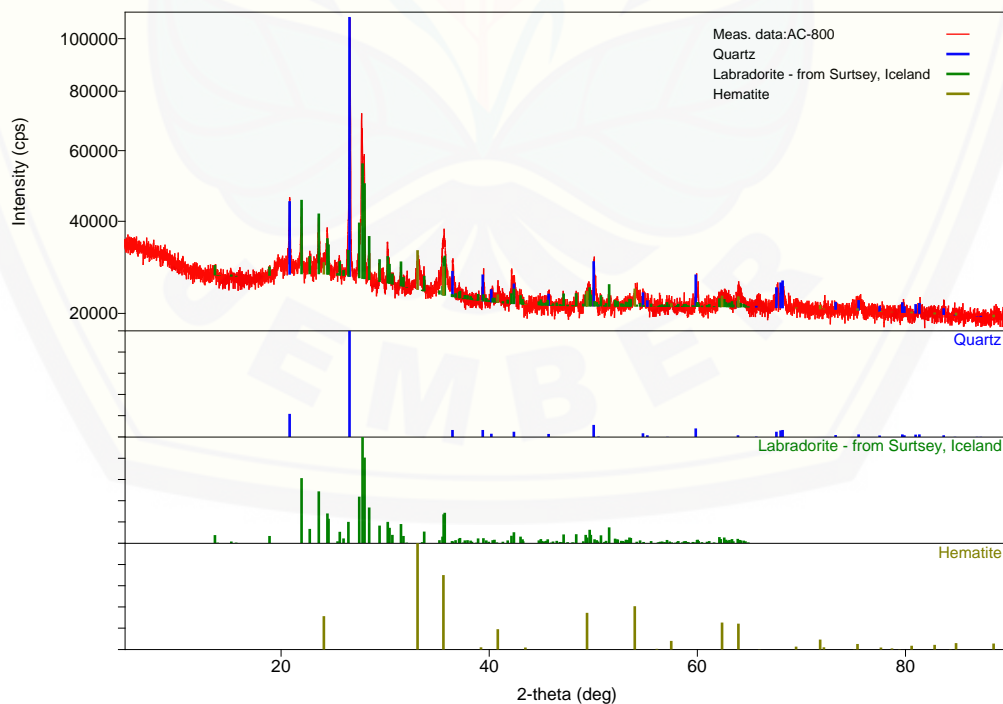
### General information

Analysis date 2018/04/01 19:10:45  
Sample name AC-800 Measurement date 2018/03/31 13:02:42  
File name AC-800.ras Operator administrator  
Comment

### Qualitative analysis results

Phase name	Formula	Figure of merit	Phase reg. detail	DB card number
Quartz	Si O <sub>2</sub>	0.340	ICDD (PDF2.DAT)	01-083-0539
Labradorite - from Surtsey, Iceland	Ca <sub>0.65</sub> Na <sub>0.32</sub> ( Al <sub>1.62</sub> Si <sub>2.38</sub> O <sub>8</sub> )	0.807	ICDD (PDF2.DAT)	01-083-1368
Hematite	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.270	ICDD (PDF2.DAT)	01-072-0469

### Phase data pattern



X'Pert HighScore	X'Pert HighScore Report	date: 01/08/18
PANalytical		for internal use only

**LABORATORIUM MINERAL  
DAN MATERIAL MAJU  
UNIVERSITAS NEGERI  
MALANG**

**Report on  
C887 (850 5 Jam)**



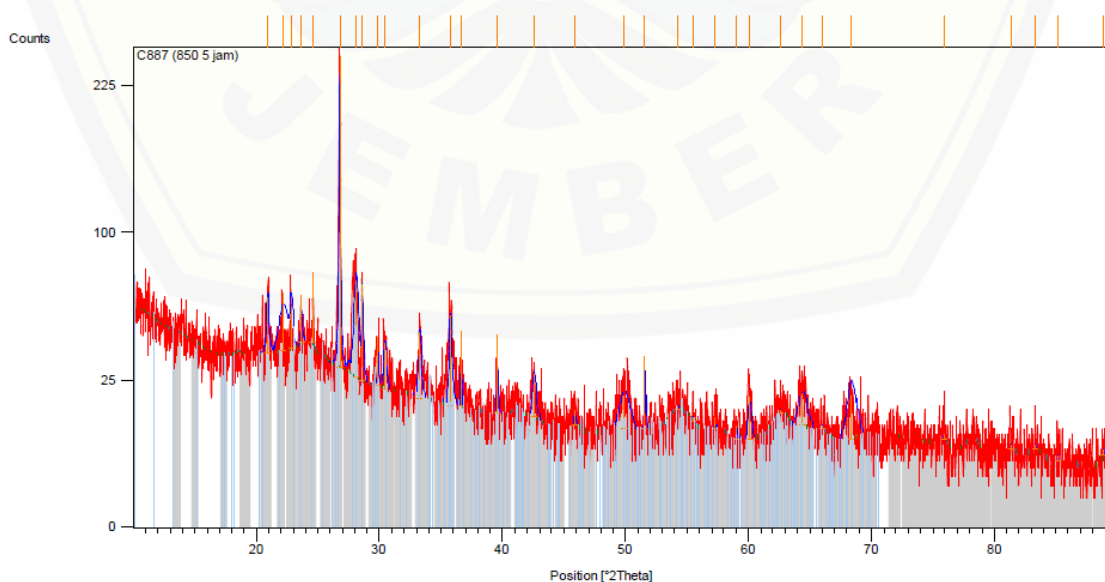
**Distribution:**

Name	Function	0.1	0.5	1.0
N.N.-999	Masterking Group Manager (MGM)	✓		
N.N.-998	Product Ontwikkelt Manager (POM)	✓		
N.N.-1	(AS)			✓
N.N.-2	(DS)			✓
N.N.-3	(BS)			✓
T.P.	Supervisor All Coding			✓

Last saved by HP	Draft	file: Rosy Nain NJ UNEJ C887 (850 5 jam )	rev: 1
PANalytical © 2018 B.V. All Rights Reserved			No. of pages: 1/14

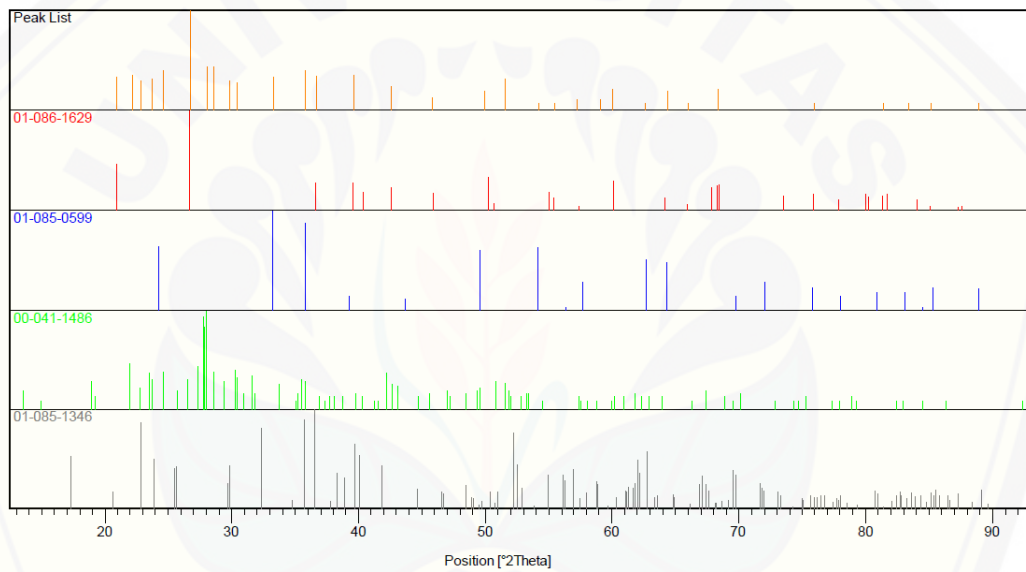
Report  
HighScore


X'Pert



**Identified Patterns List:** (C887 (850 5 Jam))

Visible	Ref. Code	Compound Name	Perct. (%)	Chemical Formula
*	01-086-1629	Quartz	26	Si O <sub>2</sub>
*	01-085-0599	Hematite	3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
*	00-041-1486	Anorthite	59	Ca Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>
*	01-085-1346	Forsterite	12	Mg <sub>2</sub> ( Si O <sub>4</sub> )

**Plot of Identified Phases:** (C887 (850 5 Jam))

X'Pert HighScore	X'Pert HighScore Report	date: 01/08/18
PANalytical		for internal use only

**LABORATORIUM MINERAL DAN  
MATERIAL MAJU UNIVERSITAS  
NEGERI MALANG**

**Report on  
C886 (900 5 Jam)**



**Distribution:**

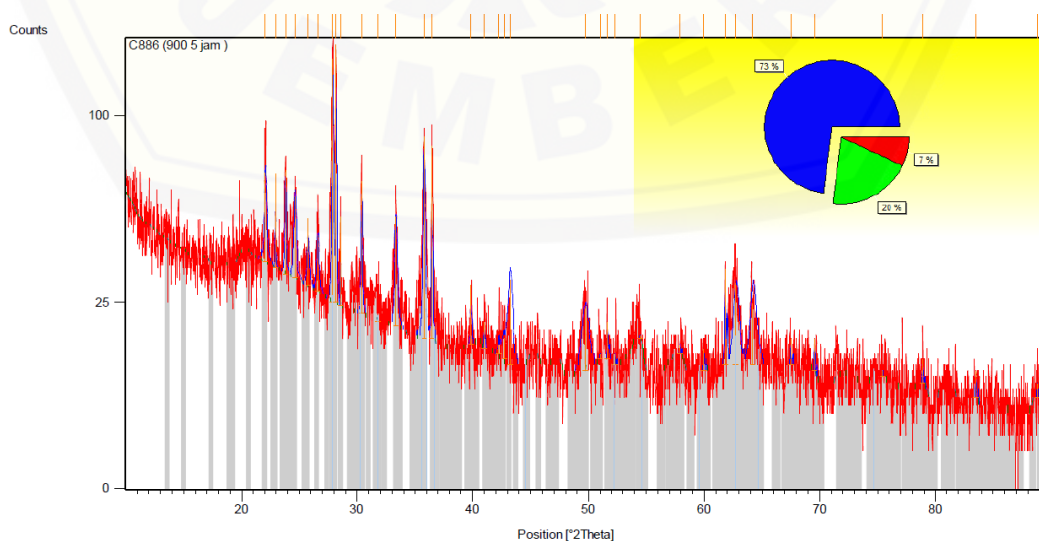
Name	Function	0.1	0.5	1.0
N.N.-999	Masterking Group Manager (MGM)	✓		
N.N.-998	Product Ontwikkelt Manager (POM)	✓		
N.N.-1	(AS)			✓
N.N.-2	(DS)			✓
N.N.-3	(BS)			✓
T.P.	Supervisor All Coding			✓

Last saved by HP	Draft	file: Rossy Nain NJ UNEJ C886 (900 5 jam )	rev: 1
PANalytical © 2018 B.V. All Rights Reserved			No. of pages:

Report  
HighScore

X'Pert

**Graphics:** (C 886 (900 5 Jam))





**Identified Patterns List:** (C 886 (900 5 Jam))

Visible	Ref. Code	Compound Name	Perct. (%)	Chemical Formula
*	01-084-0308	Iron Oxide	7	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
*	00-041-1486	Anorthite	73	Ca Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub>
*	01-085-1346	Forsterite	20	Mg <sub>2</sub> ( Si O <sub>4</sub> )

**Plot of Identified Phases:** (C 886 (900 5 Jam))