

## LUMPUR SIDOARJO (LUSI)

Sebagai Bahan Konstruksi yang Ramah Lingkungan pada Saluran Irigasi Tersier

Fenomena semburan lumpur panas diyakini sebagai aktivitas pembentukan gunung lumpur atau mud volcano. Walaupun semburan (kick) relatif tidak besar, namun luapan lumpurnya masih mempunyai potensi untuk menimbulkan ancaman yang serius.

Pembangunan infrastruktur penanganan luapan lumpur dilaksanakan berdasar Rencana Induk Penanggulangan Lumpur Sidoarjo, yang mempunyai prinsip berkelanjutan, terdiri dari rencana penanganan luapan lumpur dan infrastruktur sekitar semburan, rencana pengamanan Kali Porong dan penanganan endapan lumpur di muara.

Sehubungan dengan hal tersebut maka peneliti tergerak untuk memberikan kontribusi nyata melalui program Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT) tahun 2021. Peneliti memandang perlu melakukan inovasi baru untuk memanfaatkan lumpur Lapindo sebagai bahan pengganti pasir / batu untuk campuran pasangan konstruksi lining saluran irigasi.

Riset ini seyogyanya dapat dilaksanakan dan menghasilkan kekuatan serta prosentase bahan adukan guna memenuhi standar tentang saluran irigasi. Jika riset ini berhasil maka akan dapat terwujud inovasi nasional. Peneliti akan melakukan riset mengenai pemanfaatan Lumpur Sidoarjo (Lusi) sebagai bahan campuran lining pasangan batu pada saluran irigasi dan drainasi.

Keuntungan dan manfaat kegiatan/riset yang akan dilakukan adalah, memanfaatkan Lumpur Sidoarjo (Lusi) sebagai bahan bangunan yang ramah lingkungan untuk mendukung konstruksi saluran irigasi tersier.

Lumpur Sidoarjo (Lusi) Sebagai Bahan Konstruksi yang Ramah Lingkungan pada Saluran Irigasi Tersier

Dr. Ir. Lies Kurniawati Wulandari, MT., & Tim



# Lumpur Sidoarjo (Lusi)

Sebagai Bahan Konstruksi yang Ramah Lingkungan pada Saluran Irigasi Tersier

Dr. Ir. Lies Kurniawati Wulandari, MT. (Ketua)

Ir. I Wayan Mundra, MT. (Anggota 1)

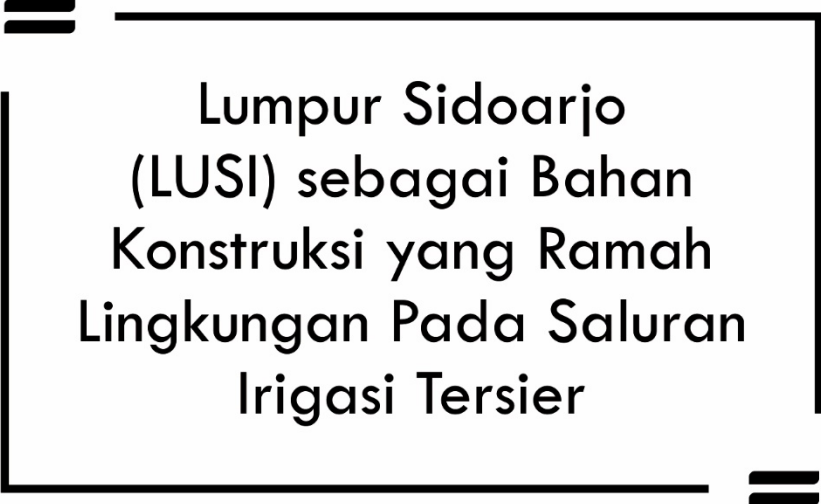
Ir. Maranatha Wijayaningtyas, ST, MMT, PhD. (Anggota 2)



Lumpur Sidoarjo  
(LUSI) sebagai Bahan  
Konstruksi yang Ramah  
Lingkungan Pada Saluran  
Irigasi Tersier



Dr. Ir. Lies Kurniawati Wulandari, M.T. (*Ketua*)  
Ir. I Wayan Mundra, M.T. (*Anggota 1*)  
Ir. Maranatha Wijyaningtyas, S.T., M.M.T., Ph.D. (*Anggota 2*)



**Lumpur Sidoarjo  
(LUSI) sebagai Bahan  
Konstruksi yang Ramah  
Lingkungan Pada Saluran  
Irigasi Tersier**

Malang  
2021



# **LUMPUR SIDOARJO (LUSI) SEBAGAI BAHAN KONSTRUKSI YANG RAMAH LINGKUNGAN PADA SALURAN IRIGASI TERSIER**

**Edisi Pertama**

Copyright© 2021

Cetakan Pertama: Oktober, 2021

Ukuran: 15,5cm x 23cm; Halaman: viii + 124

Penulis:

**Dr. Ir. Lies Kurniawati Wulandari, M.T.**

**Ir. I Wayan Mundra, M.T.**

**Ir. Maranatha Wijayaningtyas, S.T., M.M.T., Ph.D**

*Cover* :

*Tata letak* : *Tim Layout*

Penerbit

-

Anggota IKAPI

Email :

**ISBN:**

*All Right Reserved*

Hak Cipta pada Penulis

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanis, termasuk memfotokopi, merekam atau dengan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari penerbit.

# Kata Pengantar

Dengan memanjatkan puji syukur ke hadirat Allah SWT, karena hanya dengan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan tulisan buku ini dengan judul **“LUMPUR SIDOARJO (LUSI) SEBAGAI BAHAN KONSTRUKSI YANG RAMAH LINGKUNGAN PADA SALURAN IRIGASI TERSIER ”**.

Buku ini disusun berdasarkan hasil penelitian yang membahas tentang Lumpur sidoarjo (LUSI) sebagai bahan konstruksi saluran irigasi. Sedangkan terobosan teknologi dari riset ini adalah pelaksanaannya tidak menggunakan alat yang sulit dan setelah selesai penelitian di laboratorium maka akan dilaksanakan pemasangan pada saluran irigasi tersier di wilayah Kabupaten Sidoarjo untuk membuktikan kekuatan campuran yang telah diteliti. Setelah terbukti kokoh dan kedap air, akan dilakukan diseminasi kepada masyarakat pengguna yang terdiri dari unsur Pemerintah Kabupaten Sidoarjo, kecamatan, desa dan Himpunan Petani Pemakai Air (HIPPA) di sekitar lokasi riset.

Penulis mengucapkan terima kasih dan apresiasi setinggi-tingginya kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam penyusunan buku ini. Selain itu, penulis juga menyadari bahwa buku ini tentu tidak terlepas dari kekurangan, baik terkait isi maupun penulisannya. Atas hal tersebut, penulis mengucapkan permohonan maaf, sekaligus membuka pintu kritik dan saran yang konstruktif dari pembaca. Semoga buku ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, sekaligus bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang teknik sipil, khususnya terkait sumber daya air.

Malang, Oktober 2021

Penulis



# Daftar Isi

Kata Pengantar \_\_ v

Daftar Isi \_\_ vii

Bab 1. Pendahuluan \_\_ 1

1.1 Latar Belakang \_\_ 1

1.2 Keaslian Penelitian \_\_ 5

Bab 2. Tinjauan Pustaka \_\_ 7

2.1 Karakteristik Bahan Dasar \_\_ 7

2.2 Rembesan \_\_ 16

2.3 Infiltrasi \_\_ 19

2.4 Kehilangan Air \_\_ 21

2.5 Manfaat *Lining* \_\_ 22

2.6 Lumpur Lapindo \_\_ 27

2.7 Mutu Beton K250 \_\_ 29

2.8 Sem EDX \_\_ 30

2.9 Porositas \_\_ 30

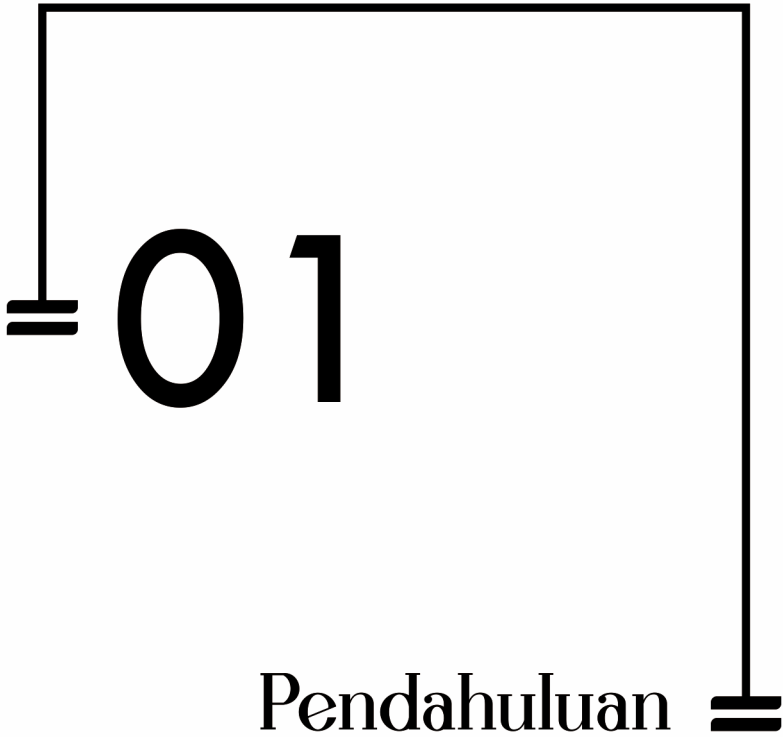
2.10 Berat Jenis Lumpur \_\_ 31

2.11 Hidrometer \_\_ 31

2.12 Klasifikasi Lumpur \_\_ 31

2.13 Penelitian Terdahulu \_\_ 34

Bab 3. Metodologi Penelitian	37
3.1 Rancangan Bahan Lining Irigasi	37
3.2 Metode yang Digunakan	38
Bab 4. Hasil Penelitian dan Pembahasan	43
4.1 Hasil Percobaan Model 1-Sem EDX	43
4.2 Hasil Percobaan Model 2-Porositas	46
4.3 Hasil Percobaan Model 3-Berat Jenis	48
4.4 Hasil Percobaan Model 4-Analisa Hidrometer	49
4.5 Hasil Percobaan Model 5-Klasifikasi Tanah	50
4.6 Hasil Percobaan Model 6-Uji Kuat Tekan Beton dengan Lusi	51
4.7 Hasil dan Pembahasan	54
4.8 Kesimpulan	57
Lampiran 1	59
Lampiran 2	80
Lampiran 3	88
Lampiran 4	119
Daftar Pustaka	121



# Pendahuluan

## 1.1 Latar Belakang

Lokasi semburan lumpur ini berada di Porong, yakni kecamatan di bagian selatan Kabupaten Sidoarjo, sekitar 12 km sebelah selatan kota Sidoarjo. Kecamatan ini berbatasan dengan Kecamatan Gempol (Kabupaten Pasuruan) di sebelah selatan

Lumpur Lapindo adalah peristiwa menyemburnya lumpur panas di lokasi pengeboran Lapindo Brantas Inc di Dusun Balongnongo Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo. Berdasarkan

pengujian toksikologis di 3 laboratorium terakreditasi (Sucofindo, Corelab, dan Bogorlab) diperoleh kesimpulan ternyata lumpur Lapindo tidak termasuk limbah B3. Sehingga pemanfaatan lumpur Lapindo sebagai bahan bangunan aman bagi kesehatan, karena tidak melampaui baku mutu PP Nomor 18 Tahun 1999 (Setyowati, 2009).



Gambar 1. Semburan Lumpur Sidoarjo (LUSI)

Banjir Lumpur Sidoarjo, juga dikenal dengan sebutan Lumpur Lapindo adalah peristiwa menyemburnya lumpur panas di lokasi pengeboran Lapindo Berantas Inc di Dusun Balongnongo Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia, sejak tanggal 29 Mei 2006. Semburan lumpur panas selama beberapa bulan ini menyebabkan tergenangnya kawasan permukiman, pertanian, dan perindustrian di tiga kecamatan di sekitarnya, serta memengaruhi aktivitas perekonomian di Jawa Timur.

Pembangunan infrastruktur penanganan luapan lumpur dilaksanakan berdasar Rencana Induk Penanggulangan Lumpur Sidoarjo, yang mempunyai prinsip berkelanjutan, terdiri dari rencana penanganan luapan lumpur dan infrastruktur sekitar semburan, rencana pengamanan Kali Porong dan penanganan endapan lumpur di muara.

Sesuai Perpres Nomor 14 tahun 2007, Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo (BPLS) bertugas menangani upaya penanggulangan semburan lumpur, menangani luapan lumpur, menangani masalah sosial dan infrastruktur akibat luapan lumpur di Sidoarjo, dengan memperhatikan risiko lingkungan yang terkecil. Untuk efisiensi Pemerintah telah resmi membubarkan Badan Penanggulangan Lumpur Sidoarjo (BPLS) melalui Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 21 Tahun 2017. Setelah dibubarkan, pengendalian lumpur Lapindo di Sidoarjo, Jawa Timur, dipegang oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR). Walaupun dibubarkan, Menteri PUPERA mengatakan bahwa tidak ada perbedaan tugas antara PPLS dengan BPLS. Pembangunan tanggul penahan lumpur dilaksanakan dalam situasi kebencanaan guna penanggulangan bencana luberan lumpur Sidoarjo dalam rangka mengamankan masyarakat yang lebih luas dan untuk mencegah terjadinya kerugian negara serta kerugian di masyarakat yang lebih besar pelaksanaan pembangunan harus dilaksanakan secepatnya.

Sampai dengan awal tahun 2019, semburan lumpur panas di Desa Siring, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo yang terjadi sejak tanggal 29 Mei 2006 masih berlanjut. Pusat semburan berjarak sekitar 200 meter dari sumur pengeboran gas Banjarpanji-1 di Desa Renokenongo. Pada perkembangan terkini, fenomena semburan lumpur panas diyakini



sebagai aktivitas pembentukan gunung lumpur atau *mud volcano*. Walaupun semburan (*kick*) relatif tidak besar, namun luapan lumpurnya masih mempunyai potensi untuk menimbulkan ancaman yang serius.

Beton mutu K 250 adalah indikasi dari karakteristik beton pada kuat tekan dengan minimum beban 250 kg/cm<sup>2</sup>, dapat diketahui setelah umur beton selama 28 hari, indikasi ini dapat diketahui dengan alat ukura beton yang terbuat dari kubus beton berukuran 15x15x15 cm, berdasarkan ketantuan PBI 71. Beton dengan mufu  $f_c'$  25 menyatakankan kekuatan tekan minimum adalah 25 MPa pada umur beton 28 hari, dengan menggunakan silinder beton diameter 15 cm, tinggi 30 cm. Mengacu pada standar SNI 03-2847-2002 yang merujuk pada ACI (American Concrete Institute). MPa = Mega Pascal ; 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup> = 10 kg/cm<sup>2</sup>.

Penelitian akan dilakukan dengan membandingkan efisiensi antara saluran yang telah di *lining* dengan saluran yang belum di *lining*. Diharapkan dengan adanya perubahan *lining* saluran ini dapat memberikan hasil yang optimal untuk mengurangi kehilangan air akibat kebocoran, sehingga daerah yang kekurangan air dapat dipenuhi dan dapat meningkatkan hasil produksi pertanian pada daerah irigasi.

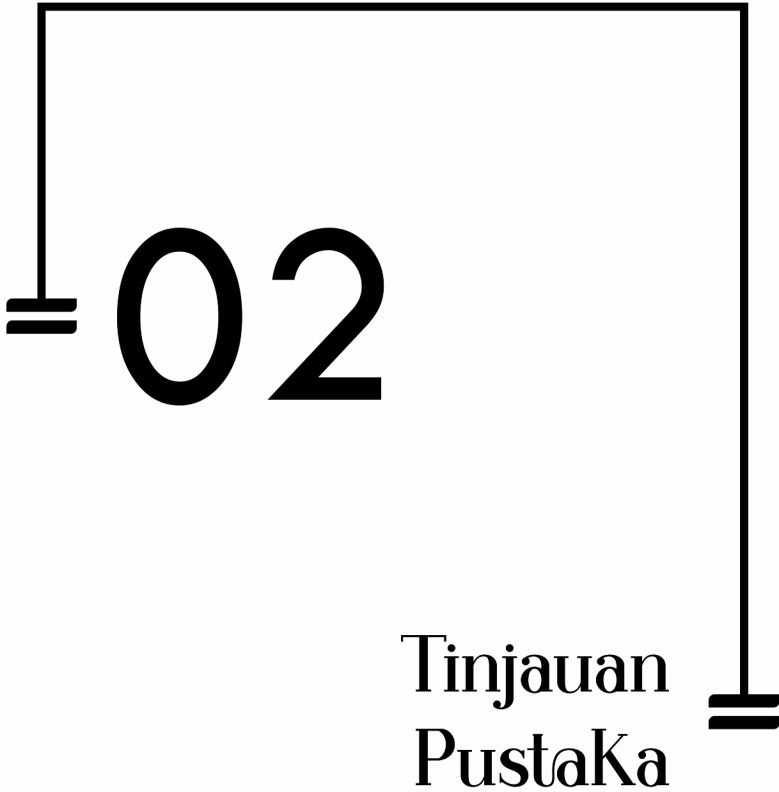
Di dalam buku ini ada beberapa pembahasan yang menarik antara lain tentang kualitas Lumpur Sidoarjo sebagai Lining, presentase lumpur Lapindo sebagai campuran beton, dan hasil uji kekuatan beton lining

Tujuan khusus dilaksanakan riset ini adalah untuk memanfaatkan lumpur Sidoarjo sebagai salah satu bahan material konstruksi agar keberadaan volumenya yang semakin bertambah dan tidak dapat diketahui kapan akan berhenti, tidak mengganggu lingkungan/ekosistem. Sasaran dilaksanakannya riset ini adalah memanfaatkan lumpur Sidoarjo sebagai bahan pengganti pasir dan batu kali untuk bahan dasar konstruksi pasangan saluran irigasi tersier yang kokoh dan kedap air. Sesuai dengan sifat fisik dari lumpur maka campuran pasangan harus ditambah dengan semen dengan prosentase tertentu yang harus diteliti di laboratorium. Hasil riset juga diharapkan dapat digunakan pada saluran drainase jalan dan saluran drainase kawasan perkotaan.

## 1.2 Keaslian Penelitian

Kebaruan dari riset adalah meneliti campuran lumpur Sidoarjo dan semen serta bahan material tambahan lainnya dalam prosentase tertentu menjadi campuran yang kokoh dan kedap air. Sedangkan terobosan teknologi dari riset ini adalah pelaksanaannya tidak menggunakan alat yang sulit dan setelah selesai penelitian di laboratorium maka akan dilaksanakan pemasangan pada saluran irigasi tersier di wilayah Kabupaten Sidoarjo untuk membuktikan kekuatan campuran yang telah diteliti. Setelah terbukti kokoh dan kedap air, akan dilakukan diseminasi kepada masyarakat pengguna yang terdiri dari unsur Pemerintah Kabupaten Sidoarjo, kecamatan, desa dan Himpunan Petani Pemakai Air (HIPPA) di sekitar lokasi riset.





## 2.1 Karakteristik Bahan Dasar

Jalur tanggul dibangun pada garis batas luar Peta Area Terdampak (PAT) 22 Maret 2007. Jalur tanggul penahan lumpur tersebut sudah tertentu dan tidak ada pilihan lain, sehingga dalam pembangunan tanggul tidak dapat menerapkan syarat teknis pembuatan suatu bendungan yang memiliki formasi batuan dasar/geologi yang kokoh dan bebas dari *deformasi* geologi berupa *subsidence* (amblesan), maupun *horizontal movement*. Tanggul dibangun mengelilingi gunung lumpur yang

merupakan gunung (lumpur) vulkanik (*mud volcano*). Lumpur yang mengalir dari puncak gunung memiliki kandungan air sekitar 60~70%, namun dalam perjalanan menuju kolam waduk/tampungan, air tersebut terseparasi, lumpurnya tertinggal pada saat aliran lumpur menyentuh air di kolam.

Dengan dibangunnya tanggul, telah terbentuk waduk/tampungan lumpur dan air hujan. Sehubungan tanggul dibangun mengelilingi kaki gunung (lumpur) maka tampungan air hujan yang dibentuk terdiri beberapa bagian waduk. Waduk dibentuk pada kaki gunung lumpur terjauh yang berdekatan dengan tanggul. Muka air waduk harus dikelola minimum 50 m dari tepi tanggul. Pedoman utama pengelolaan waduk lumpur yang terisi air adalah air harus serendah mungkin dengan cara dipompa atau dialirkan ke tempat rendah. Volume tampungan waduk lumpur kurang lebih sebesar 59 juta kubik meter.

Sampai dengan awal tahun 2016, BPLS telah melaksanakan pekerjaan penanggulangan lumpur Sidoarjo selama hampir 10 (sepuluh) tahun dengan lingkup tugas yang semakin bertambah. Tugas tambahan tersebut sesuai dengan Instruksi Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat selaku Ketua Dewan Pengarah BPLS, Nomor 01/IN/DP-BPLS/2016 Tentang tugas tambahan BPLS, Tanggal 31 Maret 2016 khususnya pada point 4 yaitu “Melakukan upaya-upaya untuk dapat memanfaatkan lumpur sebagai bahan yang bermanfaat untuk kepentingan lainnya”. Sejak dibubarkannya BPLS maka tugas-tugas BPLS dilaksanakan oleh PPLS. Berdasarkan presentasi dari Menteri PUPERA dalam “Peningkatan Ketahanan Air Sebagai Dukungan Terhadap Pencapaian Kedaulatan Pangan pada Bulan April 2015” bahwa Agenda Pembangunan Nasional yang tertuang dalam RPJMN 2015-2019 pada urutan nomor satu adalah Peningkatan Kedaulatan Pangan, sedangkan konsepsi kebijakan irigasi dalam rangka mendukung pencapaian kedaulatan pangan 2015-2019 adalah meningkatkan keandalan prasarana irigasi melalui strategi Rehabilitasi jaringan irigasi. Salah satu hal yang perlu mendapat perhatian adalah modernisasi irigasi melalui peningkatan keandalan penyediaan air dan prasarana irigasi dengan cara peningkatan operasi dan pemeliharaan serta rehabilitasi jaringan irigasi. Menurut Undang-undang Nomor 32

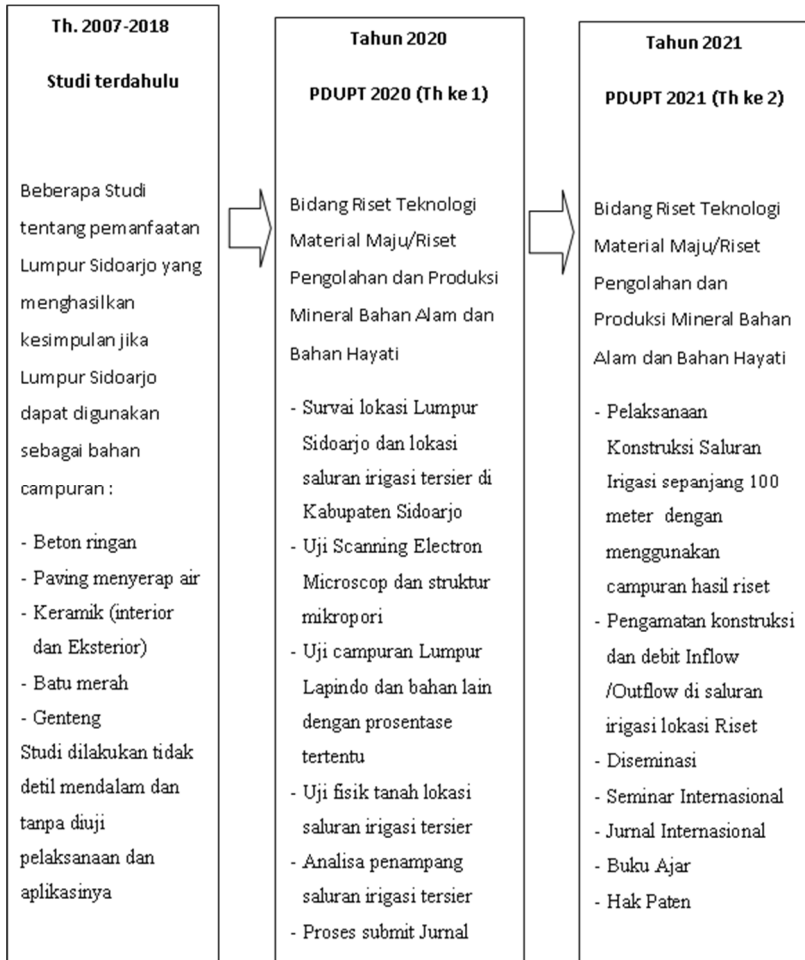
tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Pasal 57 ayat 1 menyatakan bahwa Pemeliharaan Lingkungan Hidup dilakukan melalui upaya konservasi sumber daya alam.

Sehubungan dengan hal tersebut maka peneliti tergerak untuk memberikan kontribusi nyata melalui program *Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT) tahun 2021*. Peneliti memandang perlu melakukan inovasi baru untuk memanfaatkan lumpur Lapindo sebagai bahan pengganti pasir/batu untuk campuran pasangan konstruksi lining saluran irigasi.

Riset ini seyogyanya dapat dilaksanakan dan menghasilkan kekuatan serta prosentase bahan adukan guna memenuhi standar tentang saluran irigasi. Jika riset ini berhasil maka akan dapat terwujud inovasi nasional.

Peneliti akan melakukan riset mengenai pemanfaatan Lumpur Sidoarjo (Lusi) sebagai bahan campuran lining pasangan batu pada saluran irigasi dan drainasi. Pada beberapa kajian yang telah dilakukan sejak tahun 2007 sampai dengan tahun 2018 mengenai pemanfaatan lumpur, umumnya tidak terlalu mendalam dan detail. Oleh karena itu perlu dilakukan riset yang akan melakukan kajian detail dan mendalam tentang pemanfaatan lumpur Lusi dilengkapi dengan beberapa uji laboratorium antara lain uji parameter fisik dan uji kimia lumpur Lusi. Selain uji tersebut juga akan dilakukan uji Scanning Electrone Microscope/SEM dan uji struktur mikropori.

Untuk menunjukkan keterkaitan antara penelitian terdahulu dan penelitian yang diusulkan maka telah disusun peta jalan penelitian seperti disajikan pada gambar berikut,



**Gambar 2.1 Peta Jalan Penelitian**

*Sumber: Hasil Analisis*

Daya ungkit (leverage) kegiatan/riset yang akan dilakukan adalah sebagai tonggak awal pemanfaatan lumpur Sidoarjo (Lusi) untuk campuran bahan konstruksi yang kedap air. Selanjutnya hasil riset ini dapat diterapkan di saluran drainase jalan dan saluran drainase perkotaan yang kriteria fisiknya hampir sama dengan kriteria fisik saluran irigasi tersier. Hasil riset dipastikan akan merupakan dukungan pada penguatan Sistem Inovasi Nasional dan program pembangunan

yang tertuang di dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) tahun 2015-2019.

Sedangkan keuntungan dan manfaat kegiatan/riset yang akan dilakukan adalah:

- a. Memanfaatkan Lumpur Sidoarjo (Lusi) sebagai bahan bangunan yang ramah lingkungan untuk mendukung konstruksi saluran irigasi tersier.
- b. Mengurangi dampak negatif lingkungan di area sekitar semburan Lumpur Sidoarjo (Lusi).
- c. Mengurangi dampak negatif lingkungan sungai Porong.
- d. Mengurangi dampak negatif muara sungai Porong.
- e. Mengurangi pengambilan pasir/batu di sungai di wilayah dan sekitar wilayah Kabupaten Sidoarjo.
- f. Melestarikan ekosistem lingkungan sungai.
- g. Mewujudkan nilai hasil ekonomi dari Lumpur Sidoarjo, yang sebelumnya merupakan bahan material yang mengganggu lingkungan menjadi material yang mempunyai nilai jual.
- h. Meningkatkan pendapatan masyarakat sekitar dengan menjadi tenaga pengambil Lumpur Sidoarjo.
- i. Tidak perlu lagi menambah ketinggian tanggul sehingga mengurangi anggaran Negara.

Untuk tahap awal riset ini akan dilakukan pada pemanfaatan lumpur sebagai bahan campuran lining pasangan batu pada saluran irigasi. Pada riset akan dilakukan penambahan volume lumpur Sidoarjo secara bertahap pada campuran yang diteliti dan dilakukan uji kekuatan secara standar di laboratorium, sehingga akan dihasilkan campuran yang kuat, kokoh dan kedap air. Secara bertahap volume lumpur dapat diperbesar guna mengurangi volume batu kali.

Kebutuhan masyarakat akan bahan batu kali dan pasir untuk melakukan rehabilitasi jaringan irigasi sangat besar. Batu kali dan pasir merupakan bahan galian yang tidak dapat diperbarui dan merupakan sumberdaya alam yang terdapat di sungai dan harus ada upaya men-



cegah penambangan pasir dan batu kali untuk menjaga kelestarian sungai dan ekosistemnya.

Di dalam Rencana Induk Riset Nasional (RIRN) Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia, riset ini termasuk di dalam 10 bidang fokus unggulan yaitu bidang ke 7: bidang Material Maju dan material maju yang diharapkan dapat dikuasai pembuatannya oleh industri dalam negeri adalah teknologi eksplorasi potensi material baru yang merupakan pendukung material struktur.

Data debit merupakan salah satu data yang paling berpengaruh untuk menganalisis suatu daerah Irigasi. Dimana dari data debit yang ada, dapat dianalisis kemampuan saluran dari *intake* untuk mengalirkan air kepada jaringan irigasi. Pada daerah irigasi Kairatu I tidak tersedia data debit, untuk itu perlu dilakukan pengukuran sesaat dengan menggunakan alat ukur *current meter* untuk mengetahui debit existing pada daerah irigasi Kairatu I. Selain itu juga untuk mengetahui keseimbangan air yang masuk dan keluar dari setiap bangunan-bangunan irigasi dengan tujuan untuk mengetahui berapa kehilangan air pada setiap bangunan tersebut.

*Current Meter* adalah alat ukur debit yang digunakan untuk pengukuran debit air di sungai atau di saluran. Alat ini terdiri dari sensor kecepatan yang berupa baling-baling *propeler*, sensor optik, pengolah data. Unsur yang diambil yaitu luas penampang sungai atau saluran dan data kecepatan air. Dengan adanya data kecepatan air dan luas penampang sungai maka akan dapat menentukan debit air dengan menggunakan rumus yaitu kecepatan air dikali luas penampang sungai atau saluran. Metode ini cocok digunakan untuk mengukur kecepatan air antara 0,2–5 m/detik. (Soewarno,1995).

Berikut ini merupakan rumus untuk menghitung debit aliran yang dijelaskan oleh Mechan, 2011:

$$Q = V \times A \dots \dots \dots ( 1 )$$

Dimana:

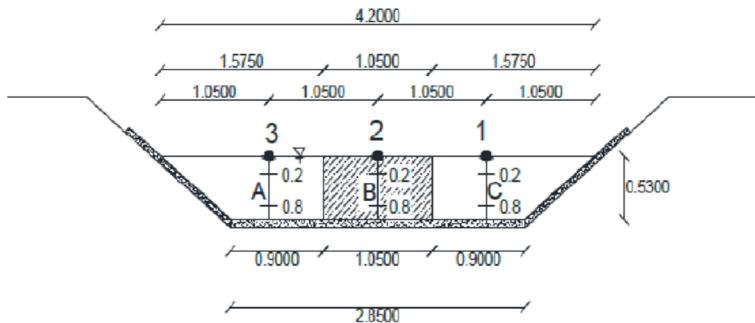
$V$  = Kecepatan aliran

$A$  = Luas penampang

Dengan demikian dalam pengukuran tersebut disamping harus mengukur kecepatan aliran, diukur pula luas penampangnya. Distribusi kecepatan untuk tiap bagian pada saluran tidak sama, distribusi kecepatan tergantung pada:

- Bentuk saluran
- Kekasaran saluran, dan
- Kondisi kelurusan saluran

Pada pengukuran kecepatan aliran di saluran ditentukan dengan membagi penampang melintang saluran dalam Raai-raai pengukuran seperti contoh dalam Gambar 2.1. Posisi penempatan *Current Meter* berbeda-beda tergantung dari kedalaman saluran tersebut. Untuk saluran yang dalamnya kurang dari 0,5 Meter diambil pengukuran pada 0,6 H. Sedangkan untuk saluran dengan kedalaman lebih dari 0,5 Meter diambil pengukuran pada 0,2 H dan 0,8 H.



**Gambar 2.2 Pembagian Penampang Melintang Saluran dalam Pengukuran**

Berdasarkan *Modul Pelatihan OJT di Balai PSDA, Pelatihan Hidrologi dan OJT BWRM\_WISMP 1* ada beberapa cara pengukuran kecepatan aliran dapat dilakukan pada beberapa kedalaman yaitu sebagai berikut:

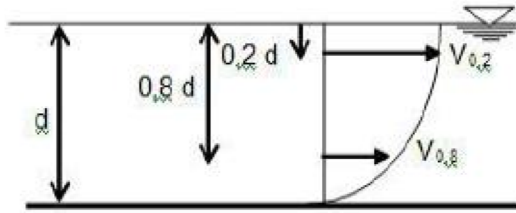
- Untuk kedalaman sungai  $< 1$  m atau  $H_{air} < 6 \times \phi$  propeller Pengukuran kecepatan aliran cukup pada satu titik saja yaitu pada kedalaman  $0,6$  h (dimana h adalah kedalaman air, dan  $0,6$  h diukur dari permukaan air).

$V_{0,6}$  m/dt..... ( 2 ) dengan:

$V_{0,6}$  = Kecepatan aliran pada titik dengan kedalaman  $0.6$  h

- Untuk kedalaman air  $\geq 1$  m  
Pengukuran kecepatan aliran metode dua titik dilakukan pada dua titik kedalaman:  $0,2$  h dan  $0,8$  h yang dapat dilihat pada Gambar 2.2.

$V = (V_{0,2} + V_{0,8})/2$  m/dt..... ( 3 )



**Gambar 2.3 Untuk kedalaman air  $\geq 0,50$  m**

- Apabila distribusi kecepatan vertikal tidak normal, maka pengukuran kecepatan aliran dilakukan dengan metode tiga titik sebagai berikut:

$V_{0.2} + V_{0.8}$

$$V = \frac{V_{0.6} + \frac{V_{0.2} + V_{0.8}}{2}}{2} \text{ m/dt..... ( 4 )}$$

Dengan:

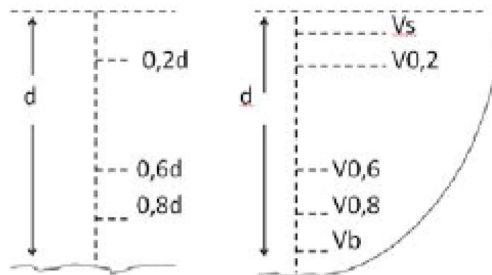
$V_{rata-rata}$  = kecepatan aliran rata-rata pada suatu vertikal, m/dt.

$V_{0,2}$  = kecepatan aliran pada titik  $0,2$  d, m/dt.

$V_{0,6}$  = kecepatan aliran pada titik  $0,6$  d, m/dt.

$V_{0,8}$  = kecepatan aliran pada titik  $0,8$  d, m/dt.

Berikut merupakan gambar distribusi kecepatan aliran vertical pada titik-titik sesuai dengan ketinggian yang dapat dilihat pada Gambar 2.3

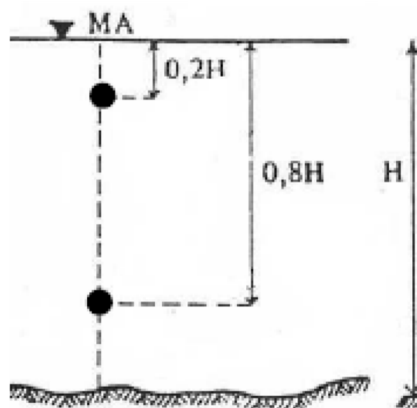


Gambar 2.4 Distribusi Kecepatan Aliran

Sumber: Modul Pelatihan OJT di Balai PSDA, Pelatihan Hidrologi dan OJT BWRM\_WISMP

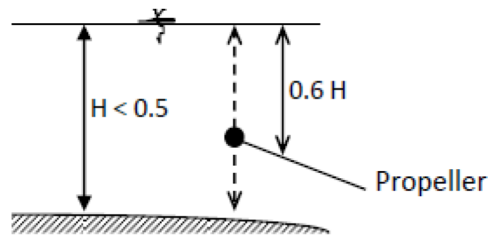
Tata cara peletakan propeler sesuai dengan kedalaman air:

- Kedalaman air  $> 1$  m dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.5 Pengukuran untuk kedalaman  $> 1$  m

- Kedalaman air < 1 m dapat dilihat pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 Posisi Propeller untuk kedalaman air < 1m

## 2.2 Rembesan

Menurut Kiyatsujono. P, (1987) dalam penelitiannya yang berjudul 'Analisa Pengaruh Pembuatan *Lining* Pada Saluran Terhadap Rembesan Air' Rembesan merupakan salah satu faktor yang banyak berpengaruh terhadap efisiensi air di saluran. Hal ini disebabkan karena pada umumnya saluran irigasi terbuat dari galian/urugan tanah. Besarnya rembesan pada saluran sangat bervariasi dan tergantung dari beberapa faktor yang sangat berkaitan satu dengan yang lain. Hal ini mengakibatkan sulitnya pembahasan pengaruh pengaruh tersebut secara satu persatu.

Faktor faktor tersebut ialah:

### 1. Karakteristik Tanah

Karakteristik tanah di sepanjang saluran pada umumnya bervariasi dan tidak seragam. Hal ini mengakibatkan besarnya rembesan sepanjang saluran juga bervariasi.

Karakteristik tanah meliputi:

- Bentuk Butiran Tanah
- Diameter Butir
- Kepadatan - Sifat Kimia - dll.

### 2. Kedalaman muka air tanah

Tinggi rendahnya muka air tanah (m.a.t.) dapat mempengaruhi besarnya rembesan. Apabila muka air tanah tinggi atau dekat dengan

dasar saluran maka rembesan relatif lebih kecil dan apabila muka air tanah rendah atau jauh dari dasar saluran rembesan relatif lebih besar.

### **3. Profil saluran**

Profil saluran juga dapat mempengaruhi besarnya rembesan. Pada umumnya profil dengan keliling basah yang besar akan mengakibatkan rembesan yang lebih besar. Namun hal ini tidaklah selalu demikian karena faktor ini dipengaruhi oleh kedalaman muka air tanah.

### **4. Kedalaman air di saluran**

Kedalaman air di saluran jelas berkaitan dengan besarnya keliling basah. Umumnya bila kedalaman air di saluran bertambah, maka besarnya rembesan juga bertambah dan demikian sebaliknya.

### **5. Kecepatan air**

Kecepatan air di saluran secara langsung akan mempengaruhi besarnya rembesan apabila dipergunakan prosentase debit sebagai satuan. Kecepatan air di saluran secara tak langsung dapat pula mempengaruhi besarnya rembesan, hal ini berkaitan dengan pengangkutan sedimen. Bila kecepatan air lebih besar jumlah sedimen yang mengendap akan kecil dan bila kecepatan air lebih kecil jumlah sedimen yang mengendap akan lebih besar.

### **6. Sedimen**

Besarnya sedimen yang mengendap pada dasar saluran tergantung dari viskositas air. Besarnya sedimen yang mengendap pada dasar saluran dapat mempengaruhi besarnya rembesan, Semakin banyak sedimen berarti akan semakin tertutup pori-pori tanah di dasar saluran sehingga mengakibatkan mengecilnya rembesan. Sebagaimana disebut diatas hal ini berkaitan dengan kecepatan air.

### **7. Lamanya saluran dipergunakan**

Semakin lama suatu saluran dipergunakan berarti akan semakin banyak jumlah sedimen yang mengendap. Dan akan semakin banyak pula sedimen berbutir halus yang menyusup kedalam pori pori tanah dasar saluran. Hal ini akan mengakibatkan semakin mengecilnya rembesan air.

## 8. Kontinuitas saluran

Apabila suatu saluran dipergunakan secara kontinyu atau terus menerus besarnya rembesan dapat dikatakan merata besarnya. Namun apabila suatu saluran dioperasikan secara terputus putus atau musiman maka besarnya rembesan juga akan bervariasi.

Pada awal suatu pengoperasian besarnya rembesan akan besar sekali, hal ini disebabkan banyaknya air yang terserap untuk membasahi saluran dan akan menurun terus menerus dan mencapai batas minimumnya pada saat keadaan tanah telah jenuh. Biasanya hal ini terjadi pada akhir pengoperasian saluran.

## 9. Lining

Adanya *lining* pada saluran akan mempengaruhi besarnya rembesan. Besarnya pengaruh *lining* ini tergantung dari beberapa hal, yaitu:

- bahan *lining*
- tebal *lining*
- cara pemasangannya

Kebocoran yang terjadi pada saluran akan mengurangi besarnya efisiensi air di saluran. Kebocoran saluran dapat disebabkan oleh beberapa sebab ialah:

1. Retakan retakan pada tanah di dasar dan tebing saluran.  
Saluran yang telah lama tidak dioperasikan akan kering dan mengalami retak retak, apabila saluran ini diairi, maka air akan bocor melalui retakan retakan tersebut.
2. Piping  
Pada saluran yang terbuat dari timbunan tanah, maka bila rembesan terjadi terus menerus dan semakin besar akan dapat mengakibatkan tergerusnya butir butir tanah yang akan menimbulkan pipa pipa air dalam tanah dan pada akhirnya mengakibatkan kebocoran yang besar dan longsonnya tebing/timbunan tersebut.
3. Pengambilan liar  
Pengambilan air di saluran secara liar akan mengurangi besarnya perhitungan efisiensi air di saluran. Pengambilan air secara liar

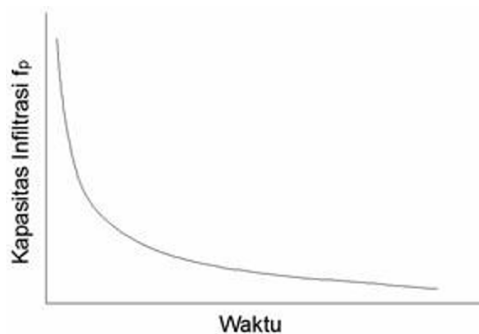
ini dapat berupa pengambilan dengan menggunakan ember atau selang untuk keperluan masyarakat sekitar saluran, maupun dengan pembuatan intake dan saluran terbuka/tertutup untuk keperluan irigasi tanpa melalui prosedur yang berlaku.

### 2.3 Infiltrasi

Menurut Triatmodjo, (2008) *Infiltrasi* adalah aliran air ke dalam tanah melalui permukaan tanah. Di dalam tanah air mengalir dalam arah lateral, sebagai aliran antara (*interflow*) menuju mata air, danau, dan sungai; atau secara vertikal, yang dikenal dengan perkolasi (*percolation*) menuju air tanah.

Gerak air di dalam tanah melalui pori-pori tanah dipengaruhi oleh gaya gravitasi dan gaya kapiler. Gaya gravitasi menyebabkan aliran selalu menuju ke tempat yang lebih rendah, sementara gaya kapiler menyebabkan air bergerak ke segala arah. Air kapiler selalu bergerak dari daerah basah menuju ke daerah yang lebih kering.

Dalam infiltrasi dikenal dua istilah yaitu kapasitas infiltrasi dan laju infiltrasi, yang dinyatakan dalam mm/jam. Kapasitas infiltrasi adalah laju infiltrasi maksimum untuk suatu jenis tanah tertentu; sedang laju infiltrasi adalah kecepatan infiltrasi yang nilainya tergantung pada kondisi tanah dan intensitas hujan. Pada grafik dibawah ini menunjukkan kurva kapasitas infiltrasi ( $f_p$ ), yang merupakan fungsi waktu yang dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2. 7 Kurva Kapasitas Infiltrasi

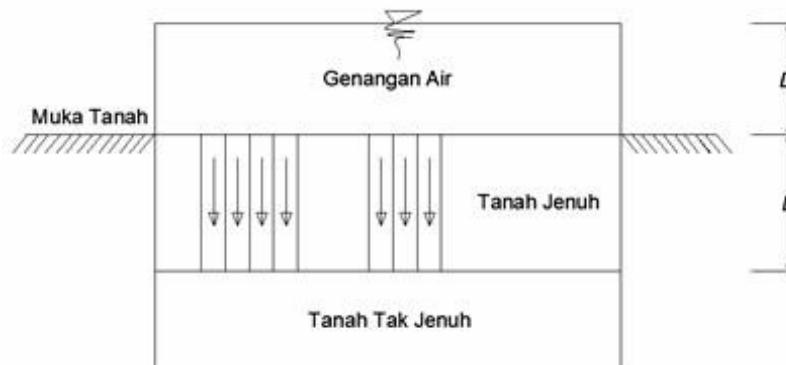


Apabila tanah dalam kondisi kering ketika infiltrasi terjadi, kapasitas infiltrasi tinggi karena kedua gaya kapiler dan gravitasi bekerja bersama sama menarik air ke dalam tanah. Ketika tanah menjadi basah, gaya kapiler berkurang yang menyebabkan laju infiltrasi menurun. Akhirnya kapasitas infiltrasi mencapai suatu nilai konstan, yang dipengaruhi terutama oleh gravitasi dan laju perkolasi.

### 2.3.1 Faktor yang Mempengaruhi Infiltrasi

Laju infiltrasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kedalaman genangan dan tebal lapis jenuh, kelembaban tanah, pemadatan oleh hujan, tanaman penutup, intensitas hujan, dan sifat-sifat fisik tanah.

Dalam gambar 2.7 dapat dilihat, air yang tergenang di atas permukaan tanah terinfiltrasi ke dalam tanah, yang menyebabkan suatu lapisan di bawah permukaan tanah menjadi jenuh air. Apabila tebal dari lapisan jenuh air adalah  $L$ , dapat dianggap bahwa air mengalir ke bawah melalui sejumlah tabung kecil. Aliran melalui lapisan tersebut serupa dengan aliran melalui pipa. Kedalaman genangan di atas permukaan tanah ( $D$ ) memberikan tinggi tekanan pada ujung atas tabung, sehingga tinggi tekanan total yang menyebabkan aliran adalah  $D+L$ .



Gambar 2. 8 Genangan Pada Permukaan Tanah

Tahanan terhadap aliran yang diberikan oleh tanah adalah sebanding dengan tebal lapis jenuh air  $L$ . Pada awal hujan, dimana  $L$  adalah

kecil dibanding  $D$ , tinggi tekanan adalah besar dibanding tahanan terhadap aliran, sehingga air masuk ke dalam tanah dengan cepat. Sejalan dengan waktu,  $L$  bertambah panjang sampai melebihi  $D$ , sehingga tahanan terhadap aliran semakin besar. Pada kondisi tersebut kecepatan infiltrasi berkurang. Apabila  $L$  sangat lebih besar daripada  $D$ , perubahan  $L$  mempunyai pengaruh yang hampir sama dengan gaya tekanan dan hambatan, sehingga laju infiltrasi hampir konstan.

## 2.4 Kehilangan Air

Menurut Kiyatsujono.P, (1987) Kehilangan air pada saluran irigasi adalah berkurangnya volume air pada saluran irigasi yang ditandai dengan adanya perbedaan antara debit aliran “*inflow*” dan “*outflow*.” Faktor\_faktor penyebab kehilangan air pada saluran irigasi, antara lain penguapan dan rembesan pada struktur saluran irigasi

Besarnya kehilangan air pada saluran irigasi akibat rembesan dapat dihitung dengan menggunakan rumus Moritz (USBR), sebagai berikut:

$$S = 0,035 C \sqrt{Q/V} \dots\dots\dots ( 5 )$$

Dengan:

$S$  = kehilangan akibat rembesan, m<sup>3</sup> /dt per km panjang saluran

$Q$  = debit, m<sup>3</sup> / dt  $v$  = kecepatan, m/dt

$C$  = koefisien tanah rembesan, m/hari (Tabel 2.1)

$0,035$  = konstanta, m/km

**Tabel 2. 1 Nilai Koefisien Tanah Rembesan (C)**

Jenis Tanah	Harga C m/hari
- Kerikil sementasi dan lapisan penahan (hardpan) dengan penuh pasiran	0,10
- Lempung dan geluh lempungan	0,12
- Geluh pasiran	0,20
- Abu vulkanik	0,21
- Pasir dan abu vulkanik atau lempung	0,37
- Lempung pasiran dengan batu	0,51
- Batu pasiran dan kerikilan	0,67

*Sumber: Standart Perencanaan Irigasi KP-01*

Menurut beberapa pengalaman Bank Dunia dalam peliningan saluran irigasi yang kokoh (*rigid*) dan *fleksible*, besarnya kehilangan air biasanya mencapai 10 s/d 40 persen dari volume air yang disalurkan. Pengurangan kehilangan air seringkali diasumsikan sama dengan umur yang diharapkan dari peliningan untuk mendapatkan keuntungan ekonomisnya. Keuntungan lining saluran dapat mengurangi pertumbuhan rumput, namun pada kenyataannya keuntungan ini diragukan terutama dalam berbagai proyek dengan saluran *lining* lama dan dengan adanya konstruksi yang salah.

Kehilangan air melalui dasar saluran ditentukan oleh faktor-faktor:

- a. Jenis Tanah
- b. Macam-macam saluran (galian–timbunan)
- c. Laju Sedimentasi, dan
- d. Kecepatan aliran air.

## 2.5 Manfaat *Lining*

Pembuatan *lining* pada saluran irigasi dapat memberikan beberapa manfaat antara lain ialah: Dari sudut pandangan operasional dan pemeliharaan pembuatan *lining* akan dapat meningkatkan daya tahan saluran terhadap erosi, baik karena aliran air di saluran maupun akibat turunnya hujan lebat dan gangguan ternak serta binatang lain.

Dengan demikian akan dapat mengurangi besarnya biaya pemeliharaan. Dari sudut pandangan teknis pembuatan *lining* akan dapat meningkatkan kecepatan air yang di ijinakan dan dapat mengurangi besarnya rembesan dan kebocoran air.

### 2.5.1 Jenis-jenis *Lining* Saluran

- a. *Lining* tumbuh-tumbuhan

Beberapa jenis rumput-rumputan dapat dipergunakan sebagai bahan lining saluran dengan menanamnya pada dasar dan pinggir saluran. Penggunaan *lining* dengan tumbuh-tumbuhan dapat memberikan pengaruh yang menguntungkan maupun merugikan.



**Gambar 2.9 Lining Tumbuhan**

Pengaruh pengaruh yang menguntungkan ialah:

- 1) Tanaman dapat memperkuat tanah sehingga tidak mudah mengalami erosi baik karena turunnya hujan maupun akibat kecepatan aliran air.
- 2) Tanaman dapat mengurangi turbulensi air dekat permukaan tanah sehingga mengurangi bahaya pengerusan.
- 3) Tanaman merubah angka kekasaran saluran, dapat bertambah besar atau kecil tergantung dari jenis tanaman dan tingginya.

Pengaruh pengaruh yang merugikan ialah:

- 1) Tanaman mengurangi luas efektif tampang saluran.
- 2) Tanaman meningkatkan terjadinya endapan pada dasar saluran sehingga luas tampang saluran berkurang.

b. *Lining* tanah kedap air

*Lining* dengan tanah kedap air dapat dilakukan dengan menggunakan tanah asli maupun dengan jenis tanah yang lain. Tebal *lining* yang diperlukan tergantung dari keadaan tanah setempat maupun keadaan tanah yang akan dipergunakan sebagai bahan *lining*.

Pemilihan jenis tanah sebagai bahan lining tidak hanya bergantung dari permeabilitas tetapi juga bergantung dari daya tahannya terhadap erosi dan sifat sifat lain.

c. *Lining* batu kali

Pemasangan *lining* dengan batu kali merupakan metoda *lining* saluran yang paling tua. Metoda ini telah dipergunakan di beberapa bagian dunia ratusan tahun yang lalu, namun hingga kini masih sangat sedikit penelitian yang dilakukan tentang metoda ini.

Manfaat utama pembuatan lining dengan batu kali ialah untuk menghindari erosi karena gerusan air pada kecepatan tinggi pada saluran saluran yang curam.

Ada tiga cara yang umum dipergunakan ialah:

1) *Lining* batu kali tanpa spesi

*Lining* dengan cara ini tidak mencegah mengurangi rembesan air tetapi hanya meningkatkan daya tahan terhadap erosi. Cara penyusunan batuan sama dengan cara penyusunan pada pelaksanaan bangunan biasa akan tetapi harus dihindari permukaan yang kasar. Permukaan harus rata dan susunan saling mengikat tanpa bantuan batuan yang lebih kecil dan tersusun dari satu lapis saja. Bila terdapat kemungkinan terjadinya rembesan dalam arah terbalik (masuk ke saluran) akan dapat menimbulkan kerusakan pada susunan batuan sebagai akibat tergerusnya tanah dasar. Untuk mengatasi hal tersebut dapat dilakukan dengan pemasangan filter berupa lapisan pasir dan lapisan kerikil dibawah batuan.

2) *Lining* batu kali dengan spesi

Walaupun dalam metoda ini dipergunakan spesi namun manfaatnya bukan untuk mencegah/mengurangi rembesan air. Spesi di sini dipergunakan untuk mengikat batuan saja sehingga lebih stabil dan memperhalus permukaan saluran. Bila pelaksanaannya bagus dan tidak terjadi retakan/celah maka tidak akan terjadi gerusan gerusan tanah. Namun suatu hal yang perlu diperhatikan ialah adanya tekanan air keatas. Untuk itu perlu dibuat

lubang lubang air dengan filter keriki dibawahnya agar air dapat mengalir keluar dan memperkecil tekanan keatas.

3) *Lining* batu kali dengan kawat anyam

Metode ini dibuat dengan konstruksi berupa susunan batukali dalam anyaman kawat sehingga membentuk lempengan batu kali. Cara ini dapat dilakukan terhadap segala macam jenis tanah asal dan kawat anyam berfungsi sebagai pengikat awal setelah kawat tersebut rusak diharapkan telah terjadi ikatan secara alamiah dalam bentuk stabilitas batuan dan tanah sekitarnya.

d. *Lining* beton

*Lining* beton merupakan lining paling kuat dari segala macam lining.



**Gambar 2.10 Lining Beton**

*Lining* beton memiliki sifat sifat sebagai berikut:

- 1) kedap air, sehingga tidak terjadi rembesan
- 2) tahan terhadap erosi/gerusan
- 3) tahan terhadap kerusakan oleh akar akar tanaman dan gangguan binatang
- 4) cukup halus

- 5) tidak retak/pecah akibat penurunan
- 6) ekonomis karena biaya perawatan yang murah

Ada tiga metoda konstruksinya ialah:

- 1) dicetak ditempat
- 2) disemprotkan pada permukaan saluran dengan tekanan
- 3) dicetak ditempat lain/pracetak

**2.5.2 Pengaruh Jenis *Lining***

Jenis-jenis *lining* yang berbeda dapat berpengaruh terhadap besarnya debit dan kecepatan yang mengalir pada suatu penampang. Menurut Ven Te chow (1959), dalam Suyatman dkk (1985), dalam hitungan hidraulika, koefisien kekasaran Manning dianggap tetap sepanjang sungai dan untuk elevasi muka air yang berbeda. Berdasarkan kondisi ini, maka nilai koefisien kekasaran *Manning* (n) diperkirakan atau ditentukan berdasarkan kondisi dan kenampakan material alur sungai, yang dapat dihitung dengan rumusan Manning sebagai berikut:

$$Q = A \times V = A \times (1/n R^{2/3} S^{1/2}) \dots\dots\dots (6)$$

Dimana:

- n : koefisien kekasaran (Tabel 2.2)
- s : gradien permukaan air
- V : kecepatan rata-rata (m/dt)
- A : luas penampang melintang air (m<sup>2</sup>)
- P : keliling basah (m)
- R : A/P jari-jari hidraulis (m).

**Tabel 2.2 Koefisien manning (n)**

Bahan	Koefisien Manning (n)
Besi tuang dilapisi	0,014
Kaca	0,010
Saluran beton	0,013

Bata dilapisi mortar	0,015
Pasangan batu disemen	0,025
Saluran tanah bersih	0,022
Saluran tanah	0,030
Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,040
Saluran pada galian batu padas	0,040

*Sumber: Hidraulika II, Triadmodjo (1993)*

## 2.6 Lumpur Lapindo

Banjir lumpur panas Sidoarjo, juga dikenal dengan sebutan Lumpur Lapindo atau Lumpur Sidoarjo, adalah peristiwa menyeburnya lumpur panas akibat dari kesalahan pengeboran minyak diperut bumi yang dilakukan di lokasi pengeboran Lapindo Brantas Inc. di Dusun Balongnongo Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia, sejak tanggal 29 Mei 2006.







**Gambar 2.11 Lumpur Lapindo dan Pemanfaatan Lumpur Lapindo**

Menurut Aristi (2019), hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Noerwasito (2006) terdapat kandungan pasir (sand) 17,86%, lanau (slit) 10,71%, dan lempung (clay) 71,43%. Berdasarkan pengujian toksikologis di 3 laboratorium terakreditasi (sucofindo, corelab, bogorlab), diperoleh hasil bahwa lumpur Lapindo tidak termasuk dalam limbah B3 (Bahan berbahaya dan beracun), sehingga lumpur lapindo dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan dan aman bagi kesehatan meskipun lumpur Lapindo juga mengandung senyawa phenol, seng, tembaga dank rom karena tidak langsung terjadi kontak fisik dengan manusia.

Menurut Lasino (2017), Lumpur Sidoarjo memiliki sifat fisik yang sangat halus, berwarna abu-abu kehitaman, sangat plastis, memiliki unsur kimia silika (> 50 %), alumina (26 %), dan beberapa unsur lain seperti besi, kalsium dan magnesium dengan jumlah yang relatif kecil. Dengan unsur silika dan alumina yang terkandung tersebut lumpur Sidoarjo dikembangkan menjadi agregat ringan melalui proses pembakaran sehingga diperoleh suatu butiran yang ringan, kuat dan stabil, serta dapat digunakan untuk agregat dalam pembuatan beton ringan non-struktural (BSN 2014).

## 2.7 Mutu Beton K250

Beton dengan mutu K-250 menyatakan kekuatan tekan karakteristik minimum adalah 250 kg/cm<sup>2</sup> pada umur beton 28 hari, dengan menggunakan kubus beton ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm. Mengacu pada PBI 71 yang merujuk pada standar Eropa lama.

Beton dengan mutu  $f_c' 25$  menyatakan kekuatan tekan minimum adalah 25 MPa pada umur beton 28 hari, dengan menggunakan silinder beton diameter 15 cm, tinggi 30 cm. Mengacu pada standar SNI 03-2847-2002 yang merujuk pada ACI (American Concrete Institute).



**Gambar 2.12 Beton K250**

Berdasarkan peraturan SNI, kualitas beton dapat dibagi menjadi 3 yaitu:

1. Beton Kelas I

Umumnya, beton kelas I dapat dimanfaatkan pada proses pembangunan non struktural. Pengawasan mutu hanya perlu pembatasan pada pengawasan secara ringan pada kualitas bahan material saja. Selain itu, pada kuat tekan tidak perlu dipersyaratkan pemeriksaan dan pengawasannya ringan. Kelas beton ini terdiri atas K100, K125, K150, K200 dan K175.

## 2. Beton Kelas II

Penggunaan jenis mutu ini dapat dipakai untuk pekerjaan ber-sifat struktural ringan. Pada penggunaannya memerlukan keahlian yang sesuai dan harus dipakai oleh tenaga ahli. Kualitas beton ini terdiri atas K250, K225 dan K275.

## 3. Beton Kelas III

Jenis mutu beton kelas III yang dianggap paling tinggi diantara jenis mutu beton lainnya. Proses pembuatan mutu beton ini membutuhkan komposisi dengan nilai perbandingan khusus dan detail. Pengerjaan beton ini wajib dilakukan oleh tenaga ahli profesional dan melalui pemeriksaan ketat. Pengawasan pada kualitas beton ini juga dilakukan secara kontinu. Mutu beton ini dapat meliputi, K350, K325, K375, K500 dan lainnya.

## 2.8 Sem EDX

SEM-EDX merupakan gabungan dari 2 jenis instrument yaitu SEM dan EDX. SEM (*Scanning Electron Microscope*) adalah instrument yang berfungsi untuk mengetahui morfologi atau struktu permukaan dari suatu sampel padatan melalui suatu gambar. Sementara EDX (Energy Dispersive X-Ray) adalah instrument yang berfungsi untuk menganalisis unsure atau karakteristik kimia dari suatu material. SEM-EDX yang dimiliki Laboratorium Terpadu adalah SEM-EDX merek Phenom Desktop ProXL. Dengan melakukan pengujian menggunakan SEM-EDX maka akan diperoleh Suatu hasil morfologi atau struktur permukaan sampel.

## 2.9 Porositas

Porositas beton adalah jumlah atau besaran kadar pori yang terkandung di dalam beton. Pori-pori beton tidak semuanya tertutup oleh pasta semen. Pori tersebut biasanya terisi udara (*air void*) atau berisi air (*water filled space*) yang saling berhubungan dan dinamakan kapiler beton. Kapiler beton ini akan tetap ada walaupun air yang digunakan telah menguap, sehingga kapler ini akan mengurangi kepadatan beton

yang dihasilkan. Gelembung udara yang terperangkap didalam beton dan air yang menguap merupakan sumber utama dari timbulnya pori-pori dalam beton. Beton yang memiliki jumlah pori sedikit merupakan beton kedap air, padat dan kuat.

## 2.10 Berat Jenis Lumpur

Berdasarkan analisis terhadap karakteristik lumpur Lapindo, untuk parameter fisik diperoleh berat jenis berkisar 1,25-2,35 ( $\text{cm} \cdot \text{cm}^{-3}$ ), dengan kandungan liat dan debu sebesar 34-53% dan 39-46%, tekstur dari lumpur Lapindo merupakan jenis lempung berliat. Untuk parameter kimia diperoleh nilai pH berkisar 6,6-7, KTK sebesar 3,89-35,42 me/100g), kandungan logam berat Pb sebesar 0,27-0,34 mg/L, Cu sebesar 0,83-1,31 mg/L, asam humat tidak terdeteksi, kadar air sebesar 40,41-60,73% dan kandungan total karbon organik 54,75- 55,47%.

## 2.11 Hidrometer

## 2.12 Klasifikasi Lumpur

Pada umumnya lumpur pemboran dibagi dalam dua sistem, yaitu lumpur bor dengan bahan dasar air (water base mud) dan lumpur bor dengan bahan dasar minyak (oil base mud). Lumpur bor berdasarkan fasa cairnya yaitu air dan minyak dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

### **A. *Water base mud***

Lumpur jenis ini yang paling banyak digunakan. Dalam hal kemudahan proses pembuatan, biayanya relatif murah dan dapat digunakan sebagai penanggulangan berbagai masalah pengeboran menjadi kelebihan water base mud.



**Gambar 2.13 Water base mud**

Menurut sifatnya lumpur water base diklasifikasikan menjadi 3 (tiga) subklasifikasi, antara lain inhibitive, non inhibitive, dan polymer.

Klasifikasi menurut komposisinya lumpur ini terbagi sebagai berikut:

a. Gel spud mud

Lumpur ini digunakan pada awal pemboran dimana pemeliharannya dengan cara menjalankan desander dan desilter secara terus menerus selama sirkulasi lumpur.

b. Lignosulfonate mud/Lumpur lignosulfonate

Tergolong lumpur medium sampai berat, temperatur kerja 250–300 °F, mempunyai toleransi tinggi terhadap konsentrasi garam, anhidrit gipsum dan semen. Lumpur didispersikan menggunakan dispersant seperti senyawa Lignosulfonate, Lignite, serta Tannin, sehingga disebut juga sebagai system lumpur disperse.

c. KCL/ Polimer mud–PHPA

Lumpur ini mengandalkan polymer–polymer seperti Poly Acrylate, Xanthan gum, Cellulosa untuk melindungi formasi dan mencegah terlarutnya cutting ke dalam lumpur pemboran. System ini di-

tingkatkan kemampuannya dengan menambahkan garam KCL atau NaCl, sehingga system tersebut disebut Salt Polymer System.

d. Lime Mud

Sistem lumpur yang mengandalkan ion-ion Calcium untuk melindungi lapisan shale yang mudah runtuh karena menyerap air.

e. Sea Water Mud

Adalah lumpur lignosulfonate yang mempergunakan prehydrated bentonite untuk dasar pengental di dalam air asin, formulasinya berkisar 2 ppb caustic soda, 1.5 ppb kapur (lime), 2-4 ppb lignosulfonate, 1-2 ppb lignite dan larutan prehydrated bentonite secukupnya. Biasanya alkalinity pf 1.3-3.00 cc dijaga dengan caustic soda, pm 3.0-8.0 cc dengan kapur dan tapisan dipembuat lumpur.

**B. Oil base mud**

Lumpur ini mengandung minyak sebagai fasa kontinyunya, komposisinya diatur agar kadar airnya rendah (3-5% volume). Relatif lumpur ini tidak sensitif terhadap contaminant. Tetapi airnya adalah contaminant karena memberikan efek negatif bagi kestabilan lumpur ini. Untuk mengontrol viskositas, gel strength, mengurangi efek kontaminasi air dan mengurangi filtrate loss, perlu ditambahkan zat-zat kimia.



**Gambar 2.14 Oil base mud**

Faedah oil base mud didasarkan pada kenyataan bahwa filtratnya adalah minyak, karena itu tidak akan menghidratkan shale atau clay yang sensitif baik terhadap formasi biasa maupun formasi produktif. Kegunaan terbesar dari oil base mud ini adalah pada completion dan work over sumur. Kegunaan yang lain adalah untuk melepaskan drill pipe yang terjepit, mempermudah pemasangan casing dan liner. Oil base mud ini harus ditempatkan pada suatu tanki besi untuk menghindari kontaminasi air. Rig harus dipersiapkan supaya tidak kotor dan bahaya api berkurang. Kerugian penggunaan oil base mud adalah:

- dapat mengkontaminasi lingkungan terutama untuk daerah operasi offshore.
- solid kontrol sulit dilakukan bila dibandingkan dengan water base mud.
- Elektrik logging tidak dapat dilakukan.
- Biayanya relatif lebih mahal.

### C. Emulsion mud

Terbagi atas oil in water emulsion dan water in oil emulsion tergantung dari fasa apa yang terdispersi. Fungsi lumpur ini adalah untuk menambah ROP, mengurangi filtration loss, menambah pelumasan dan mengurangi torque, dimana lumpur ini banyak digunakan dalam directional drilling. Komposisinya adalah lumpur dasar ditambah minyak mentah atau minyak solar 2-15% atau lumpur dengan dasar minyak ditambahkan air 24-45% air.

## 2.13 Penelitian Terdahulu

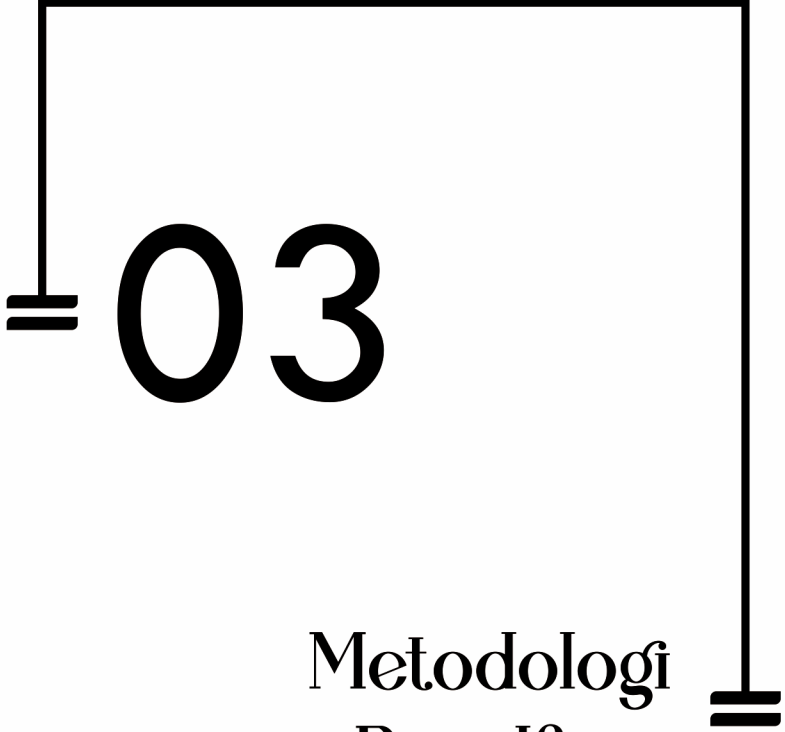
**Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu**

No	Judul	Penulis	Hasil
1	Analisis Efisiensi Pemberian Air Di Jaringan Irigasi Karau Kabupaten Barito Timur Provinsi Kalimantan Tengah	Sumadiyono. A (2012)	Efisiensi jaringan Irigasi Karau perlu ditingkatkan agar mencapai efisiensi yang ditetapkan dalam Kriteria Perencanaan Irigasi yaitu untuk Saluran Primer Efisiensinya 90% dan di Saluran Sekunder efisiensinya 90%.

2	Analisa Pengaruh Pembuatan <i>Lining</i> Pada Saluran Terhadap Rembesan Air	Kiyatsujono. P (1987)	Rembesan pada saluran tanpa <i>lining</i> dengan berbagai metoda perhitungan dapat dilihat bahwa besarnya rembesan bervariasi antara 0.022 l/det/ 100 m hingga 0.770 l/det/100 m, sedangkan pada saluran dengan <i>lining</i> batu kali besarnya antara $3.93 \times 10^{-9}$ l/det/100 m hingga $6.95 \times 10^{-9}$ l/det/100 m .
3	Studi Lumpur Lapindo sebagai Bahan Campuran Keramik Untuk Menurunkan <i>Runoff</i>	Anggi,DS. dan Mardyanto, MA (2010)	Paving dengan daya resap tinggi dan kuat tekan memadai yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah B2 yang mempunyai laju infiltrasi 1,34 cm/detik dan kuat tekan maksimum 10,90 MPa. Sesuai SNI 03-0691-1996 paving ini dapat diterapkan di taman.
4	Pengaruh Tekanan Kompaksi dan Suhu Sintering Terhadap Kekerasan Keramik Lumpur Lapindo	Muh.Amin dan Bagus Irawan (2010)	Unsur utama sangat berpotensi dalam pembuatan keramik dari Lumpur Lapindo adalah SiO <sub>2</sub> sebesar 58, 21 % dan Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> sebesar 9, 10 % dan pada tekanan kompaksi dan suhu sintering yang semakin tinggi terlihat adanya pembesaran grain boundary yang mengakibatkan turunnya kekerasan Keramik Lumpur Lapindo.
5	Pengembangan Lumpur Sidoarjo Sebagai Agregat Ringan Untuk Beton Non Struktural (The Development Of Sidoarjo Mud As	Lasino dan N dan Retno Setiati. (2017)	Kandungan kimia dalam lumpur Sidoarjo didominasi oleh silika, alumina, dan besi, ketiganya berjumlah lebih dari 87 %, sehingga cukup baik sebagai bahan baku agregat ringan.



	Light Weight Aggregate For Non Structural Concrete).		
--	---	--	--



**03**

## Metodologi Penelitian

### **3.1 Rancangan Bahan Lining Irigasi**

Pada Irigasi Saluran tersier adalah saluran yang membawa air dari bangunan sadap tersier dari jaringan utama ke dalam petak tersier saluran kuarter. Saluran kuarter membawa air dari boks bagi kuarter melalui bangunan sadap tersier atau parit sawah ke petak-petak sawah (Herliyani, 2012). Kegunaan Saluran Pasangan (lining) dimaksudkan untuk: Mencegah kehilangan air akibat rembesan, Mencegah gerusan

dan erosi, Mencegah merajalelanya tumbahan air, Mengurangi biaya pemeliharaan, Memberi-kelonggaran untuk lengkung yang lebih besar.

Beton pracetak merupakan elemen struktur beton yang dibuat dicetakan dengan ukuran yang sudah ditentukan atau disesuaikan dengan profil saluran (lining), proses pembuatan dan perawatan (*curing*) tidak dilakukan dimana elemen itu dipasang, melainkan di tempat lain baik di *workshop (precast plant)* maupun di lapangan (*precast on site*).

### 3.2 Metode yang Digunakan

Metode yang digunakan dalam riset ini adalah metode deskriptif yaitu pengamatan langsung di lokasi riset dan mencatat hal-hal yang perlu dilakukan serta melakukan uji laboratorium terhadap material Lumpur Sidoarjo termasuk uji kekuatan apabila Lumpur Sidoarjo di campur dengan bahan yang lain.

Pendekatan masalah dan relevansi metode yang digunakan untuk mencapai sasaran dan tujuan adalah:

- a. Pengambilan sampel lumpur Sidoarjo dan dicek secara kimiawi tentang kandungan material.
- b. Lumpur Sidoarjo dihampar di tempat yang datar untuk menghilangkan kadar airnya.
- c. Sambil menunggu lumpur Sidoarjo kering, dilakukan pengambilan sampel lumpur Sidoarjo dan tanah di lokasi saluran irigasi rencana riset untuk diuji di laboratorium mekanika tanah.
- d. Dilakukan pencampuran bahan konstruksi yang terdiri dari semen, air dan lumpur Sidoarjo dengan bermacam-macam perbandingan prosentase
- e. Dari masing-masing prosentase dilakukan uji kekuatan di laboratorium beton yang meliputi uji
- f. Setelah diketahui hasil uji yang sesuai Standar maka dilakukan pemasangan lining saluran irigasi tersier dengan bahan konstruksi sesuai dengan hasil uji pada lokasi riset yaitu di saluran irigasi

tersier di wilayah Kabupaten Sidoarjo sepanjang 100 meter pada sisi kiri dan sisi kanan

- g. Setelah selesai pelaksanaan lining saluran irigasi dilanjutkan pengamatan kekuatan lining dalam menahan beban tekanan tanah aktif dari belakang saluran dan juga kekedapannya terhadap kemungkinan rembesan air yang terjadi. Kemungkinan rembesan dapat diketahui dari debit air irigasi pada titik awal dan debit air irigasi pada titik akhir riset yaitu berjarak 100 meter.

Perhitungan debit air irigasi dapat dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$Q = V \times A$$

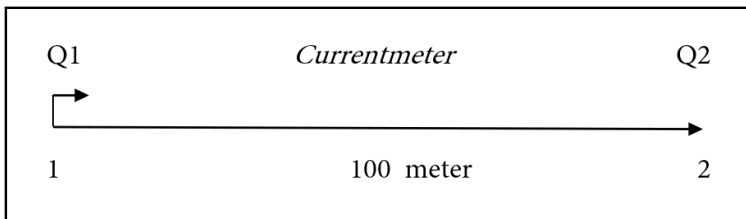
Dimana:

Q = Debit yang mengalir dalam saluran irigasi (m<sup>3</sup>/detik)

V = Kecepatan aliran dalam saluran irigasi ( m/detik)

A = Luas penampang saluran irigasi ( m<sup>2</sup>)

Sedangkan untuk mengetahui kecepatan aliran dalam saluran irigasi digunakan alat *Currentmeter*.

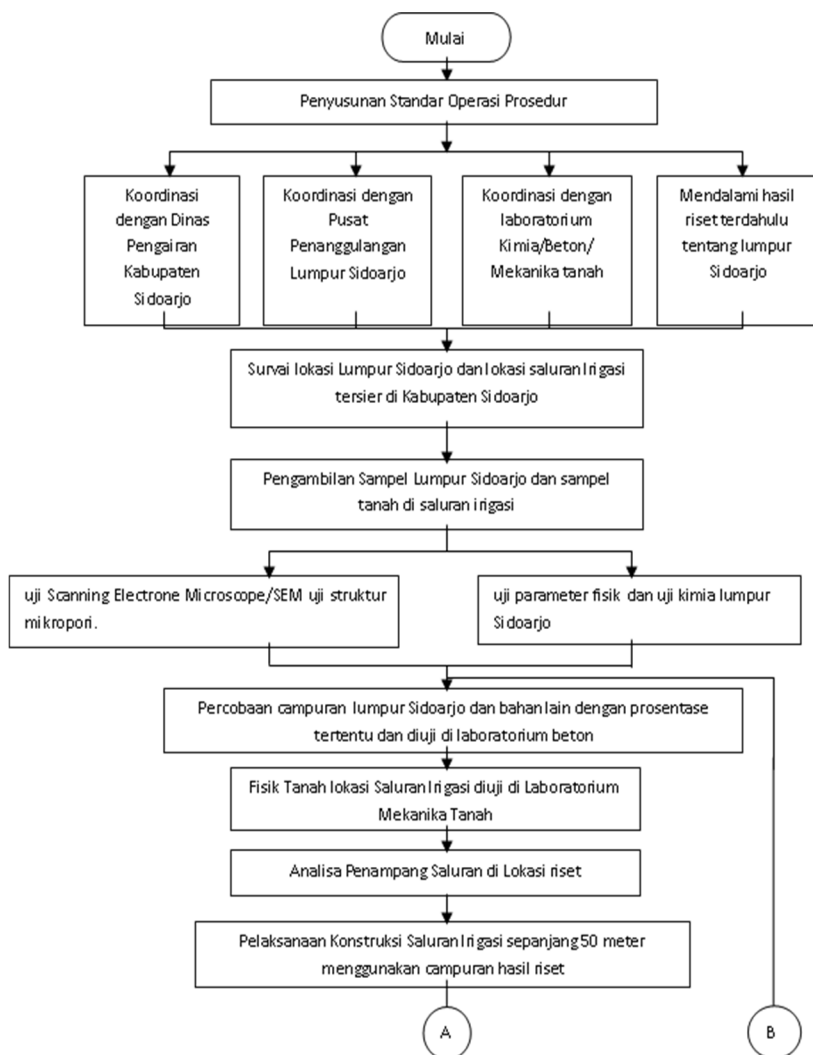


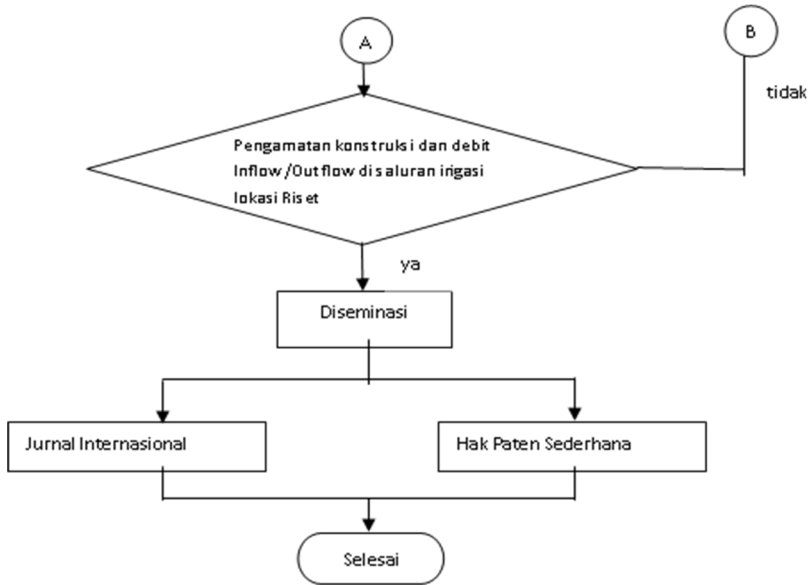
Jika  $Q_2 = Q_1$  berarti tidak terjadi kebocoran pada lining pasangan

Jika  $Q_1 > Q_2$  berarti terjadi kebocoran dan campuran bahan harus diulang prosentasenya dan dilakukan uji kedap airnya serta dilakukan pemasangan pada saluran irigasi. Selanjutnya dilakukan pengamatan debit saluran irigasi untuk memastikan jika tidak terjadi kebocoran dan pasangan lining saluran irigasi benar-benar aman.

## Bagan Alir Penelitian

Untuk memperjelas usulan riset ini, disusunlah bagan alir penelitian yang disajikan pada gambar berikut:





**Gambar 3.1 Diagram Alir**

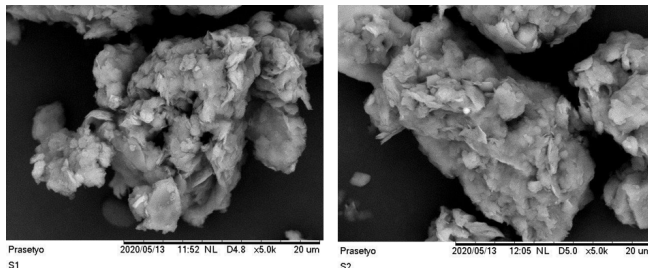


# 04

## Hasil Penelitian dan Pembahasan

### 4.1 Hasil Percobaan Model 1–Sem Edx

#### LAPORAN HASIL PENGUJIAN



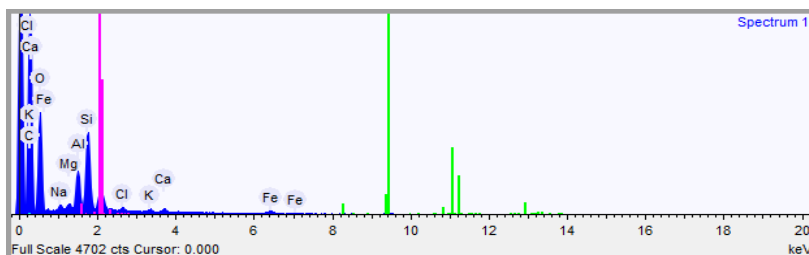
Gambar 4.1 Sampel 1 dan Sampel 2



## Sampel 1- Acquisition conditions

Acquisition time (s) 100.0      Process time 5

Accelerating voltage (kV)      15.0



Gambar 4.2 Hasil Sem Edx benda Uji 1

## Quantification Settings

Quantification method      All elements (normalised)

Coating element      None

## Summary results

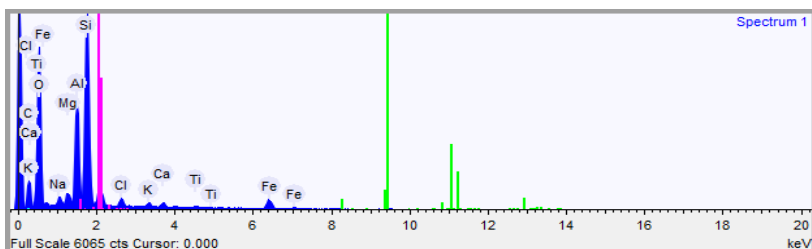
Tabel 4.1 Hasil Sem Edx benda Uji 1

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %
Carbon	53.121	0.862	62.546
Oxygen	37.319	0.723	32.988
Sodium	0.309	0.046	0.190
Magnesium	0.336	0.037	0.195
Aluminum	1.995	0.061	1.046
Silicon	4.668	0.106	2.351
Chlorine	0.337	0.036	0.134
Potassium	0.250	0.036	0.091
Calcium	0.382	0.039	0.135
Iron	1.284	0.101	0.325

## Sampel 2-Acquisition conditions

Acquisition time (s) 100.0      Process time 5

Accelerating voltage (kV) 15.0



Gambar 4.3 Hasil Sem Edx benda Uji 2

## Quantification Settings

Quantification method      All elements (normalised)

Coating element      None

## Summary results

Tabel 4.2 Hasil Sem Edx benda Uji 2

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %
Carbon	16.912	2.136	25.003
Oxygen	50.030	1.316	55.527
Sodium	0.982	0.065	0.758
Magnesium	0.953	0.057	0.696
Aluminum	7.542	0.214	4.964
Silicon	16.526	0.446	10.448
Chlorine	1.010	0.055	0.506
Potassium	0.529	0.046	0.240
Calcium	0.703	0.050	0.312
Titanium	0.311	0.056	0.115
Iron	4.502	0.183	1.431

Pada sampel menunjukkan bahwa antara sampel 1 dan sampel 2 tidak terjadi perbedaan yang begitu signifikan, struktur permukaan sampel 1 dan sampel 2 hampir sama namun pada sampel 2 terlihat lebih padat dibandingkan dengan sampel 1. Hasil SEM EDX menunjukkan bahwa unsur-unsur pada masing-masing sampel relatif sama.

## 4.2 Hasil Percobaan Model 2–Porositas

### Sampel 1

Tabel 4.3 Hasil Porositas benda Uji 1

Lokasi/Titik:		satuan	LUSI S1
Tinggi Ring		cm	3.37
Diameter Ring		cm	5.43
1	Berat ring	gr	10.173
2	Berat ring + Sampel basah	gr	131.311
3	Berat tanah basah (2) - (1)	gr	121.138
4	Volume ring	cm <sup>3</sup>	78.001
5	Berat isi tanah (3)/(4)	gr/cm <sup>3</sup>	1.553
6	Berat ring + Sampel kering	gr	94.873
7	Berat tanah kering (6) - (1)	gr	84.700
8	Berat air (3) - (7)	gr	36.438
9	Kadar air ((8)/(7)) x 100%	%	43.020
10	$\gamma_d (7)/(4)$	gr/cm <sup>3</sup>	1.086
11	Specific gravity (Gs)	gr/cm <sup>3</sup>	2.285
12	Volume tanah kering (7)/(11)	cm <sup>3</sup>	37.068
13	Isi pori (4) - (12)		40.933
14	Derajat kejenuhan $S_r = ((8)/(13)) \times 100\%$	%	89.018
15	Porositas ((13)/(14)) x 100%	%	45.983

## Sampel 2

**Tabel 4.4 Hasil Porositas benda Uji 2**

Lokasi/Titik:		satuan	LUSI S2
Tinggi Ring		cm	3.311
Diameter Ring		cm	5.35
1	Berat ring	gr	10.173
2	Berat ring + Sampel basah	gr	135.094
3	Berat tanah basah (2) - (1)	gr	124.921
4	Volume ring	cm <sup>3</sup>	74.394
5	Berat isi tanah (3)/(4)	gr/cm <sup>3</sup>	1.679
6	Berat ring + Sampel kering	gr	103.798
7	Berat tanah kering (6) - (1)	gr	93.625
8	Berat air (3) - (7)	gr	31.296
9	Kadar air ((8)/(7)) x 100%	%	33.427
10	$\gamma_d (7)/(4)$	gr/cm <sup>3</sup>	1.259
11	Specific gravity (Gs)	gr/cm <sup>3</sup>	2.236
12	Volume tanah kering (7)/(11)	cm <sup>3</sup>	41.872
13	Isi pori (4) - (12)		32.522
14	Derajat kejenuhan Sr = ((8)/(13)) x 100%	%	96.229
15	Porositas ((13)/(14)) x 100%	%	33.797

Hasil Porositas sampel 1 dan sampel 2 adalah:

Jenis	Prosentase
Clay (lempung)	20,85 %
Silt (lanau)	78,96 %
Sand (pasir)	0,18 %

*Sumber: Hasil Laboratorium*

### 4.3 Hasil Percobaan Model 3–Berat Jenis

#### Sampel 1

Tabel 4.5 Hasil Berat Jenis Benda Uji 1

1	Kode Sampel	Satuan	Lusi S1		
2	Kode Labu	-	B		
3	Berat Tanah Kering (Ws)	gram	20		
4	Berat Labu Ukur + Air + Tanah (W1)	gram	145.758	146.73	147.188
5	Suhu	( <sup>o</sup> C)	68	51	43
6	Berat Labu Ukur + Air (W2)	gram	134.444	135.578	136.112
7	Berat jenis Air (Gt)	gram/cm <sup>3</sup>	0.97890	0.98760	0.99110
8	Berat Jenis Tanah (Gs)	gram/cm <sup>3</sup>	2.25387	2.23229	2.22123
9	Rata-Rata Berat Jenis	gram/cm <sup>3</sup>	2.236		

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan:

1. Data
2. Data
3. Data
4. Data
5. Data
6.  $(-0.0667 \cdot (5)) + 138.98$
7. Dari tabel *specific gravity of water*
8.  $(7) \cdot (3) / (3) - (4) + (6)$
9. Rata-rata (8)

## Sampel 2

**Tabel 4.6 Hasil Berat Jenis Benda Uji 2**

1	Kode Sampel	Satuan	Lusi S2		
2	Kode Labu	-	A		
3	Berat Tanah Kering (Ws)	gram	20		
4	Berat Labu Ukur + Air + Tanah (W1)	gram	143.217	144.159	144.604
5	Suhu	( <sup>o</sup> C)	71	52	43
6	Berat Labu Ukur + Air (W2)	gram	131.588	132.838	133.431
7	Berat jenis Air (Gt)	gram/cm <sup>3</sup>	0.97720	0.98720	0.99110
8	Berat Jenis Tanah (Gs)	gram/cm <sup>3</sup>	2.33467	2.27481	2.24571
9	Rata-Rata Berat Jenis	gram/cm <sup>3</sup>	2.285		

*Sumber: Hasil Perhitungan*

## 4.4. Hasil Percobaan Model 4–Analisa Hidrometer

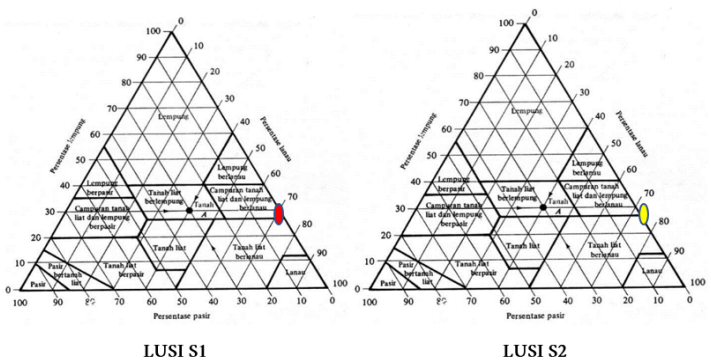
**Tabel 4.5 Hasil Analisa Hidrometer Benda Uji 1**

Saringan	Tertahan Saringan (gr)	Jumlah Tertahan (gr)	% Jumlah Tertahan	% Lolos Saringan
01-Feb	0	0	0	100.00.00
03-Agu	0	0	00.00	100.00.00
01-Apr	0	0	00.00	100.00.00
4	0	0.000	00.00	100.00.00
10	0	0.000	00.00	100.00.00
20	0	0.000	00.00	100.00.00
30	0	0.000	00.00	100.00.00

40	0	0.000	00.00	100.00.00
60	0	0.000	00.00	100.00.00
100	0.097	0.097	00.19	99.81
200	1.042	1.139	02.28	97.72
pan	48.861	50	100	00.00

Waktu (menit)	Suhu (C)	Prosentasi mengendap terhadap seluruh contoh
1	2	11
0	30	100.79
00.05	30	97.31.00
1	30	92.10.00
2	30	86.89
15	30	62.56.00
30	29	55.61
60	29	38.23.00
120	29	24.33.00
1440	27	0,892361111

### 4.5 Hasil Percobaan Model 5–Klasifikasi Tanah



Gambar 4.3 Gambar Gradasi Lusi 1 dan Lusi 2

## 4.6 Hasil Percobaan Model 6–Uji Kuat Tekan Beton dengan Lusi

### 1. Kadar Lumpur dan Kadar Zat Organik Agregat Halus

Dari hasil pengujian kadar lumpur yang telah dilaksanakan, didapatkan hasil sebagai berikut:

$$V_1 \text{ (tinggi pasir)} = 475 \text{ ml}$$

$$V_2 \text{ (tinggi lumpur)} = 3 \text{ ml}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar lumpur} &= \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100 \% \\ &= 0.63\% \end{aligned}$$

Dengan hasil tersebut di atas, maka pasir yang diperiksa memenuhi syarat digunakan untuk campuran beton, dikarenakan kadar lumpurnya <5% (merupakan ketentuan dalam peraturan bagi penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton).

Untuk pengujian zat organik agregat halus didapatkan warna bening, yang berarti bahwa bahan yang diperiksa mempunyai kandungan zat organik yang dapat menurunkan kekuatan beton sebesar 0%.

**Tabel 4.6 Analisa Agregat Kasar**

AGREGAT KASAR 10/20 mm		ASLI		SSD	
	Nomor test	D	F	A	B
A.	Berat tempat (gr)	3060	2760	109.03.00	110.01.00
B.	Berat tempat + contoh (gr)	11060	15760	2128.09.00	2687.09.00
C.	Berat tempat + contoh kering oven (gr)	10980	15620	2085.03.00	2629.09.00
D.	Kadar air = (%)	01.01	01.09	02.21	02.30
F.	Kadar air rata-rata (%)	01.05		02.25	



**Tabel 4.7 Analisa Agregat Halus**

AGREGAT HALUS		ASLI		SSD	
	Nomor test	A	B	A	B
A.	Berat tempat (gr)	2770	2910	109.01.00	110.01.00
B.	Berat tempat + contoh (gr)	7770	7910	2047.05.00	2222.02.00
C.	Berat tempat + contoh kering oven (gr)	7760	7900	2036.09.00	2210.09.00
D.	Kadar air = (%)	00.20	00.20	00.55	00.54
F.	Kadar air rata-rata (%)	00.20		00.54	

**2. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus**

**Tabel 4.7 Analisa Agregat Halus**

		Putih	Coklat	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	497.06.00	497.03.00	497.05.00
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	500.01.00	500.01.00	500.01.00
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	658.01.00	663.00.00	660.06.00
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	Bt	974.09.00	978.06.00	976.08.00
Berat Jenis (bulk)		0,132638889	0,131944444	0,1326389
Berat jenis kering permukaan jenuh		0,134027778	0,132638889	0,1333333
Berat jenis semu (apparent)		0,135416667	0,134722222	0,1347222
Penyerapan (absorpsi)		00.50	00.56	00.53

### 3. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Tabel 4.8 Analisa Agregat Halus

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	4891.06.00	4888.01.00	4889.85
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	5000.08.00	5000.05.00	5000.07.00
Berat contoh di dalam air	Ba	3145.06.00	3152.05.00	3149.01.00
Berat Jenis (bulk)		0,127777778	0,1284722	<b>0,1277778</b>
Berat jenis kering permukaan jenuh		0,131944444	0,1326389	<b>0,1319444</b>
Berat jenis semu (apparent)		0,138888889	0,1402778	<b>0,1395833</b>
Penyerapan (absorpsi)		02.23	02.30	<b>02.27</b>

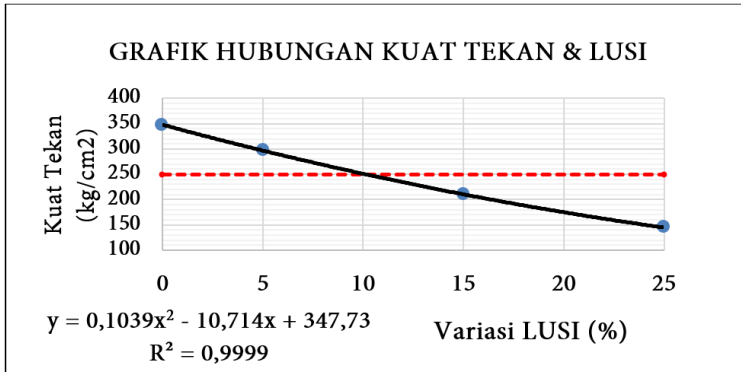
		I	II	Rata-rata
Berat semen	(gr)	64	64	64
Pembacaan pertama pada skala botol	$V_1$	00.50	00.40	00.45
Pembacaan kedua pada skala botol	$V_2$	0,889	0,882	0,88542
Isi cairan yang dipindahkan oleh semen dengan berat tertentu	$V_2 - V_1$	20.30	20.30	20.30
Berat isi air pada 4°C	$d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	01.00	01.00	01.00
Berat jenis semen		03.15	03.15	03.15

<b>Kode</b>			
Nomor Botol		d1	d3
Berat Botol + Tanah ( $W_2$ )	gr	85.70	85.00.00
Berat Botol ( $W_1$ )	gr	40.40.00	39.30.00
Berat Tanah ( $W_2 - W_1$ )	gr	45.30.00	45.70
Suhu (T)	°C	25	25
Berat Botol + Air pada T ( $W_4$ )	gr	139.08.00	138.08.00
$W_2 - W_1 + W_4$	gr	185.10.00	184.50.00
Berat Botol + Air + Tanah ( $W_3$ )	gr	158.40.00	160.40.00
Faktor Koreksi Suhu		6,924305556	6,924305556
Isi Tanah ( $W_2 - W_1$ ) + ( $W_4 - W_3$ )	cm <sup>3</sup>	26.70	24.10.00
Berat Jenis Tanah		0,089583333	0,103472222
<b>Rata-rata</b>		<b>0,096527778</b>	

## 4.7 Hasil dan Pembahasan

Tabel 4.8 Komposisi Akhir Campuran Beton

<b>Komposisi Akhir Campuran Kondisi Lapangan</b>				
<b>Jumlah Bahan Per m<sup>3</sup></b>	<b>Variasi Lumpur Lapindo (%)</b>			
	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>15</b>	<b>25</b>
Semen (Kg)	377.19	377.19	377.19	377.19
Agregat Halus (Kg)	709.05	673.60	602.69	531.79
Lumpur Lapindo (Kg)	0.00	35.45	106.36	177.26
Agregat Kasar 10/120 (Kg)	970.48	970.48	970.48	970.48
Air Bebas (Kg)	215.00	215.00	215.00	215.00
Hitungan Air Lapangan (Kg)	229.32	229.32	229.32	229.32
Air Terpakai (Kg)	198.58	229.32	275.13	334.91



**Gambar 4.4 Grafik Hubungan Kuat Tekan Beton dan Lumpur Sidoarjo**

Dari grafik hubungan kuat tekan beton dan Lumpur Sidoarjo di dapatkan 0% LUSI kuat tekan 350 kg/cm<sup>2</sup>; 5% LUSI Kuat tekan 300 kg/cm<sup>2</sup>; 10% LUSI Kuat Tekan 250 kg/cm<sup>2</sup>; 15% LUSI Kuat Tekan 200 kg/cm<sup>2</sup>; 20% LUSI Kuat tekan 175 kg/cm<sup>2</sup>; 25% LUSI Kuat Tekan 150 kg/cm<sup>2</sup>.

### Hasil Uji Kuat Tekan Beton dengan Berbagai Perlakuan

Pada bagian ini akan disajikan hasil uji kuat tekan beton dengan menggunakan berbagai perlakuan LUSI. Pengujian dilakukan menggunakan uji ANOVA dengan uji lanjut BNT.

#### Descriptives

Kuat Tekan

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min.	Max.
					Lower Bound	Upper Bound		
0	8	498.750	32.4599	11.4763	471.613	525.887	454.0	553.0
5	8	427.875	43.1391	15.2520	391.810	463.940	362.0	480.0
15	8	301.250	6.7135	2.3736	295.637	306.863	290.0	311.0
25	8	208.375	11.2114	3.9638	199.002	217.748	183.0	220.0
Total	32	359.063	116.9466	20.6734	316.899	401.226	183.0	553.0

## ANOVA

Kuat Tekan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	402374.125	3	134124.708	173.883	.000
Within Groups	21597.750	28	771.348		
Total	423971.875	31			

### Multiple Comparisons

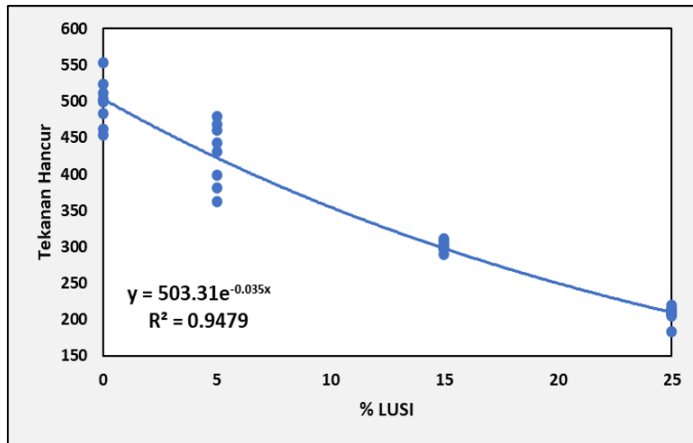
Dependent Variable: Kuat Tekan

LSD

(I) LUSI	(J) LUSI	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
0	5	70.8750*	13.8866	.000	42.430	99.320
	15	197.5000*	13.8866	.000	169.055	225.945
	25	290.3750*	13.8866	.000	261.930	318.820
5	0	-70.8750*	13.8866	.000	-99.320	-42.430
	15	126.6250*	13.8866	.000	98.180	155.070
	25	219.5000*	13.8866	.000	191.055	247.945
15	0	-197.5000*	13.8866	.000	-225.945	-169.055
	5	-126.6250*	13.8866	.000	-155.070	-98.180
	25	92.8750*	13.8866	.000	64.430	121.320
25	0	-290.3750*	13.8866	.000	-318.820	-261.930
	5	-219.5000*	13.8866	.000	-247.945	-191.055
	15	-92.8750*	13.8866	.000	-121.320	-64.430

*Sumber: Data Penelitian Diolah (2021)*

Hasil uji lanjut BNT menunjukkan terdapat perbedaan signifikan antar perlakuan LUSI terhadap kuat tekan beton yang ditunjukkan dari nilai signifikansi kurang dari 0,05 ( $\text{sig} < 0,05$ ).



**Gambar 4.4** Diagram Pengaruh LUSI terhadap Kuat Tekan Beton

*Sumber: Data Penelitian Diolah (2021)*

## 4.8 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisis data, dan pembahasan mengenai pengaruh penggunaan lumpur Sidoarjo terhadap struktur mikro Lining irigasi, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh penambahan lumpur Sidoarjo pada bentuk struktur mikro adalah memperbaiki pori-pori dan membuat struktur beton lining menjadi lebih masif. Karena ukuran butir lumpur Sidoarjo lebih kecil dari ukuran butir tanah asli.
2. Penambahan lumpur Sidoarjo pada campuran beton lining akan mempengaruhi struktur mikro menjadi lebih baik, sehingga kuat lentur akan meningkat, penyerapan air dan rembesan akan semakin kecil.
3. Dari hasil pengujian, kuat tekan rata-rata didapatkan kekuatan tekan optimum pada prosentase 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%. Penggunaan prosentase lumpur Sidoarjo yang lebih besar sebagai

substitusi pasir dengan persamaan yang dihasilkan adalah  $Y = 503.31 \exp^{-0.035X}$  dan persamaan eksponensial yang dihasilkan nilai koefisien determinasi R-Square sebesar 0,9479 yang menunjukkan bahwa besarnya pengaruh LUSI terhadap kuat tekan beton menggunakan persamaan eksponensial adalah sebesar 94,75 persen.

4. “PC” Bahan campuran beton dengan berat  $377,19 \text{ Kg/m}^3$  (16,60%) yang disiapkan untuk pembuatan mix desain Lining pada irigasi. “Pasir Cor” Bahan campuran beton dengan berat  $673.60 \text{ Kg/m}^3$  (29,65 %) yang disiapkan untuk pembuatan mix desain Lining pada irigasi. “Lumpur” Bahan campuran beton dengan berat  $35,45 \text{ Kg/m}^3$  (1,56 %) yang disiapkan untuk pembuatan mix desain Lining pada irigasi. “Kerikil Cor” Bahan campuran beton dengan berat  $970.48 \text{ Kg/m}^3$  (42,72 %) yang disiapkan untuk pembuatan mix desain Lining pada irigasi. “Air” Bahan campuran beton dengan berat  $215.00 \text{ Kg/m}^3$  (9,46 %) yang disiapkan untuk pembuatan mix desain Lining pada irigasi.

# LAMPIRAN 1. SEM EDX

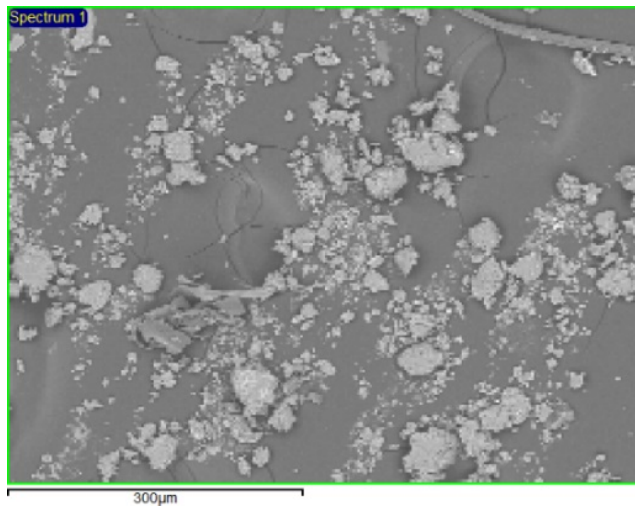
## SAMPEL 1 EDX PERBESARAN 250X

### Spectrum details

Project New project Spectrum name Spectrum 1

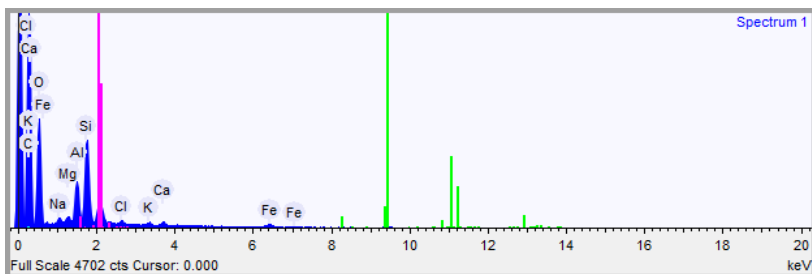
### Electron Image

Image Width: 642.0  $\mu\text{m}$



### Acquisition conditions

Acquisition time (s) 100.0 Process time 5  
Accelerating voltage (kV) 15.0





## Quantification Settings

Quantification method All elements (normalised)

Coating element None

## Summary results

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %
Carbon	53.121	0.862	62.546
Oxygen	37.319	0.723	32.988
Sodium	0.309	0.046	0.190
Magnesium	0.336	0.037	0.195
Aluminum	1.995	0.061	1.046
Silicon	4.668	0.106	2.351
Chlorine	0.337	0.036	0.134
Potassium	0.250	0.036	0.091
Calcium	0.382	0.039	0.135
Iron	1.284	0.101	0.325



## Full result

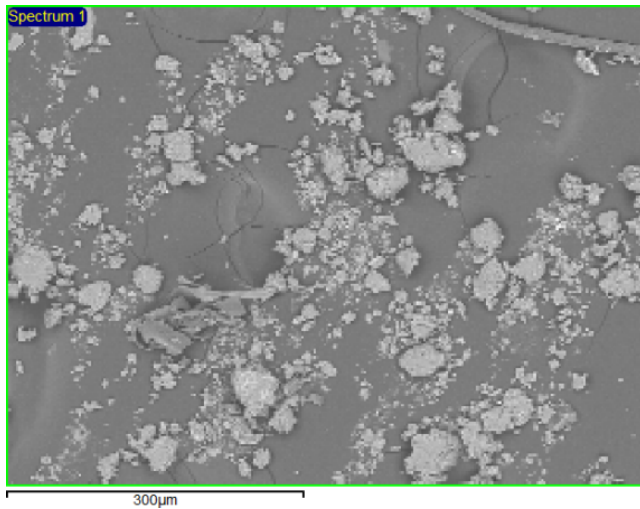
Element	Line	Area (counts)	App. conc.	k ratio	Int. corrn.	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %
Carbon	k_series	37659	82.078	0.379	0.837	53.121	0.862	62.546
Oxygen	k_series	21229	39.573	0.142	0.574	37.319	0.723	32.988
Sodium	k_series	796	0.518	0.002	0.909	0.309	0.046	0.190
Magnesium	k_series	1210	0.506	0.003	0.817	0.336	0.037	0.195
Aluminum	k_series	8551	3.289	0.024	0.893	1.995	0.061	1.046
Silicon	k_series	19895	7.964	0.064	0.924	4.668	0.106	2.351
Chlorine	k_series	1230	0.498	0.005	0.800	0.337	0.036	0.134
Potassium	k_series	793	0.471	0.004	1.018	0.250	0.036	0.091
Calcium	k_series	1098	0.673	0.006	0.955	0.382	0.039	0.135
Iron	k_series	1219	1.809	0.018	0.763	1.284	0.101	0.325

## Spectrum details

Project    New project    Spectrum name    Spectrum 1

## Electron Image

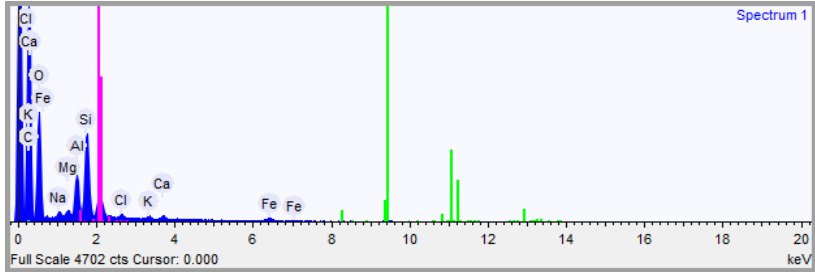
Image Width: 642.0  $\mu\text{m}$



### Acquisition conditions

Acquisition time (s) 100.0      Process time 5

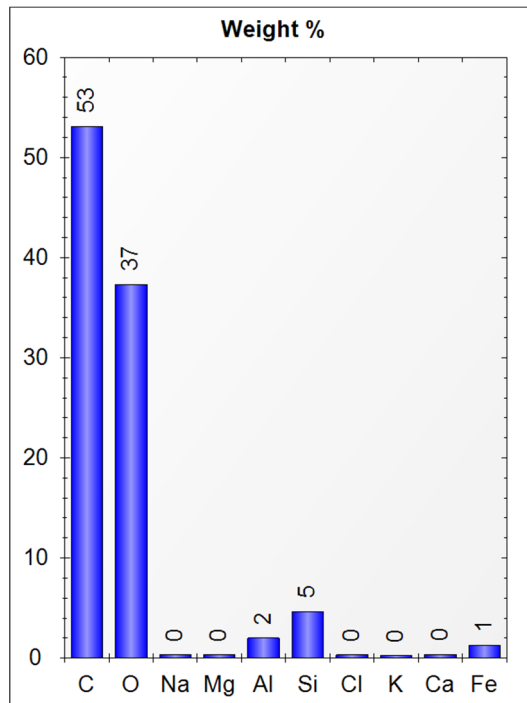
Accelerating voltage (kV) 15.0



### Quantification Settings

Quantification method      All elements (normalised)

Coating element              None



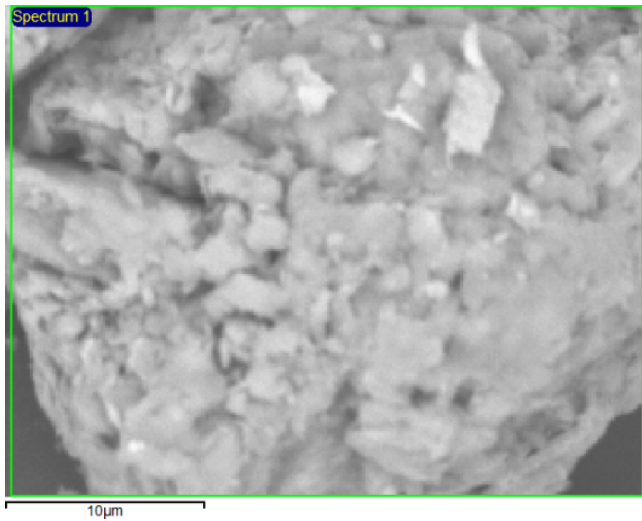
# SAMPEL 1 EDX PERBESARAN 5000X

## Spectrum details

Project New project Spectrum name Spectrum 1

## Electron Image

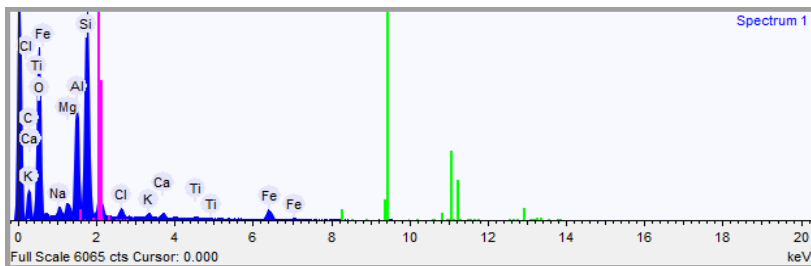
Image Width: 32.1  $\mu\text{m}$



## Acquisition conditions

Acquisition time (s) 100.0 Process time 5

Accelerating voltage (kV) 15.0



## Quantification Settings

Quantification method All elements (normalised)

Coating element None

## Summary results

Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %
Carbon	16.912	2.136	25.003
Oxygen	50.030	1.316	55.527
Sodium	0.982	0.065	0.758
Magnesium	0.953	0.057	0.696
Aluminum	7.542	0.214	4.964
Silicon	16.526	0.446	10.448
Chlorine	1.010	0.055	0.506
Potassium	0.529	0.046	0.240
Calcium	0.703	0.050	0.312
Titanium	0.311	0.056	0.115
Iron	4.502	0.183	1.431



## Quantification Settings

Quantification method

All elements (normalised)

Coating element

None

## Full results

Element	Line	Area (counts)	App. conc.	k ratio	Int. corr.	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %
Carbon	k_series	5247	7.249	0.034	0.364	16.912	2.136	25.003
Oxygen	k_series	45851	54.179	0.194	0.920	50.030	1.316	55.527
Sodium	k_series	2444	1.009	0.005	0.873	0.982	0.065	0.758
Magnesium	k_series	3344	0.887	0.006	0.791	0.953	0.057	0.696
Aluminum	k_series	31818	7.756	0.057	0.873	7.542	0.214	4.964
Silicon	k_series	66102	16.773	0.135	0.862	16.526	0.446	10.448
Chlorine	k_series	3491	0.895	0.009	0.753	1.010	0.055	0.506
Potassium	k_series	1665	0.626	0.005	1.005	0.529	0.046	0.240
Calcium	k_series	2039	0.793	0.007	0.957	0.703	0.050	0.312
Titanium	k_series	622	0.294	0.003	0.803	0.311	0.056	0.115
Iron	k_series	4486	4.220	0.042	0.796	4.502	0.183	1.431

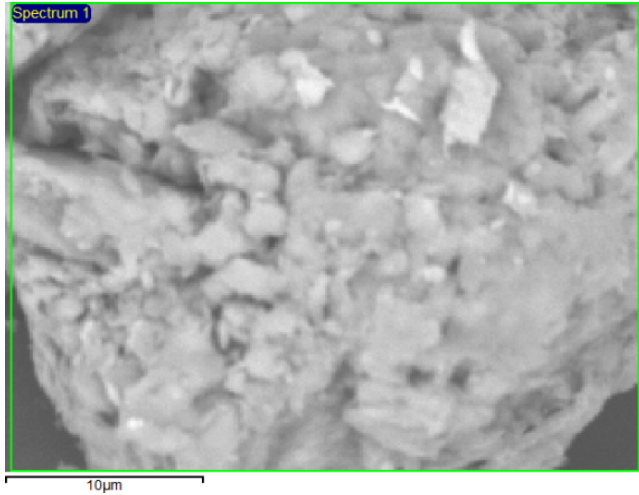


## Spectrum details

Project New project Spectrum name Spectrum 1

## Electron Image

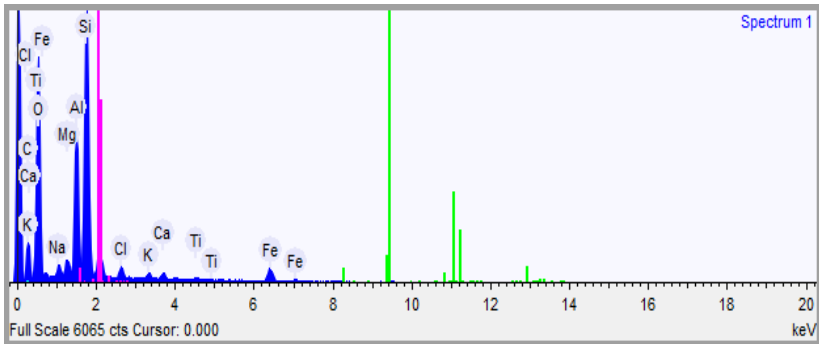
Image Width: 32.1  $\mu\text{m}$



## Acquisition conditions

Acquisition time (s) 100.0 Process time 5

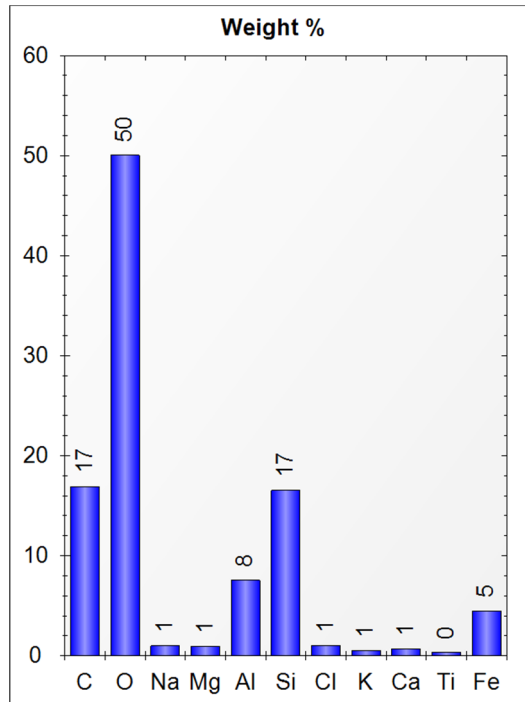
Accelerating voltage (kV) 15.0



### Quantification Settings

Quantification method All elements (normalised)

Coating element None



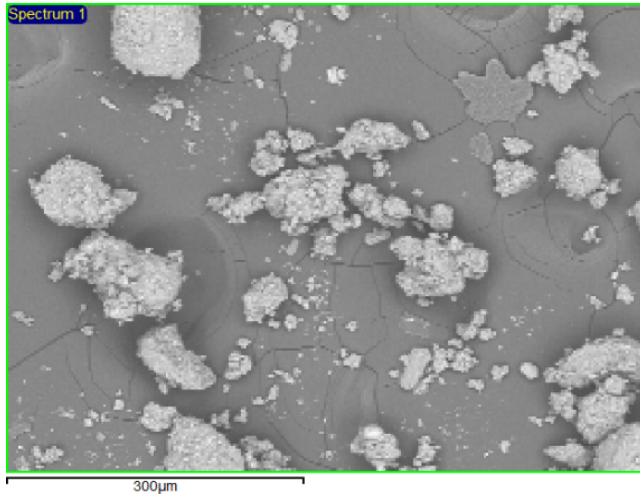
## SAMPEL 2 EDX PERBESARAN 250X

### Spectrum details

Project      New project      Spectrum name      Spectrum 1

### Electron Image

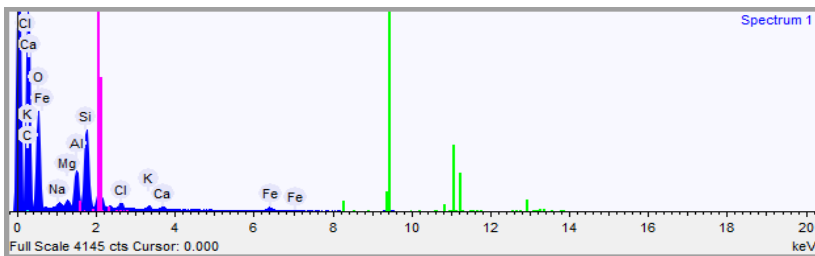
Image Width: 642.0  $\mu\text{m}$



### Acquisition conditions

Acquisition time (s) 100.0      Process time 5

Accelerating voltage (kV) 15.0



### Quantification Settings

Quantification method      All elements (normalised)

Coating element      None

## Summary results

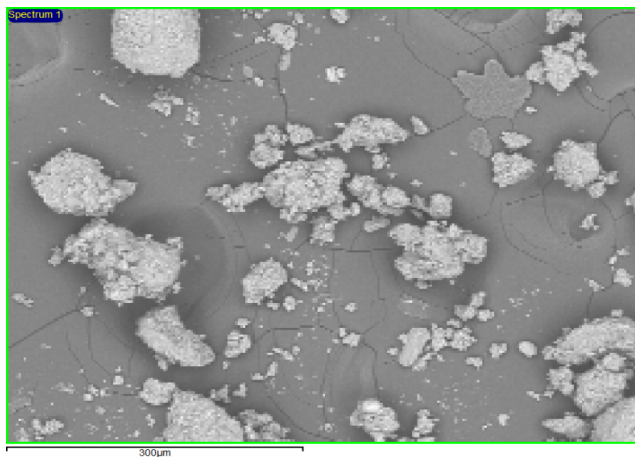
Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %
Carbon	53.041	0.991	62.639
Oxygen	36.772	0.817	32.601
Sodium	0.399	0.050	0.246
Magnesium	0.393	0.041	0.229
Aluminum	2.004	0.067	1.054
Silicon	4.857	0.122	2.453
Chlorine	0.488	0.041	0.195
Potassium	0.301	0.039	0.109
Calcium	0.302	0.040	0.107
Iron	1.443	0.115	0.367

## Spectrum details

Project      New project      Spectrum name      Spectrum 1

## Electron Image

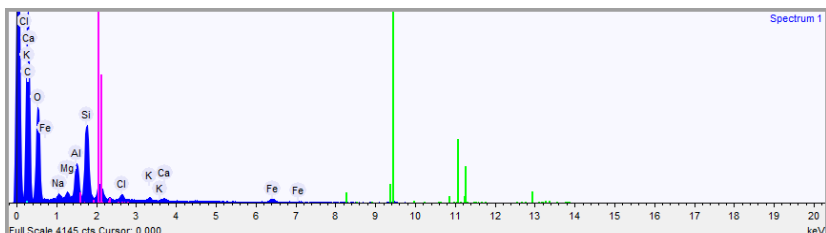
Image Width: 642.0  $\mu\text{m}$



### Acquisition conditions

Acquisition time (s) 100.0      Process time 5

Accelerating voltage (kV)      15.0



### Quantification Settings

Quantification method      All elements (normalised)

Coating element      None

### Full results

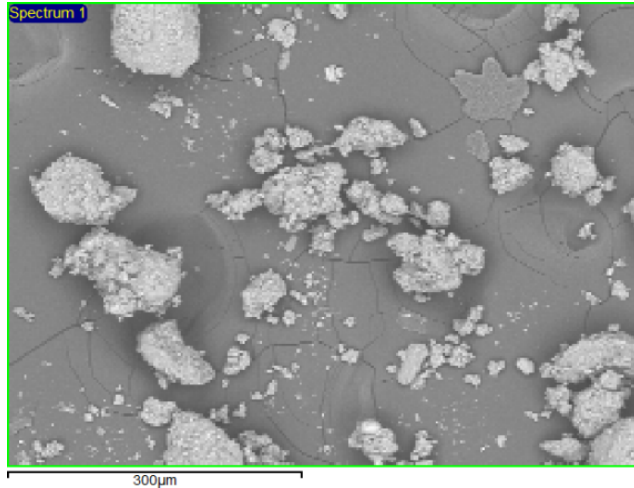
Element	Line	Area (counts)	App. conc.	k ratio	Int. corr.	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %
Carbon	k_series	31685	79.727	0.369	0.812	53.041	0.991	62.639
Oxygen	k_series	18114	38.984	0.140	0.573	36.772	0.817	32.601
Sodium	k_series	894	0.672	0.003	0.911	0.399	0.050	0.246
Magnesium	k_series	1230	0.595	0.004	0.818	0.393	0.041	0.229
Aluminum	k_series	7456	3.310	0.024	0.893	2.004	0.067	1.054
Silicon	k_series	17968	8.304	0.067	0.924	4.857	0.122	2.453
Chlorine	k_series	1546	0.722	0.007	0.799	0.488	0.041	0.195
Potassium	k_series	827	0.566	0.005	1.017	0.301	0.039	0.109
Calcium	k_series	754	0.534	0.005	0.955	0.302	0.040	0.107
Iron	k_series	1191	2.040	0.020	0.764	1.443	0.115	0.367

### Spectrum details

Project New project    Spectrum name Spectrum 1

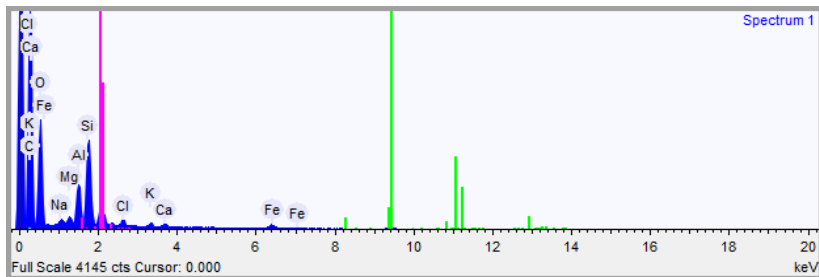
### Electron Image

Image Width: 642.0  $\mu\text{m}$



### Acquisition conditions

Acquisition time (s) 100.0    Process time 5  
Accelerating voltage (kV) 15.0



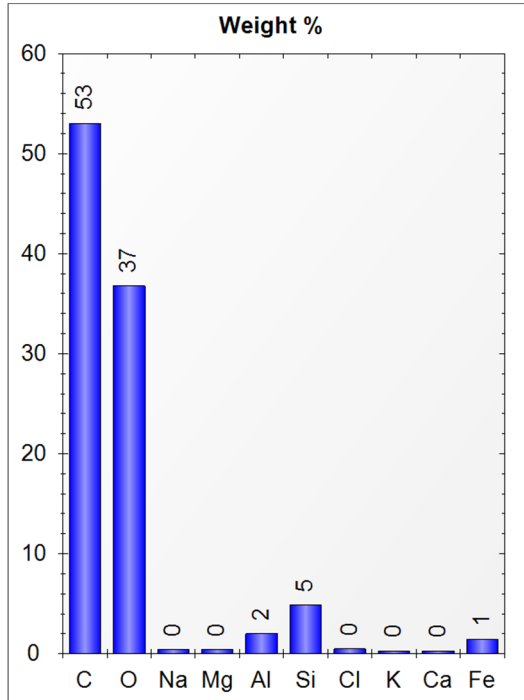
### Quantification Settings

Quantification method

All elements (normalised)

Coating element

None



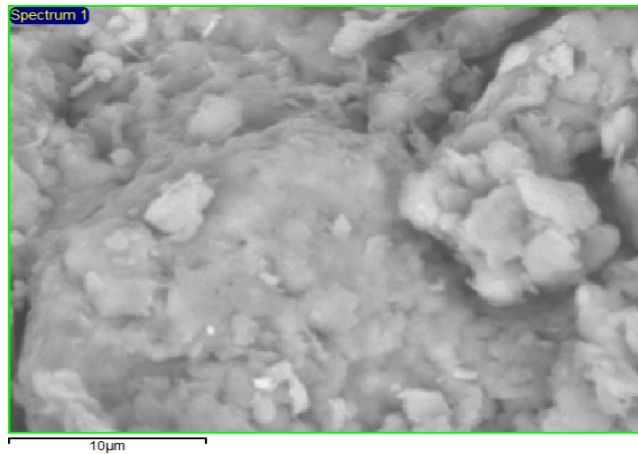
## SAMPEL 2 EDX PERBESARAN 5000X

### Spectrum details

Project New project Spectrum name Spectrum 1

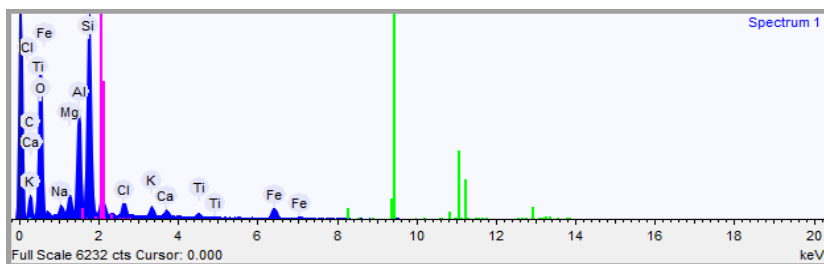
### Electron Image

Image Width: 32.1  $\mu\text{m}$



### Acquisition conditions

Acquisition time (s) 100.0 Process time 5  
Accelerating voltage (kV) 15.0



### Quantification Settings

Quantification method All elements (normalised)  
Coating element None



## Summary results

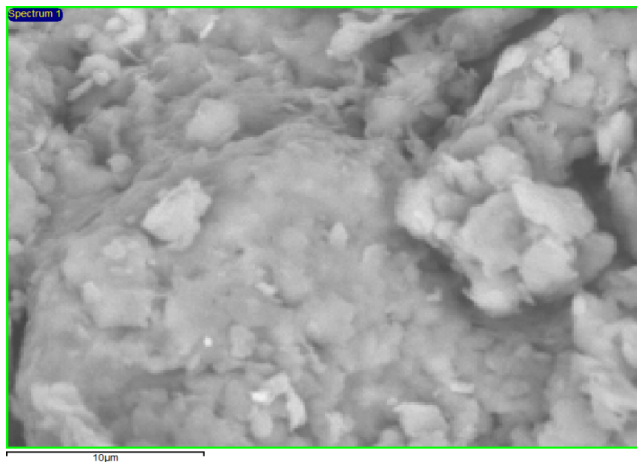
Element	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %
Carbon	12.255	2.351	18.980
Oxygen	49.867	1.366	57.979
Sodium	1.154	0.071	0.934
Magnesium	1.691	0.075	1.294
Aluminum	7.759	0.228	5.349
Silicon	17.396	0.487	11.522
Chlorine	1.608	0.072	0.844
Potassium	1.232	0.063	0.586
Calcium	0.956	0.060	0.444
Titanium	0.785	0.068	0.305
Iron	5.297	0.208	1.764

## Spectrum details

Project      New project      Spectrum name      Spectrum 1

## Electron Image

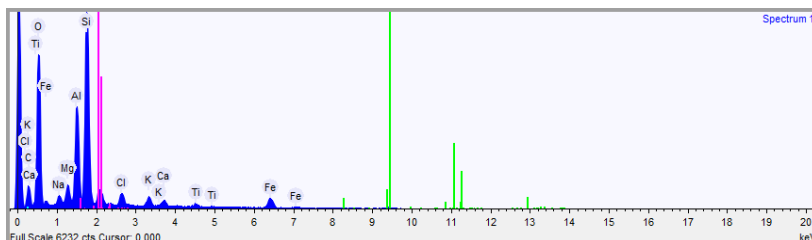
Image Width: 32.1  $\mu\text{m}$



### Acquisition conditions

Acquisition time (s) 100.0      Process time 5

Accelerating voltage (kV) 15.0



### Quantification Settings

Quantification method      All elements (normalised)

Coating element      None

### Full results

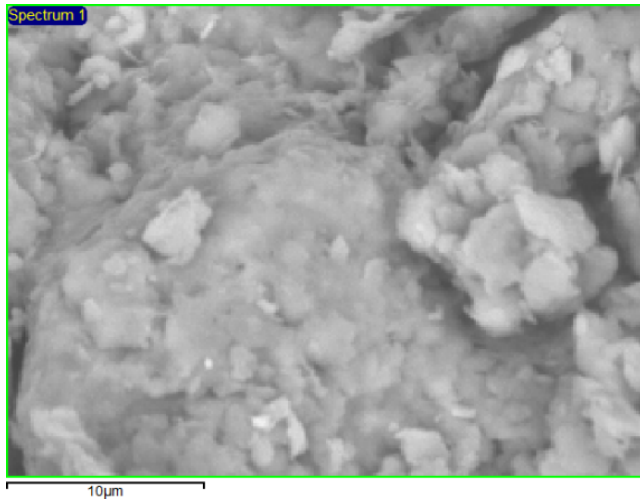
Element	Line	Area (counts)	App. conc.	k ratio	Int. corr.	Weight %	Weight % $\sigma$	Atomic %
Carbon	k_series	3429	4.522	0.021	0.337	12.255	2.351	18.980
Oxygen	k_series	45083	50.850	0.183	0.932	49.867	1.366	57.979
Sodium	k_series	2780	1.096	0.005	0.868	1.154	0.071	0.934
Magnesium	k_series	5741	1.454	0.010	0.786	1.691	0.075	1.294
Aluminum	k_series	31456	7.319	0.054	0.862	7.759	0.228	5.349
Silicon	k_series	67148	16.264	0.131	0.855	17.396	0.487	11.522
Chlorine	k_series	5405	1.323	0.013	0.752	1.608	0.072	0.844
Potassium	k_series	3778	1.356	0.011	1.006	1.232	0.063	0.586
Calcium	k_series	2699	1.001	0.009	0.958	0.956	0.060	0.444
Titanium	k_series	1532	0.692	0.007	0.806	0.785	0.068	0.305
Iron	k_series	5176	4.649	0.046	0.802	5.297	0.208	1.764

## Spectrum details

Project New project Spectrum name Spectrum 1

## Electron Image

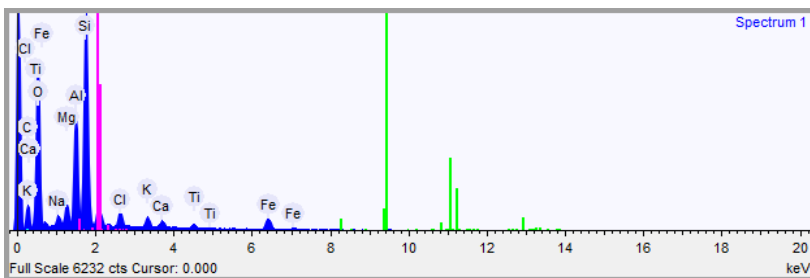
Image Width: 32.1  $\mu\text{m}$



## Acquisition conditions

Acquisition time (s) 100.0 Process time 5

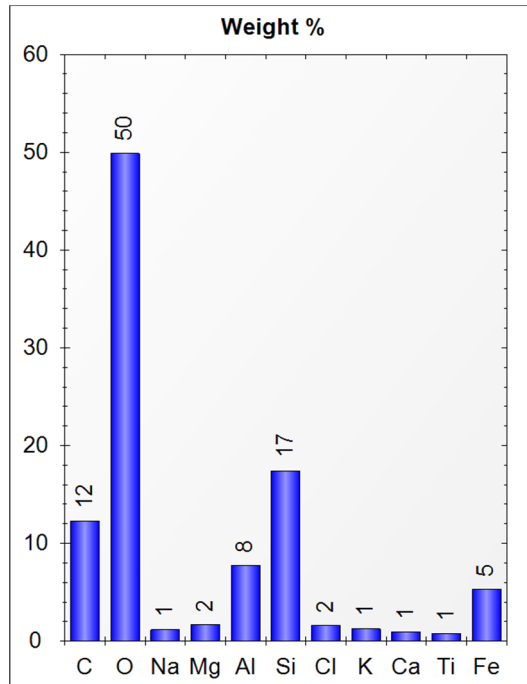
Accelerating voltage (kV) 15.0



### Quantification Settings

Quantification method All elements (normalised)

Coating element None



## LAMPIRAN 2

### Lampiran 2.1 Analisa Porositas LUSI Sampel 1



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
LABORATORIUM TANAH DAN AIR TANAH  
JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN  
Jalan Mayjend. Haryono No. 167 Malang 65145  
Telp.(0341) 5624564 Fax. (0341) 562454

#### ANALISA POROSITAS

No Surat : JUN10.F07.81/PP/2021  
Pemilik Sampel : Dr. Ir. Lies Kurniawati, MT  
Lokasi : Lumpur Sidoarjo  
Kode Sampel : Lusi S1  
Tanggal sampel diterima : 1 Mei 2021  
Peruntukan : Penelitian

Lokasi/Titik:	satuan	LUSI S1
Tinggi Ring	cm	3.37
Diameter Ring	cm	5.43
1 Berat ring	gr	10.173
2 Berat ring + Sampel basah	gr	131.311
3 Berat tanah basah (2) - (1)	gr	121.138
4 Volume ring	cm <sup>3</sup>	78.001
5 Berat isi tanah (3)/(4)	gr/cm <sup>3</sup>	1.553
6 Berat ring + Sampel kering	gr	94.873
7 Berat tanah kering (6) - (1)	gr	84.700
8 Berat air (3) - (7)	gr	36.438
9 Kadar air ((8)/(7)) x 100%	%	43.020
10 $\gamma_d$ (7)/(4)	gr/cm <sup>3</sup>	1.096
11 Specific gravity (Gs)	gr/cm <sup>3</sup>	2.285
12 Volume tanah kering (7)/(11)	cm <sup>3</sup>	37.068
13 Isi pori (4) - (12)		40.933
14 Derajat kejenuhan $S_r = ((8)/(13)) \times 100\%$	%	89.018
15 Porositas ((13)/(14)) x 100%	%	45.983

## Lampiran 2.2 Analisa Porositas LUSI Sampel 2



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**LABORATORIUM TANAH DAN AIR TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN**  
 Jalan Mayjend. Haryono No. 167 Malang 65145  
 Telp.(0341) 5624564 Fax. (0341) 562454

### ANALISA POROSITAS

No Surat : /UN10.F07.61/PP/2021  
 Pemilik Sampel : Dr. Ir. Lies Kurniawati, MT  
 Lokasi : Lumpur Sidoarjo  
 Kode Sampel : Lusi S2  
 Tanggal sampel diterima : 1 Mei 2021  
 Peruntukan : Penelitian

Lokasi/Titik:		satuan	LUSI S2
Tinggi Ring		cm	3.311
Diameter Ring		cm	5.35
1	Berat ring	gr	10.173
2	Berat ring + Sampel basah	gr	135.094
3	Berat tanah basah (2) - (1)	gr	124.921
4	Volume ring	cm <sup>3</sup>	74.394
5	Berat isi tanah (3)/(4)	gr/cm <sup>3</sup>	1.679
6	Berat ring + Sampel kering	gr	103.798
7	Berat tanah kering (6) - (1)	gr	93.625
8	Berat air (3) - (7)	gr	31.296
9	Kadar air $((8)/(7)) \times 100\%$	%	33.427
10	$\rho_d (7)/(4)$	gr/cm <sup>3</sup>	1.259
11	Specific gravity (Gs)	gr/cm <sup>3</sup>	2.236
12	Volume tanah kering (7)/(11)	cm <sup>3</sup>	41.872
13	Isi pori (4) - (12)		32.522
14	Derajat kejenuhan $S_r = ((8)/(13)) \times 100\%$	%	96.229
15	Porositas $((13)/(14)) \times 100\%$	%	33.797

## Lampiran 2.3 Analisa Berat Jenis LUSI Sampel 1



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**LABORATORIUM TANAH DAN AIR TANAH**  
**JURUSAN TEKNIK PENG-AIRAN**  
 Jalan Mayjend. Haryono No. 167 Malang 65145  
 Telp. (0341) 5624564 Fax. (0341) 562434

### ANALISA BERAT JENIS

No Surat : /UN10.F07.61/PP/2021  
 Pemilik Sampel : Dr. Ir. Lies Kurniawati, MT  
 Lokasi : Lumpur Sidoarjo  
 Kode Sampel : Lusi S2  
 Tanggal sampel diterima : 12 Mei 2021  
 Peruntukan : Penelitian

1	Kode Sampel	Satuan	Lusi S2		
2	Kode Labu	-	B		
3	Berat Tanah Kering (Ws)	gram	20		
4	Berat Labu Ukur + Air + Tanah (W1)	gram	145.758	146.73	147.188
5	Suhu	(°C)	68	51	43
6	Berat Labu Ukur + Air (W2)	gram	134.444	135.578	136.112
7	Berat jenis Air (Gt)	gram/cm <sup>3</sup>	0.97890	0.98760	0.99110
8	Berat Jenis Tanah (Gs)	gram/cm <sup>3</sup>	2.25387	2.23229	2.22123
9	Rata-Rata Berat Jenis	gram/cm <sup>3</sup>	2.236		

Sumber : Hasil perhitungan

Keterangan :

- |         |  |
|---------|--|
| 1. Data | 6. $(-0.0667 \times (5)) + 138.98$             |
| 2. Data | 7. Dari tabel <i>specific gravity of water</i> |
| 3. Data | 8. $(7) \times (3) / (3) - (4) + (6)$          |
| 4. Data | 9. Rata-rata (8)                               |
| 5. Data |  |

## Lampiran 2.4 Analisa Berat Jenis LUSI Sampel 2



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
 UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
 FAKULTAS TEKNIK  
 LABORATORIUM TANAH DAN AIR TANAH  
 JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN  
 Jalan Mayjend. Haryono No. 167 Malang 65145  
 Telp. (0341) 5624564 Fax. (0341) 562454

### ANALISA BERAT JENIS

No Surat : /UN10.F07.61/PP/2021  
 Pemilik Sampel : Dr. Ir. Lies Kurniawati, MT  
 Lokasi : Lumpur Sidoarjo  
 Kode Sampel : Lusi S1  
 Tanggal sampel diterima : 12 Mei 2021  
 Peruntukan : Penelitian

1	Kode Sampel	Satuan	Lusi S1		
2	Kode Labu	-	A		
3	Berat Tanah Kering (W <sub>s</sub> )	gram	20		
4	Berat Labu Ukur + Air + Tanah (W <sub>1</sub> )	gram	143.217	144.159	144.604
5	Suhu	(°C)	71	52	43
6	Berat Labu Ukur + Air (W <sub>2</sub> )	gram	131.588	132.838	133.431
7	Berat jenis Air (G <sub>t</sub> )	gram/cm <sup>3</sup>	0.97720	0.98720	0.99110
8	Berat Jenis Tanah (G <sub>s</sub> )	gram/cm <sup>3</sup>	2.33467	2.27481	2.24571
9	Rata-Rata Berat Jenis	gram/cm <sup>3</sup>	2.285		

Sumber : Hasil perhitungan

Keterangan:

- |         |  |
|---------|--|
| 1. Data | 6. $(-0.0658 \times (5)) + 136.26$             |
| 2. Data | 7. Dari tabel <i>specific gravity of water</i> |
| 3. Data | 8. $(7) \times (3) / (3) - (4) + (6)$          |
| 4. Data | 9. Rata-rata (8)                               |
| 5. Data |  |



## Lampiran 2.5 Analisa Hidrometer LUSI Sampel 1



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
 UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
 FAKULTAS TEKNIK  
 LABORATORIUM TANAH DAN AIR TANAH  
 JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN  
 Jalan Mayjend. Haryono No. 167 Malang 65145  
 Telp.(0341) 5624564 Fax. (0341) 562454

### ANALISA HIDROMETER

No Surat : /UN10.F07.61/PP/2021  
 Pemilik Sampel : Dr. Ir. Lies Kurniawati, MT  
 Lokasi : Lumpur Sidoarjo  
 Tanggal sampel diterima : Lusi S1  
 Kode Sampel : 1 Mei 2021  
 Peruntukan : Penelitian

wsampel 50 gr				
Saringan	Tertahan Saringan (gr)	Jumlah Tertahan (gr)	% Jumlah Tertahan	% Lolos Saringan
1/2	0	0	0	100.00
3/8	0	0	0.00	100.00
1/4	0	0	0.00	100.00
4	0	0.000	0.00	100.00
10	0	0.000	0.00	100.00
20	0	0.000	0.00	100.00
30	0	0.000	0.00	100.00
40	0	0.000	0.00	100.00
60	0	0.000	0.00	100.00
100	0.097	0.097	0.19	99.81
200	1.042	1.139	2.28	97.72
pan	48.861	50	100	0.00

Gs= 2.285										
Waktu menit	Suhu C	Pembacaan Hidrometer Rh	Pemb. Terkoreksi Rh, K	Koreksi Suhu K	R (1000x(rh.k-1))	Kalibrasi (Kedalaman Efektif Hidrometer) Zr	Diameter D	Finner (%)	Persentase Finner P (%)	Prosentasi mengendap terhadap seluruh contoh
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	30	1.0280	1.0290	0.01298	29	2.433	0.0000	-3.14	103.14	100.79
0.5	30	1.0270	1.0280	0.01298	28	2.729	0.0303	0.42	99.58	97.31
1	30	1.0255	1.0265	0.01298	27	3.172	0.0231	5.75	94.25	92.10
2	30	1.0240	1.0250	0.01298	25	3.615	0.0175	11.09	88.91	86.89
15	30	1.0170	1.0180	0.01298	18	5.683	0.0080	35.98	64.02	62.56
30	29	1.0150	1.0160	0.01312	16	6.274	0.0060	43.10	56.90	55.61
60	29	1.0100	1.0110	0.01312	11	7.791	0.0047	60.88	39.12	38.23
120	29	1.0060	1.0070	0.01312	7	8.932	0.0036	75.11	24.89	24.33
1440	27	1.0050	1.0060	0.01342	6	9.228	0.0011	78.66	21.34	20.85

## Lampiran 2.6 Analisa Hidrometer LUSI Sampel 2



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
 UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
 FAKULTAS TEKNIK  
 LABORATORIUM TANAH DAN AIR TANAH  
 JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN  
 Jalan Mayjend. Haryono No. 167 Malang 65145  
 Telp.(0341) 5624564 Fax. (0341) 562454

### ANALISA HIDROMETER

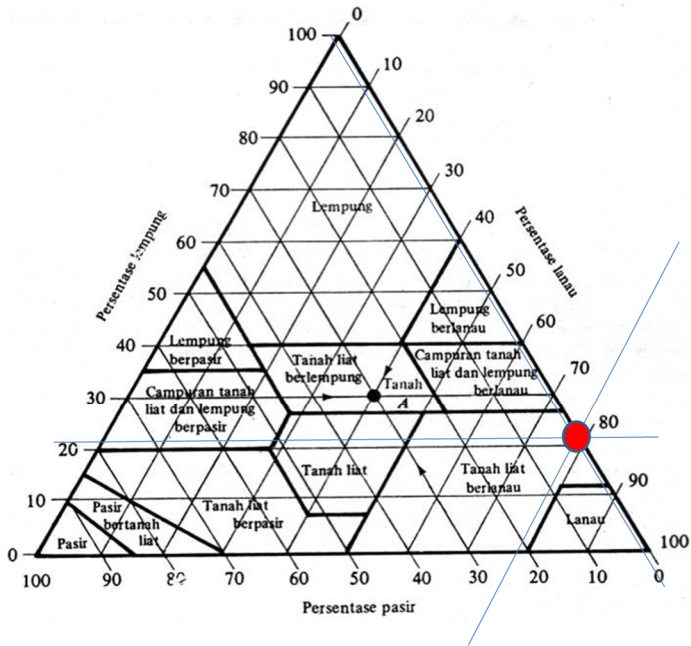
No Surat : /UN10.F07.61/PP/2021  
 Pemilik Sampel : Dr. Ir. Lies Kurniawati, MT  
 Lokasi : Lumpur Sidoarjo  
 Tanggal sampel diterima : Lusi S2  
 Kode Sampel : 1 Mei 2021  
 Peruntukan : Penelitian

Saringan	Tertahan Saringan (gr)	Jumlah Tertahan (gr)	% Jumlah Tertahan	% Lulus Saringan
1/2	0	0	0	100.00
3/8	0	0	0.00	100.00
1/4	0	0	0.00	100.00
4	0	0.000	0.00	100.00
10	0	0.000	0.00	100.00
20	0	0.000	0.00	100.00
30	0	0.000	0.00	100.00
40	0	0.000	0.00	100.00
60	0.117	0.117	0.23	99.77
100	0.944	0.661	1.32	98.68
200	3.970	4.631	9.26	90.74
pan	45.369	50	100	0.00

Waktu menit	Suhu C	Pembacaan Hidrometer Rh	Pemb. Terkoreksi Rh, K	Koreksi Suhu K	R (1000x(rh,k-1))	Kalibrasi (Kedalaman Efektif Hidrometer) Zr	Diameter D	Finner (%)	Persentase Finner P (%)	Prosentasi mengendap terhadap seluruh contoh
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	30	1.0240	1.0250	0.01298	25	3.615	0.0000	9.55	90.45	82.08
0.5	30	1.0200	1.0210	0.01298	21	4.797	0.0402	24.02	75.98	68.94
1	30	1.0185	1.0195	0.01298	19	5.240	0.0297	29.45	70.55	64.02
2	30	1.0175	1.0185	0.01298	19	5.535	0.0216	33.06	66.94	60.74
15	30	1.0100	1.0110	0.01298	11	7.751	0.0093	60.20	39.80	36.11
30	29	1.0090	1.0100	0.01312	10	8.046	0.0068	63.82	36.18	32.83
60	29	1.0085	1.0095	0.01312	9	8.194	0.0048	65.63	34.37	31.19
120	29	1.0050	1.0060	0.01312	6	9.228	0.0036	78.29	21.71	19.70
1440	27	1.0050	1.0060	0.01342	6	9.228	0.0011	78.29	21.71	19.70

Lampiran 2.7 Klasifikasi LUSI Sampel 1

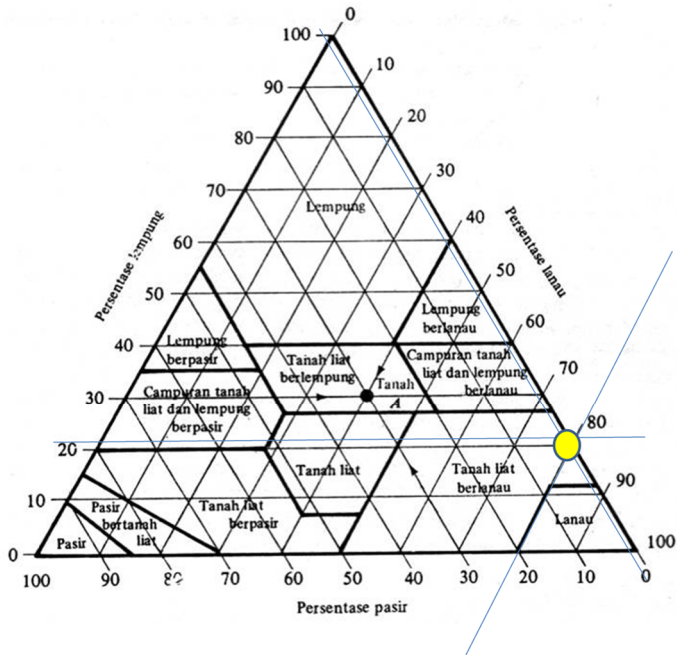
**LUSI S1**



**silt loam**

**Tanah Liat Berlanau**

## LUSI S2



# silt loam

## Tanah Liat Berlanau

# LAMPIRAN 3

## LAMPIRAN 3.1 Berat Isi



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian Lumpur Sidoarjo (LUSI) Sebagai Bahan Konstruksi Yang Ramah Lingkungan Pada Saluran Irigasi Tersier

Material : Batu Pecah Ex. Pandaan

Pemohon :

### BERAT ISI AGREGAT KASAR (BATU PECAH) 10/20 mm

LEPAS / GEMBUR			I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji	(gr)	21590	21600	21620
B.	Berat tempat	(gr)	7870	7870	7870
C.	Berat benda uji	(gr)	13720	13730	13750
D.	Isi tempat	(cm <sup>3</sup> )	10000	10000	10000
E.	Berat isi benda uji	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.37	1.37	1.38
F.	Berat isi benda uji rata-rata	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.37		

P A D A T			I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji	(gr)	22760	22780	22790
B.	Berat tempat	(gr)	7870	7870	7870
C.	Berat benda uji	(gr)	14890	14910	14920
D.	Isi tempat	(cm <sup>3</sup> )	10000	10000	10000
E.	Berat isi benda uji	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.49	1.49	1.49
F.	Berat isi benda uji rata-rata	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.49		



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian Lumpur Sidoarjo (LUSI) Sebagai Bahan Konstruksi Yang Ramah Lingkungan Pada Saluran Irigasi Tersier  
Material : Pasir Ex. Lumajang  
Pemohon :

**BERAT ISI HALUS (PASIR)**

LEPAS / GEMBUR		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	8660	8730	8690
B.	Berat tempat (gr)	3550	3550	3550
C.	Berat benda uji (gr)	5110	5180	5140
D.	Isi tempat (cm <sup>3</sup> )	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm <sup>3</sup> )	1.70	1.73	1.71
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )	1.71		

P A D A T		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	8940	8950	8970
B.	Berat tempat (gr)	3550	3550	3550
C.	Berat benda uji (gr)	5390	5400	5420
D.	Isi tempat (cm <sup>3</sup> )	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm <sup>3</sup> )	1.80	1.80	1.81
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )	1.80		



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian Lumpur Sidoarjo (LUSD) Sebagai Bahan Konstruksi Yang Ramah Lingkungan Pada Saluran Irigasi Tersier

Material : Semen Gresik Tipe I / PPC

Pemohon :

**BERAT ISI SEMEN**

LEPAS / GEMBUR		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	6990	7010	6970
B.	Berat tempat (gr)	3550	3550	3550
C.	Berat benda uji (gr)	3440	3460	3420
D.	Isi tempat (cm <sup>3</sup> )	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm <sup>3</sup> )	1.15	1.15	1.14
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )	1.15		

P A D A T		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	7440	7420	7390
B.	Berat tempat (gr)	3550	3550	3550
C.	Berat benda uji (gr)	3890	3870	3840
D.	Isi tempat (cm <sup>3</sup> )	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm <sup>3</sup> )	1.30	1.29	1.28
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )	1.29		



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

---

Pekerjaan : Penelitian Lumpur Sidoarjo (LUSI) Sebagai Bahan Konstruksi Yang Ramah Lingkungan Pada Saluran Irigasi Tersier  
Material : Lumpur Sidoarjo Ex. Lapindo  
Pemohon :

**BERAT ISI LUMPUR SIDOARJO**

LEPAS / GEMBUR		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	6450	6430	6460
B.	Berat tempat (gr)	3550	3550	3550
C.	Berat benda uji (gr)	2900	2880	2910
D.	Isi tempat (cm <sup>3</sup> )	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm <sup>3</sup> )	0.97	0.96	0.97
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )	0.97		

P A D A T		I	II	III
A.	Berat tempat + Benda uji (gr)	6760	6740	6750
B.	Berat tempat (gr)	3550	3550	3550
C.	Berat benda uji (gr)	3210	3190	3200
D.	Isi tempat (cm <sup>3</sup> )	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm <sup>3</sup> )	1.07	1.06	1.07
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )	1.07		



## LAMPIRAN 3.2 Saringan Pasir



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

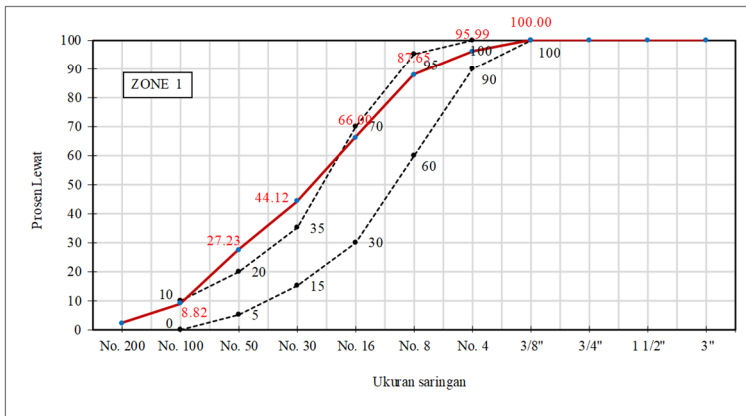
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian Lumpur Sidoarjo (LUSI) Sebagai Bahan Konstruksi Yang Ramah Lingkungan Pada Sahuran Irigasi Tersier  
Material : Pasir Ex. Lumajang  
Pemohon :

### ANALISA SARINGAN AGREGAT HALUS

Berat contoh kering : 2100 gr

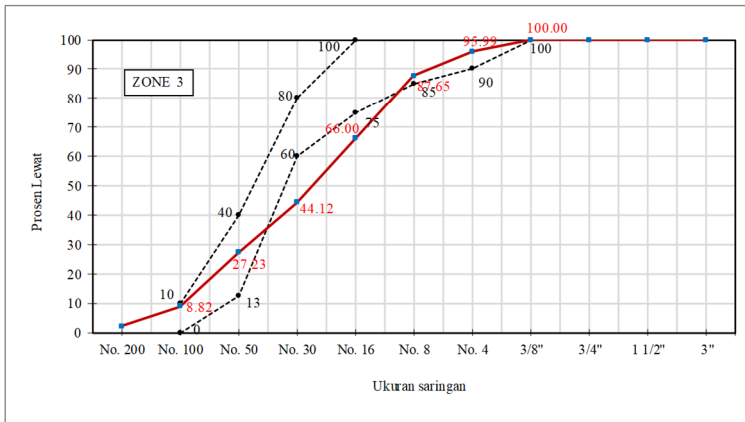
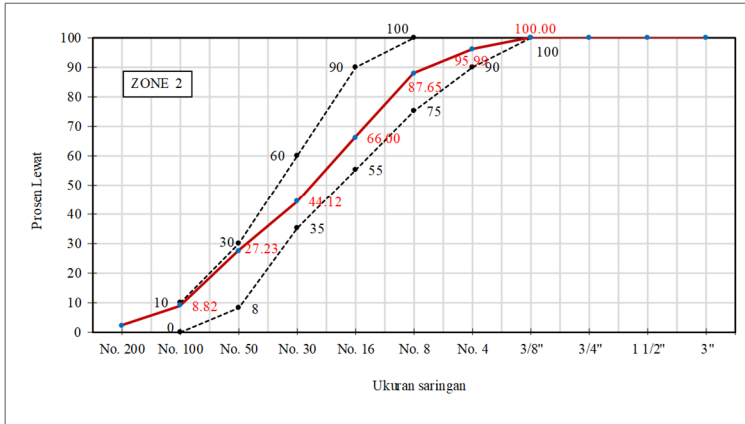
Ukuran saringan	Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			tertahan	lewat
76.2 mm (3")	0.00	0.00	0.00	100.00
38.1 mm (1 1/2")	0.00	0.00	0.00	100.00
19.1 mm (3/4")	0.00	0.00	0.00	100.00
9.6 mm (3/8")	0.00	0.00	0.00	100.00
4.75 mm (No. 4)	84.20	4.01	4.01	95.99
2.36 mm (No. 8)	175.20	8.34	12.35	87.65
1.18 mm (No. 16)	454.70	21.65	34.00	66.00
0.6 mm (No. 30)	459.40	21.88	55.88	44.12
0.3 mm (No. 50)	354.60	16.89	72.77	27.23
0.15 mm (No. 100)	386.60	18.41	91.18	8.82
0.075 mm (No. 200)	140.40	6.69	97.86	2.14
pan	40.80	1.94	99.80	0.20





**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

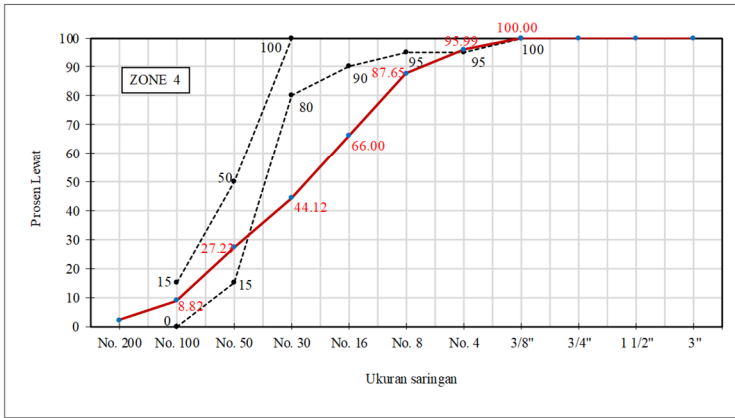
Jl. Bendingan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145





**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145



### LAMPIRAN 3.3 Saringan Batu



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

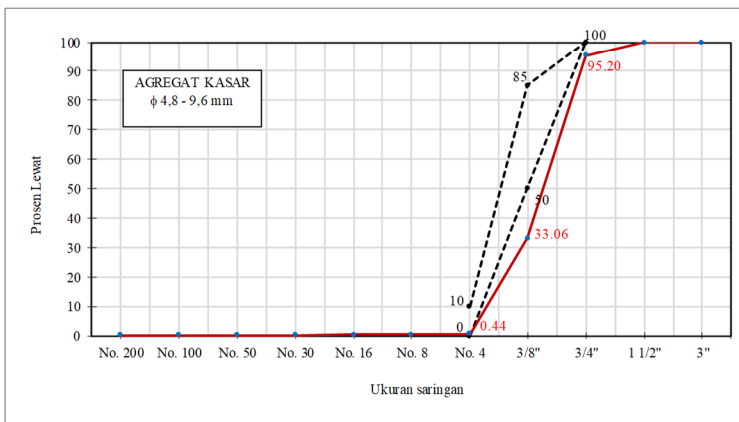
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian Lumpur Sidoarjo (LUSI) Sebagai Bahan Konstruksi Yang Ramah Lingkungan Pada Sakuran Irigasi Tersier  
 Material : Batu Pecah Ex. Pandaan  
 Pemohon :

#### ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR 10/20 mm

Berat contoh kering : 18523.9 gr

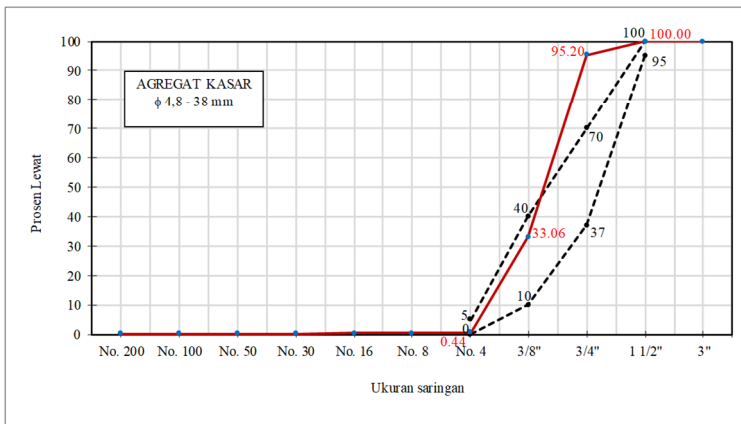
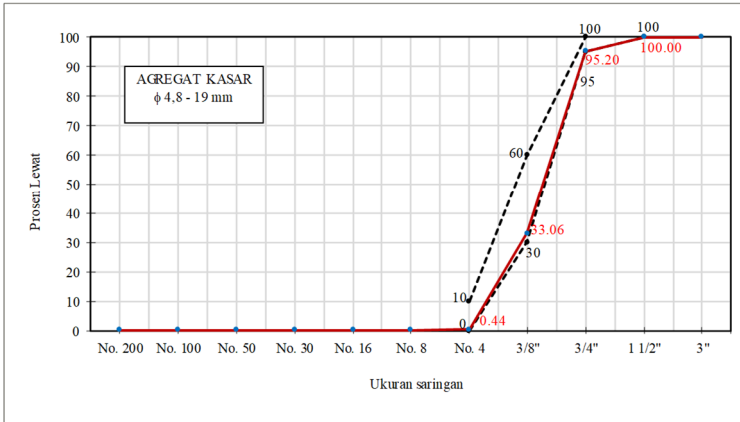
Ukuran saringan	Berat tertahan	Prosen tertahan	Kumulatif	
			tertahan	lewat
76.2 mm (3")	0.00	0.00	0.00	100.00
38.1 mm (1 1/2")	0.00	0.00	0.00	100.00
19.1 mm (3/4")	889.00	4.80	4.80	95.20
9.6 mm (3/8")	11510.20	62.14	66.94	33.06
4.75 mm (No. 4)	6043.80	32.63	99.56	0.44
2.36 mm (No. 8)	23.40	0.13	99.69	0.31
1.18 mm (No. 16)	13.30	0.07	99.76	0.24
0.6 mm (No. 30)	10.50	0.06	99.82	0.18
0.3 mm (No. 50)	5.10	0.03	99.85	0.15
0.15 mm (No. 100)	5.80	0.03	99.88	0.12
0.075 mm (No. 200)	3.50	0.02	99.90	0.10
pan	19.30	0.10	100.00	0.00





**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145



## LAMPIRAN 3.4 Saringan Gabungan Kasar dan Halus



### LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian Lumpur Sidoarjo (LUSI) Sebagai Bahan Konstruksi Yang Ramah Lingkungan Pada Saluran Irigasi Tersier

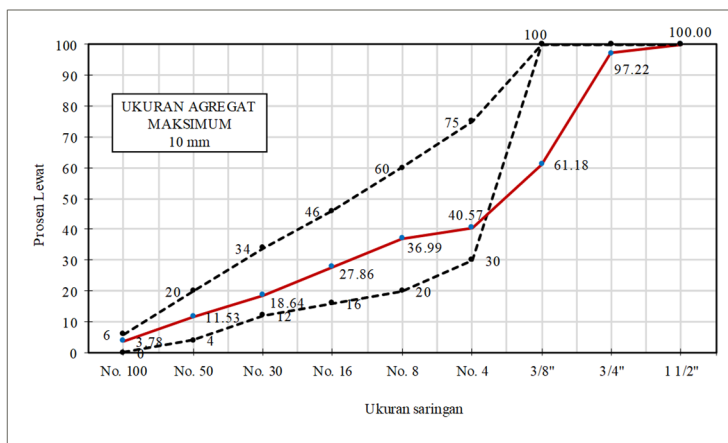
Material : Batu Pecah Ex. Pandaan

Pasir Ex. Lumajang

Pemohon :

### GRADASI GABUNGAN AGREGAT HALUS dan KASAR

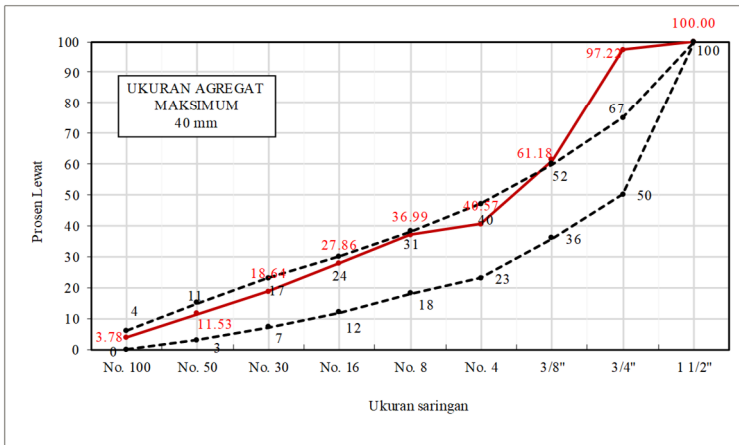
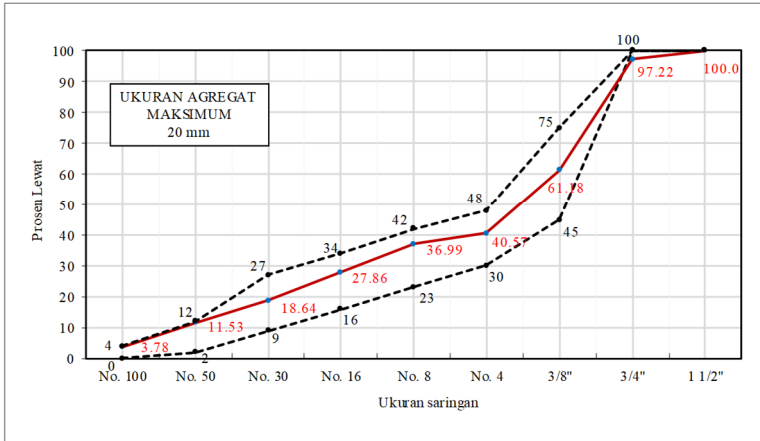
Ukuran saringan	Lewat Kumulatif Agregat		% Lolos Agregat		% Lolos Agregat Gabungan Halus & Kasar Hasil
	Halus	Kasar	Halus	Kasar	
76 mm (3")	100.00	100.00	42.00	58.00	100.00
38 mm (1 1/2")	100.00	100.00	42.00	58.00	100.00
19 mm (3/4")	100.00	95.20	42.00	55.22	97.22
9.6 mm (3/8")	100.00	33.06	42.00	19.18	61.18
4.8 mm (No. 4)	95.99	0.44	40.32	0.25	40.57
2.4 mm (No. 8)	87.65	0.31	36.81	0.18	36.99
1.2 mm (No. 16)	66.00	0.24	27.72	0.14	27.86
0.6 mm (No. 30)	44.12	0.18	18.53	0.11	18.64
0.3 mm (No. 50)	27.23	0.15	11.44	0.09	11.53
0.2 mm (No. 100)	8.82	0.12	3.71	0.07	3.78
0.1 mm (No. 200)	2.14	0.10	0.90	0.06	0.96
pan	0.20	0.00	0.08	0.00	0.08





**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145



LAMPIRAN 3.5 Lolos No. 200



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

---

Pekerjaan : Penelitian Lumpur Sidoarjo (LUSI) Sebagai Bahan Konstruksi Yang  
Ramah Lingkungan Pada Saluran Irigasi Tersier  
Material : Pasir Ex. Lumajang  
Pemohon :

**BAHAN LOLOS SARINGAN NO. 200 Agregat Halus**

Nomor test			I	II
Berat tempat + contoh awal	(W <sub>1</sub> )	(gram)	739.8	739.5
Berat tempat	(W <sub>2</sub> )	(gram)	114.1	114.0
Berat contoh awal	(W <sub>3</sub> )	(gram)	625.7	625.5
Data contoh setelah pencucian dengan air, kemudian dikeringkan dengan oven				
Berat tempat + contoh oven stlh cuci	(W <sub>4</sub> )	(gram)	735.7	735.2
Berat contoh oven	W <sub>5</sub> = W <sub>4</sub> - W <sub>2</sub>	(gram)	621.6	621.2
Jumlah bahan lewat saringan no. 200 $W_6 = \frac{W_3 - W_5}{W_3} \times 100\%$			0.66	0.69
Jumlah bahan lewat saringan no. 200 rata - rata %			0.67	





**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

---

Pekerjaan : Penelitian Lumpur Sidoarjo (LUSI) Sebagai Bahan Konstruksi Yang Ramah Lingkungan Pada Saharan Irigasi Tersier  
Material : Batu Pecah Ex. Pandaan  
Pemohon :

**BAHAN LOLOS SARINGAN NO. 200 Agregat Kasar 10/20 mm**

Nomor test			I	II
Berat tempat + contoh awal	(W <sub>1</sub> )	(gram)	3283.3	3278.7
Berat tempat	(W <sub>2</sub> )	(gram)	158.4	153.1
Berat contoh awal	(W <sub>3</sub> )	(gram)	3124.9	3125.6
Data contoh setelah pencucian dengan air, kemudian dikeringkan dengan oven				
Berat tempat + contoh oven stlh cuci	(W <sub>4</sub> )	(gram)	3248.3	3241.8
Berat contoh oven	$W_5 = W_4 - W_2$	(gram)	3089.9	3088.7
Jumlah bahan lewat saringan no. 200 $W_6 = \frac{W_3 - W_5}{W_3} \times 100\%$			1.12	1.18
Jumlah bahan lewat saringan no. 200 rata - rata %			1.15	

## LAMPIRAN 3.6 Kadar Lump dan Organik



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian Lumpur Sidoarjo (LUSI) Sebagai Bahan Konstruksi Yang  
Ramah Lingkungan Pada Saluran Irigasi Tersier  
Material : Pasir Ex. Lumajang  
Pemohon :

### KADAR LUMPUR dan KADAR ZAT ORGANIK AGREGAT HALUS

Dari hasil pengujian kadar lumpur yang telah kami laksanakan, didapatkan hasil sebagai berikut :

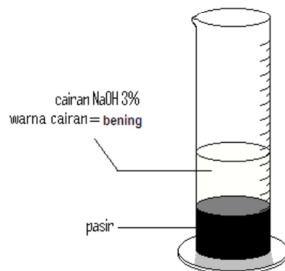
V1 (tinggi pasir) = 475 ml

V2 (tinggi lumpur) = 3 ml

$$\begin{aligned} \text{Kadar lumpur} &= \frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100 \% \\ &= \mathbf{0.63\%} \end{aligned}$$

Dengan hasil tersebut di atas, maka pasir yang diperiksa memenuhi syarat digunakan untuk campuran beton, dikarenakan kadar lumpurnya < 5% (merupakan ketentuan dalam peraturan bagi penggunaan agregat halus untuk pembuatan beton).

Untuk pengujian zat organik agregat halus didapatkan warna bening, yang berarti bahwa bahan yang diperiksa mempunyai kandungan zat organik yang dapat menurunkan kekuatan beton sebesar 0%.



Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pasir yang diperiksa memenuhi syarat untuk dipergunakan sebagai agregat halus untuk campuran beton.

## LAMPIRAN 3.7 Kadar Air



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian Lumpur Sidoarjo (LUSI) Sebagai Bahan Konstruksi Yang Ramah Lingkungan Pada Saluran Irigasi Tersier  
 Material : Batu Pecah Ex. Pandaan  
 Pasir Ex. Lumajang  
 Pemohon :

### KADAR AIR AGREGAT

AGREGAT KASAR 10/20 mm		ASLI		SSD	
	Nomor test	D	F	A	B
A.	Berat tempat (gr)	3060	2760	109.3	110.1
B.	Berat tempat + contoh (gr)	11060	15760	2128.9	2687.9
C.	Berat tempat + contoh kering c (gr)	10980	15620	2085.3	2629.9
D.	Kadar air = $\frac{B-C}{C-A} \times 100\%$ (%)	1.01	1.09	2.21	2.30
F.	Kadar air rata-rata (%)	1.05		2.25	

AGREGAT HALUS		ASLI		SSD	
	Nomor test	A	B	A	B
A.	Berat tempat (gr)	2770	2910	109.1	110.1
B.	Berat tempat + contoh (gr)	7770	7910	2047.5	2222.2
C.	Berat tempat + contoh kering c (gr)	7760	7900	2036.9	2210.9
D.	Kadar air = $\frac{B-C}{C-A} \times 100\%$ (%)	0.20	0.20	0.55	0.54
F.	Kadar air rata-rata (%)	0.20		0.54	

## LAMPIRAN 3.8 Berat Jenis Halus



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian Lumpur Sidoarjo (LUSI) Sebagai Bahan Konstruksi Yang Ramah Lingkungan Pada Saharan Irigasi Tersier  
Material : Pasir Ex. Lumajang  
Pemohon :

### BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS

		Putih	Coklat	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	497.6	497.3	497.5
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	500.1	500.1	500.1
Berat piknometer diisi air pada 25°C	B	658.1	663.0	660.6
Berat piknometer + contoh + air (25°C)	Bt	974.9	978.6	976.8
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{(B + Bj - Bt)}$	2.71	2.70	2.71
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{(B + Bj - Bt)}$	2.73	2.71	2.72
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{(B + Bk - B)}$	2.75	2.74	2.74
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	0.50	0.56	0.53

## LAMPIRAN 3.9 Berat Jenis Kasar 1020



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian Lumpur Sidoarjo (LUSI) Sebagai Bahan Konstruksi Yang Ramah Lingkungan Pada Saluran Irigasi Tersier  
Material : Batu Pecah Ex. Pandaan  
Pemohon :

### BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR 10/20 mm

		I	II	Rata-rata
Berat contoh kering oven	Bk	4891.6	4888.1	4889.85
Berat contoh kering permukaan jenuh	Bj	5000.8	5000.5	5000.7
Berat contoh di dalam air	Ba	3145.6	3152.5	3149.1
Berat Jenis (bulk)	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2.64	2.65	<b>2.64</b>
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2.70	2.71	<b>2.70</b>
Berat jenis semu (apparent)	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2.80	2.82	<b>2.81</b>
Penyerapan (absorpsi)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$	2.23	2.30	<b>2.27</b>

## LAMPIRAN 3.10 Berat Jenis Semen



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian Lumpur Sidoarjo (LUSJ) Sebagai Bahan Konstruksi Yang Ramah Lingkungan Pada Saluran Irigasi Tersier  
Material : Semen Gresik Tipe I / PPC  
Pemohon :

### BERAT JENIS SEMEN PORTLAND

		I	II	Rata-rata
Berat semen	(gr)	64.00	64.00	64.00
Pembacaan pertama pada skala botol	$V_1$	0.50	0.40	0.45
Pembacaan kedua pada skala botol	$V_2$	20.80	20.70	20.75
Isi cairan yang dipindahkan oleh semen dengan berat tertentu	$V_2 - V_1$	20.30	20.30	20.30
Berat isi air pada 4°C	$d$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.00	1.00	1.00
Berat jenis semen	$\frac{\text{Berat semen}}{(V_2 - V_1)} \times d$	3.15	3.15	3.15

## LAMPIRAN 3.11 Berat Jenis LUSI



**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 T elp. (0341) 551951 – 551431 Psw. 256 Malang 65145

### PEMERIKSAAN BERAT JENIS LUMPUR SIDOARJO

Pekerjaan : Penelitian Lumpur Sidoarjo (LUSI) Sebagai Bahan Konstruksi Yang Ramah Lingkungan Pada Saluran Irigasi Tersier  
Material : Lumpur Sidoarjo Ex. Lapindo  
Pemohon :

Kode			
Nomor Botol		d1	d3
Berat Botol + Tanah ( $W_2$ )	gr	85.70	85.00
Berat Botol ( $W_1$ )	gr	40.40	39.30
Berat Tanah ( $W_2 - W_1$ )	gr	45.30	45.70
Suhu (T)	$^{\circ}\text{C}$	25	25
Berat Botol + Air pada T ( $W_4$ )	gr	139.8	138.8
$W_2 - W_1 + W_4$	gr	185.10	184.50
Berat Botol + Air + Tanah ( $W_3$ )	gr	158.40	160.40
Faktor Koreksi Suhu		0.9971	0.9971
Isi Tanah ( $W_2 - W_1$ ) + ( $W_4 - W_3$ )	$\text{cm}^3$	26.70	24.10
Berat Jenis Tanah		1.69	1.89
<b>Rata-rata</b>		<b>1.79</b>	

### LAMPIRAN 3.12 Konsistensi dan Waktu Ikut



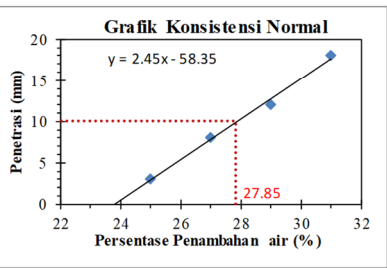
**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

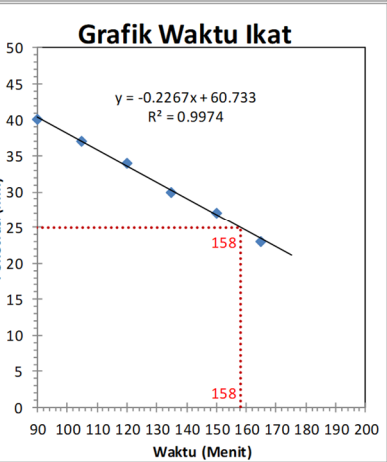
Pekerjaan : Penelitian Lumpur Sidoarjo (LUSI) Sebagai Bahan Konstruksi Yang Ramah Lingkungan Pada Saluran Irigasi Tersier  
 Material : Semen Gresik Tipe I / PPC  
 Pemohon :

#### KONSISTENSI NORMAL dan WAKTU IKAT SEMEN

KONSISTENSI NORMAL				
No.	Berat semen	Penambahan air		Penetrasi (mm)
		ml	%	
1	300	75	25.00	3
2	300	81	27.00	8
3	300	87	29.00	12
4	300	93	31.00	18



WAKTU IKAT		
Awal		
No.	Waktu (menit)	Penetrasi (mm)
1	90	40
2	105	37
3	120	34
4	135	30
5	150	27
6	165	23
7	180	Berbekas
8	195	Berbekas
9	210	Berbekas
10	225	Berbekas
11	240	Berbekas
12	255	Tidak berbekas
Akhir		
255		



**Hasil :**

Konsistensi normal : 27.85 %  
 Waktu ikat awal : 158 menit  
 Waktu ikat akhir : 255 menit



## LAMPIRAN 3.13 ABRASI



### LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian Lumpur Sidoarjo (LUSI) Sebagai Bahan Konstruksi Yang Ramah Lingkungan  
Pada Sahuran Irigasi Tersier

Material: Batu Pecah Ex. Pandaan

Pemohon :

### PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT dengan Mesin Abrasi Los Angeles (500 Putaran) AASHTO T 96 - 77

Gradasi pemeriksaan		B (fraksi 10 - 20 mm)			
Saringan		I		II	
Lolos	tertahan	Berat sebelum	Berat sesudah	Berat sebelum	Berat sesudah
76.20 mm (3")	63.50 mm (2,5")				
63.50 mm (2,5")	50.80 mm (2")				
50.80 mm (2")	37.50 mm (1,5")				
37.50 mm (1,5")	25.40 mm (1")				
25.40 mm (1")	19.00 mm (3/4")				
19.00 mm (3/4")	12.50 mm (1/2")	2500.6		2500.2	
12.50 mm (1/2")	9.50 mm (3/8")	2500.3		2500.5	
9.50 mm (3/8")	6.30 mm (1/4")				
6.30 mm (1/4")	4.75 mm (No. 4)				
4.75 mm (No. 4)	2.38 mm (No. 8)				
Jumlah berat		5000.9		5000.7	
Berat tertahan saringan No.4 & 12			4218.1		4215.5

		I	II	
a	Berat benda uji semula (gr)	5000.9	5000.7	Rata-rata
b	Berat benda uji tertahan saringan No.4 & 12 (gr)	4218.1	4215.5	
	Keausan : $\frac{a-b}{a} \times 100\%$	15.65	15.70	15.68

## LAMPIRAN 3.14 Mix Desain OPC



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian Lumpur Sidoarjo (LUSI) Sebagai Bahan Konstruksi Yang Ramah Lingkungan Pada Saluran Irigasi Tersier  
 Material : Batu Pecah Ex. Pandaan  
 Pasir Ex. Lumajang  
 Semen Gresik Tipe I / PPC  
 Mutu Beton : K-250  
 Pemohon :

### Perancangan Campuran Beton Dengan Metode Modifikasi SNI

No.	Sebutan	Referensi Perhitungan	Nilai
<b>Penerapan variabel perencanaan</b>			
1.	Kekuatan tekan karakteristik	Disyaratkan (pada 28 hari)	250 kg/cm <sup>2</sup>
2.	Deviasi standar	Tabel Standar Deviasi	61.2 kg/cm <sup>2</sup>
3.	Margin kekuatan	1.64 [2]	100.31 kg/cm <sup>2</sup>
4.	Kekuatan tekan rencana beton	[1] + [3]	350.31 kg/cm <sup>2</sup>
5.	Slump rencana	Ditentukan	100 ± 2 mm
6.	Ukuran maksimum agregat kasar	Tbl. An. Sarg. kasar	20 mm
7.	Berat jenis agregat halus (SSD)	Tabel pemeriksaan	2.72
8.	Berat jenis agregat kasar 10/20mm (SSD)	Tabel pemeriksaan	2.70
9.	Berat jenis agregat gabungan (Ga)	(% Ag halus gabungan * [7]) + (% Ag kasar gabungan * [10]) / 100	2.71
10.	Berat jenis semen (Gc)	Tabel pemeriksaan	3.15
11.	Rencana air adukan untuk beton (W)	Tabel Kadar Air Bebas	215.00 kg/m <sup>3</sup>
12.	Prosentase udara terperangkap (A)	Ditentukan	4.00 %
13.	W/C ratio	Grafik W/C	0.57
14.	Berat semen (c)	[13] / [15]	377.19 kg/m <sup>3</sup>
<b>Perhitungan komposisi campuran beton dengan dasar massa (berat) / m<sup>3</sup></b>			
15.	Berat Beton Segar	$10Ga[100-A]+c[1-Ga/Gc]-W[Ga-1]$	2286.03 kg
16.	Berat agregat yang diperlukan	$[15]-([11]+[14])$	1693.84 kg
17.	Berat agregat halus yang diperlukan	Lihat tabel perhitungan agregat halus & kasar gabungan*[16]/100	711.41 kg
18.	Berat agregat kasar 10/20mm yang diperlukan	Lihat tabel perhitungan agregat halus & kasar gabungan*[16]/100	982.43 kg



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian Lumpur Sidoarjo (LUSI) Sebagai Bahan Konstruksi Yang Ramah Lingkungan Pada Saluran Irigasi Tersier

Material : Batu Pecah Ex. Pandaan  
Pasir Ex. Lumajang  
Semen Gresik Tipe I/ PPC

Mutu Beton : K-250

Pemohon :

**Perancangan Campuran Beton Dengan Metode Modifikasi SNI**

No.	Sebutan	Referensi Perhitungan	Nilai
<b>Komposisi campuran beton kondisi SSD / m<sup>3</sup></b>			
19.	Semen	[14]	377.19 kg
20.	Air	[11]	215.00 kg
21.	Agregat kasar 10/20 mm (SSD)	[18]	982.43 kg
22.	Agregat halus (SSD)	[17]	711.41 kg
23.	Berat jenis beton segar	[19]+[20]+[21]+[22]	2286.03 kg
<b>Komposisi campuran beton kondisi lapangan / m<sup>3</sup></b>			
24.	Kadar air agregat kasar 10/20 mm	Tabel pemeriksaan	1.05 %
25.	Absorpsi agregat kasar 10/20 mm	Tabel pemeriksaan	2.27 %
26.	Kadar air agregat halus	Tabel pemeriksaan	0.20 %
27.	Absorpsi agregat halus	Tabel pemeriksaan	0.53 %
28.	Kelebihan air dalam agregat kasar 10/20 mm	[24]-[25]	-1.22 %
29.	Kelebihan air dalam agregat halus	[26]-[27]	-0.33 %
30.	Tambahan agregat kasar 10/20 mm	[28]*[21]/100	-11.95 kg
31.	Tambahan agregat halus	[29]*[22]/100	-2.36 kg
32.	Jumlah agregat kasar 10/20 mm (lapangan/asli)	[21]+[30]	970.48 kg
33.	Jumlah agregat halus (lapangan/asli)	[22]+[31]	709.05 kg
34.	Jumlah air Lapangan	[20]-[30]-[31]	229.32 kg
35.	Berat jenis beton segar	[19]+[32]+[33]+[34]	2286.03 kg

*Satuan Ukuran Tradisional*

## LAMPIRAN 3.15 Kebutuhan Campuran



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian Lumpur Sidoarjo (LUSI) Sebagai Bahan Konstruksi Yang Ramah Lingkungan Pada Sahuran Irigasi Tersier

Material : Batu Pecah Ex. Pandaan  
 Pasir Ex. Lumajang  
 Semen Gresik Tipe I / PPC  
 Lumpur Sidoarjo Ex. Lapindo

Mutu Beton : K-250

Pemohon :

<i>Komposisi Campuran Beton Per m<sup>3</sup></i>				
Bahan	Variasi Lumpur Sidoarjo (%)			
	0	5	15	25
Semen (Kg/m <sup>3</sup> )	377.19	377.19	377.19	377.19
Agregat Halus (Kg/m <sup>3</sup> )	709.05	673.60	602.69	531.79
Lumpur Lapindo (Kg/m <sup>3</sup> )	0.00	35.45	106.36	177.26
Agregat Kasar 10/120 (Kg/m <sup>3</sup> )	970.48	970.48	970.48	970.48
Air Bebas (Kg/m <sup>3</sup> )	215.00	215.00	215.00	215.00
Hitungan Air Lapangan (Kg/m <sup>3</sup> )	229.32	229.32	229.32	229.32
Air Terpakai (Kg/m <sup>3</sup> )	198.58	229.32	275.13	334.91
<i>Komposisi Campuran Beton Berdasarkan Perbandingan Volume</i>				
Bahan	Perbandingan Volume			
	Variasi Lumpur Sidoarjo (%)			
	0	5	15	25
Semen	1.00	1.00	1.00	1.00
Agregat Halus	1.30	1.24	1.11	0.98
Lumpur Lapindo	-	0.11	0.34	0.56
Agregat Kasar 10/20 mm	2.19	2.19	2.19	2.19
Hitungan Air Lapangan	0.74	0.74	0.74	0.74
<i>Komposisi Campuran Beton Benda Uji Selinder</i>				
Bahan	Variasi Lumpur Sidoarjo (%)			
	0	5	15	25
Semen (Kg)	20.00	20.00	20.00	20.00
Agregat Halus (Kg)	37.60	35.72	31.96	28.20
Lumpur Lapindo (Kg)	-	1.88	5.64	9.40
Agregat Kasar 10/20 mm (Kg)	51.47	51.47	51.47	51.47
Air Bebas (Kg/L)	11.40	11.40	11.40	11.40
Hitungan Air Lapangan (Kg/L)	12.16	12.16	12.16	12.16
Air Terpakai (Kg/L)	10.53	12.16	14.59	17.76
Jumlah Selinder	8	8	8	8
Slump Test (mm)	100	90	100	110

## LAMPIRAN 3.16 Summary Uji Bahan



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian Lumpur Sidoarjo (LUSI) Sebagai Bahan Konstruksi Yang Ramah Lingkungan Pada Saluran Irigasi Tersier  
 Material : Batu Pecah Ex. Pandaan  
 Pasir Ex. Lumajang  
 Semen Gresik Tipe I / PPC  
 Lumpur Sidoarjo Ex. Lapindo  
 Pemohon :

### REKAPITULASI HASIL PENGUJIAN MATERIAL

No.	Pengujian	Standar Acuan	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
1	Berat isi agregat kasar 10/20mm (gr/cm <sup>3</sup> ) • Gembur • Padat	SNI 03-4804-1998	-	1.37 1.49	-
2	Berat isi agregat halus (gr/cm <sup>3</sup> ) • Gembur • Padat	SNI 03-4804-1998	-	1.71 1.80	-
3	Berat isi semen (gr/cm <sup>3</sup> ) • Gembur • Padat	SNI 03-4804-1998	-	1.15 1.29	-
4	Berat isi lusi (gr/cm <sup>3</sup> ) • Gembur • Padat	SNI 03-4804-1998	-	0.97 1.07	-
5	Analisa saringan agregat halus	SNI 03-1968-1990	-	Zone 2	-
6	Analisa saringan agregat kasar 10/20mm	SNI 03-1968-1990	-	Maks. 20 mm	-
7	Bahan lolos saringan No.200 agregat halus (%)	SNI 03-4142-1996	Maks. 5	0.67	Memenuhi
8	Bahan lolos saringan No.200 agregat kasar 10/20mm (%)	SNI 03-4142-1996	Maks. 5	1.15	Memenuhi
9	Kadar lumpur agregat halus (%)	SNI 03-4428-1997	Maks. 5	0.63	Memenuhi
10	Kadar zat organik agregat halus	SNI 2816:2014	-	Warna cairan bening	-
11	Kadar air asli agregat (%) • Agregat halus • Agregat kasar 10/20mm	SNI 03-1971-1990	-	0.20 1.05	-



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : Penelitian Lumpur Sidoarjo (LUSI) Sebagai Bahan Konstruksi Yang Ramah Lingkungan Pada Sahran Irigasi Tersier

Material : Batu Pecah Ex. Pandaan  
Pasir Ex. Lumajang  
Semen Gresik Tipe I / PPC  
Lumpur Sidoarjo Ex. Lapindo

**REKAPITULASI HASIL PENGUJIAN MATERIAL**

No.	Pengujian	Standar Acuan	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
12	Kadar air <i>ssd</i> agregat (%) • Agregat halus • Agregat kasar 10mm/20mm	SNI 03-1971-1990	-	0.54 2.25	-
13	Bj <i>bulk</i> agregat halus Bj <i>ssd</i> agregat halus Bj <i>apparent</i> agregat halus Penyerapan agregat halus (%)	SNI 1970:2008	Min. 2,5 - - Maks. 3	2.71 2.72 2.74 0.53	Memenuhi - - Memenuhi
14	Bj <i>bulk</i> agregat kasar 10/20mm Bj <i>ssd</i> agregat kasar 10/20mm Bj <i>apparent</i> agregat kasar 10/20mm Penyerapan agregat kasar 10/20 mm (%)	SNI 1969:2008	Min. 2,5 - - Maks. 3	2.64 2.70 2.81 2.27	Memenuhi - - Memenuhi
15	Bj semen portland	SNI 03-2531-1991	-	3.15	-
16	Bj lumpur sidoarjo	SNI 1964:2008	-	1.79	-
17	Konsistensi dan Waktu ikat semen •Waktu ikat awal (menit) •Waktu ikat akhir (menit)	SNI 15-2049-2004	Min. 45 Maks. 375	158 255	Memenuhi Memenuhi
18	Abrasi ( <i>los angeles</i> ) %	SNI 2417:2008	Maks. 40	15.68	Memenuhi

## LAMPIRAN 3.17 Kuat Tekan



**LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551951 - 551431 Psw. 256 Malang 65145

Pekerjaan : **Penelitian Lumpur Sidoarjo (LUSI) Sebagai Bahan Konstruksi Yang Ramah Lingkungan Pada Saluran Irigasi Tersier**

Benda uji : **Silinder 15x30 cm**

Mutu Beton : **K-250**

Pemohon :

### PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON

No.	Kode	Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Mutu K (kg/cm <sup>2</sup> )	Berat (kg)	Tekanan hancur (kN)	Teg. Hancur Konv. 28 hari *	
								(MPa)	(kg/cm <sup>2</sup> )
1	0% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.92	503	28.48	350.12
2	0% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.93	454	25.70	316.01
3	0% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.83	512	28.99	356.38
4	0% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.82	462	26.16	321.58
5	0% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.93	553	31.31	384.92
6	0% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.77	499	28.25	347.33
7	0% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.99	483	27.35	336.19
8	0% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.76	524	29.67	364.73
1	5% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.70	381	21.57	265.20
2	5% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.94	398	22.53	277.03
3	5% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.80	460	26.04	320.19
4	5% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.75	431	24.40	300.00
5	5% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.74	362	20.50	251.97
6	5% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.78	443	25.08	308.35
7	5% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.70	480	27.18	334.11
8	5% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.76	468	26.50	325.75

*Satuan Ukuran Tradisional*

## PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON

No.	Kode	Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Mutu K ( $\text{kg/cm}^2$ )	Berat (kg)	Tekanan hancur (kN)	Teg. Hancur Konv. 28 hari *	
								(MPa)	( $\text{kg/cm}^2$ )
1	15% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.42	305	17.27	212.30
2	15% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.40	302	17.10	210.21
3	15% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.44	311	17.61	216.47
4	15% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.44	308	17.44	214.38
5	15% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.45	290	16.42	201.86
6	15% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.56	297	16.82	206.73
7	15% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.45	298	16.87	207.42
8	15% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.35	299	16.93	208.12
1	25% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.24	215	12.17	149.65
2	25% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.09	214	12.12	148.96
3	25% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.09	208	11.78	144.78
4	25% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	11.94	183	10.36	127.38
5	25% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	11.95	211	11.95	146.87
6	25% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.08	211	11.95	146.87
7	25% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	12.08	220	12.46	153.13
8	25% LUSI	16/03/2021	13/04/2021	28	250	11.94	205	11.61	142.69

Keterangan :

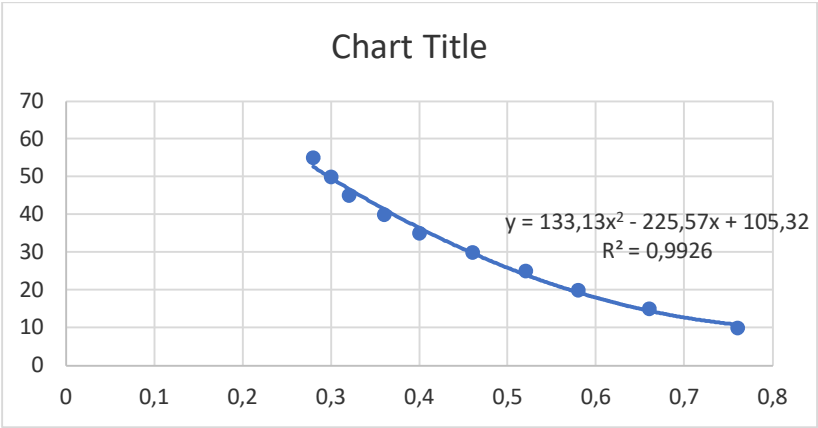
- kuat tekan konversi ke 28 hari menurut SNI 2002
- Hasil tes hanya berlaku pada sampel yang kami terima dari pemohon
- Rata-rata kuat tekan 0% LUSI : 28.24 MPa = 347.16  $\text{kg/cm}^2$
- Rata-rata kuat tekan 5% LUSI : 24.23 MPa = 297.82  $\text{kg/cm}^2$
- Rata-rata kuat tekan 15% LUSI : 17.06 MPa = 209.69  $\text{kg/cm}^2$
- Rata-rata kuat tekan 25% LUSI : 11.80 MPa = 145.04  $\text{kg/cm}^2$



LAMPIRAN 3.18 Fas

Mutu Beton	Semen (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	Air (liter)	w/c ratio
7.4 MPa (K 100)	247	869	999	215	0.87
9.8 MPa (K 125)	276	828	1012	215	0.78
12.2 MPa (K 150)	299	799	1017	215	0.72
14.5 MPa (K 175)	326	760	1029	215	0.66
16.9 MPa (K 200)	352	731	1031	215	0.61
19.3 MPa (K 225)	371	698	1047	215	0.58
21.7 MPa (K 250)	384	692	1039	215	0.56
24.0 MPa (K 275)	406	684	1026	215	0.53
26.4 MPa (K 300)	413	681	1021	215	0.52
28.8 MPa (K 325)	439	670	1006	215	0.49
31.2 MPa (K 350)	448	667	1000	215	0.48

kuat tekan 28 hari (MPa)	fas					
	Jenis semen					
	OPC		PPC		PCC	
	non-udara	+udara	non-udara	+udara	non-udara	+udara
60	0.28	-	0.26	-	0.26	-
55	0.32	0.30	0.30	0.28	0.30	0.28
50	0.36	0.32	0.34	0.30	0.34	0.30
45	0.40	0.36	0.38	0.32	0.38	0.32
40	0.44	0.40	0.42	0.36	0.42	0.36
35	0.49	0.44	0.47	0.40	0.47	0.40
30	0.56	0.50	0.54	0.46	0.54	0.46
25	0.63	0.56	0.61	0.52	0.61	0.52
20	0.70	0.62	0.68	0.58	0.68	0.58
15	0.80	0.70	0.76	0.66	0.76	0.66
10	0.90	0.80	0.86	0.76	0.86	0.76



LAMPIRAN 3.19 Perbandingan Volume 250

<i>Komposisi Akhir Campuran Kondisi Lapangan</i>				
Jumlah Bahan Per m <sup>3</sup>	Variasi Lumpur Lapindo (%)			
	0	5	15	25
Semen (Kg)	377.19	377.19	377.19	377.19
Agregat Halus (Kg)	709.05	673.60	602.69	531.79
Lumpur Lapindo (Kg)	0.00	35.45	106.36	177.26
Agregat Kasar 10/120 (Kg)	970.48	970.48	970.48	970.48
Air Bebas (Kg)	215.00	215.00	215.00	215.00
Hitungan Air Lapangan (Kg)	229.32	229.32	229.32	229.32
Air Terpakai (Kg)	198.58	229.32	275.13	334.91

## LAMPIRAN 4

### Lampiran 4. Uji ANOVA

#### Descriptives

Kuat Tekan

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Min.	Max.
					Lower Bound	Upper Bound		
0	8	498.750	32.4599	11.4763	471.613	525.887	454.0	553.0
5	8	427.875	43.1391	15.2520	391.810	463.940	362.0	480.0
15	8	301.250	6.7135	2.3736	295.637	306.863	290.0	311.0
25	8	208.375	11.2114	3.9638	199.002	217.748	183.0	220.0
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>359.063</b>	<b>116.9466</b>	<b>20.6734</b>	<b>316.899</b>	<b>401.226</b>	<b>183.0</b>	<b>553.0</b>

#### ANOVA

Kuat Tekan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
<b>Between Groups</b>	<b>402374.125</b>	<b>3</b>	<b>134124.708</b>	<b>173.883</b>	<b>.000</b>
<b>Within Groups</b>	<b>21597.750</b>	<b>28</b>	<b>771.348</b>		
<b>Total</b>	<b>423971.875</b>	<b>31</b>			

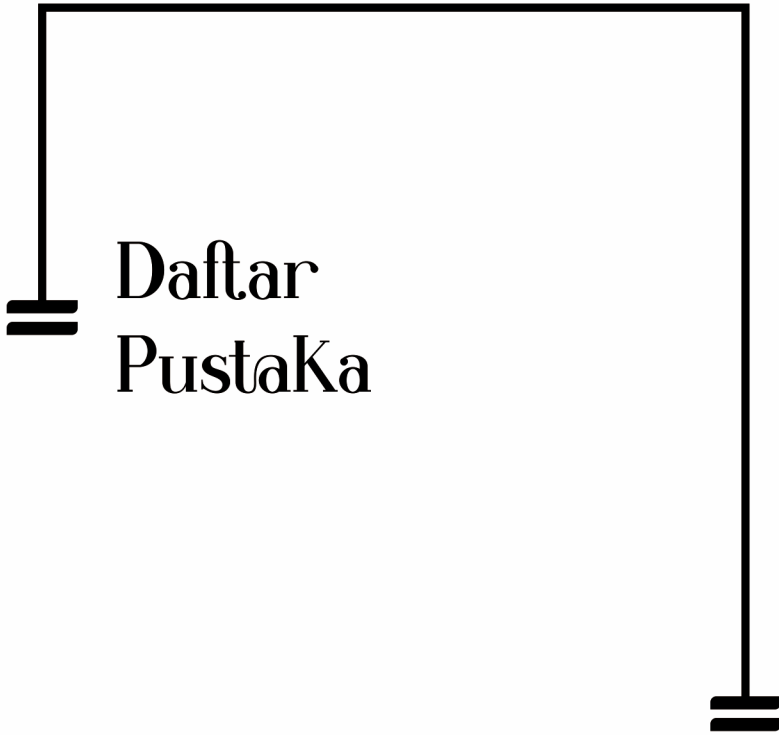
### Multiple Comparisons

Dependent Variable: Kuat Tekan

LSD

(I) LUSI	(J) LUSI	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
0	5	70.8750*	13.8866	.000	42.430	99.320
	15	197.5000*	13.8866	.000	169.055	225.945
	25	290.3750*	13.8866	.000	261.930	318.820
5	0	-70.8750*	13.8866	.000	-99.320	-42.430
	15	126.6250*	13.8866	.000	98.180	155.070
	25	219.5000*	13.8866	.000	191.055	247.945
15	0	-197.5000*	13.8866	.000	-225.945	-169.055
	5	-126.6250*	13.8866	.000	-155.070	-98.180
	25	92.8750*	13.8866	.000	64.430	121.320
25	0	-290.3750*	13.8866	.000	-318.820	-261.930
	5	-219.5000*	13.8866	.000	-247.945	-191.055
	15	-92.8750*	13.8866	.000	-121.320	-64.430

\*. The mean difference is significant at the 0.05 level.



# Daftar Pustaka

ASTM C 128-78, *Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorbtion of Fine Aggregate*

Chow, V.T. 1959, *Open Chanel Hydarulics*, (diterjemahkan oleh Suyatman dkk.) Hidrolika Saluran Terbuka, Erlangga, Jakarta.

Dibiantara, Dimas Pustaka. (2013). *Pemanfaatan Lumpur Bakar Sidoarjo Untuk Beton Ringan*

Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Pengairan, Desember 1986; *Perencanaan Bagian Saluran, Kriteria Perencanaan Irigasi KP-03*, Jakarta.

Dengan Campuran *Fly Ash*, Foam, dan Serat Kenaf ([http://digilib.its.ac.id/pemanfaatan-lumpur-bakar-sidoarjo-untuk-beton-ringan-](http://digilib.its.ac.id/pemanfaatan-lumpur-bakar-sidoarjo-untuk-beton-ringan)

dengan-campuran-fly-ashfoam-dan-serat-kenaf-25189.html).  
Surabaya: ITS Library, RSS 620.136 Dib p

- Directorate of Research and Community Service, Directorate General of Research and Development Strengthening, Ministry of Research Technology and Higher Education, 2016, Guidelines for the 2017 National Innovation System Research Incentive Program (Insinas)
- Effect of Compaction Pressure and Sintering Temperature on Hardness of Lapindo Mud Ceramics, Muh.
- Febrian, Lericta. (2012) Pemanfaatan Lumpur Oven Sidoarjo Sebagai Bahan Campuran Pembuatan Beton Ringan dengan Tambahan Pasta Foam
- Kiyatsujono P (1987). Tugas Ahir: Analisa Pengaruh Pembuatan Lining Pada Saluran Terhadap Rembesan Air. Teknik Sipil UKP.
- Van de Goor G.A.W. dan Zijlstra G. 1968 *Irrigation requirements for double cropping of lowland rice in Malaya*. ILRI Publication 14. Wageningen
- Anggi, DS. and Mardyanto, MA, 2010, Study of Lapindo Mud as Ceramic Mixture Material to Reduce Runoff, Thesis, Unpublished, Department of Environmental Engineering-FTSP-ITS.
- Hadimoelyono, M.B, 2015, Improving Water Security as Support for Achieving Food Sovereignty, Ministry of Public Works and Public Housing of the Republic of Indonesia.
- Lies K Wulandari, 2020 Book Use of buildings for wide thresholds with the addition of pipes through physical model testing, published by Dream Litera <http://eprint.itn.ac.id/id/eprint/5367>.
- Ministry of Finance of the Republic of Indonesia, 2016, Regulation of the Minister of Finance of the Republic of Indonesia Number 33/PMK.02/2016 concerning Standard Input Fees for Fiscal Year 2017.
- Ministry of National Development Planning/National Development Planning Agency, 2014, National Medium-Term Development Plan 2015-2019.
- Ministry of Research, Technology and Higher Education of the Republic of Indonesia, 2016, National Research Master Plan 2015-2025.

Usefulness of Lapindo Mud as An Industrial Raw Material for Interior and Exterior Decorations For Which a Patent Should be Issued (An Alternative to The Development of Creative Economy), I Nyoman Lodra, International Journal of Multidisciplinary Educational Research, ISSN:2277- 7881; Impact Factor 2,735; IC Value 5.16, Volume 3, Issue 5(4), May 2014

Sidoarjo hot mud flood-Indonesian Wikipedia en.wikipedia.org wiki Flood\_lumpur\_panas\_Sidoarjo

*Modul Pelatihan OJT di Balai PSDA, Pelatihan Hidrologi Dan OJT BWRM\_WISMP*

<https://primabeton.com/jual/mutu-beton/>

<https://labterpadu.uui.ac.id/fasilitas/alat/sem-edx>

<https://digilib.uns.ac.id/dokumen/download/24564/NTIxNzQ=/Tinjauan-porositas-dan-permeabilitas-beton-dengan-pasir-lokal-bejendan-pasir-merapi-serta-penambahan-pozzolan-lumpur-lapindo-MARKUS-ABU-BAGYO---I-0107108.pdf>

<https://ppjp.ulm.ac.id/journal/index.php/jstk/article/download/2120/1864>

[http://repository.trisakti.ac.id/usaktiana/digital/00000000000000072395/2011\\_TA\\_TM\\_07104131\\_3.pdf](http://repository.trisakti.ac.id/usaktiana/digital/00000000000000072395/2011_TA_TM_07104131_3.pdf)



