

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

Kurniawati Wulandari, MT. (Ketua)

Mundra, MT. (Anggota 1)

Wijayaningtyas, ST, MMT, PLD, 41



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 Wijayaningtyas, 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

Terbitan Pertama: Oktober, 2021

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

Penulis:

Dr. Ir. Lisa Kurniawati Wulandari, M.T.

Ir. I Wayan Mundra, M.T.

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

Penerbit

Dream Litera

CV. Dream Litera Buana

Karangploso Kabupaten Malang

Anggota IKAPI

Email: dream.litera@gmail.com

ISBN: 978-623-7598-84-0

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

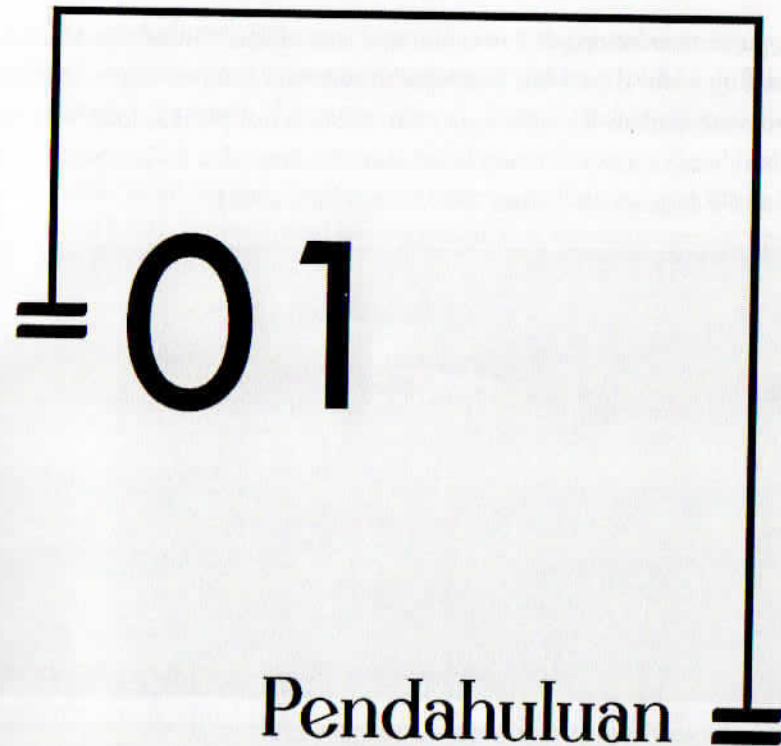
2.10 Berat Jenis Lumpur __ 31

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



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 Renokenonggo. 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/cm², 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 $f_c' 25$ menya-takan 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/mm² = 10 kg/cm².

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.

= 02

Tinjauan
Pustaka

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

[6]

[Lumpur Sidoarjo (LUSI) sebagai Bahan ...]

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

[8]

[Lumpur Sidoarjo (LUSI) sebagai Bahan ...]

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,

[9]

[Lies Kurniawati W., I Wayan Mundra, & Maranatha W.]



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:

- Memanfaatkan Lumpur Sidoarjo (Lusi) sebagai bahan bangunan yang ramah lingkungan untuk mendukung konstruksi saluran irigasi tersier.
- Mengurangi dampak negatif lingkungan di area sekitar semburan Lumpur Sidoarjo (Lusi).
- Mengurangi dampak negatif lingkungan sungai Porong.
- Mengurangi dampak negatif muara sungai Porong.
- Mengurangi pengambilan pasir/batu di sungai di wilayah dan sekitar wilayah Kabupaten Sidoarjo.
- Melestarikan ekosistem lingkungan sungai.
- Mewujudkan nilai hasil ekonomi dari Lumpur Sidoarjo, yang sebelumnya merupakan bahan material yang mengganggu lingkungan menjadi material yang mempunyai nilai jual.
- Meningkatkan pendapatan masyarakat sekitar dengan menjadi tenaga pengambil Lumpur Sidoarjo.
- 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:

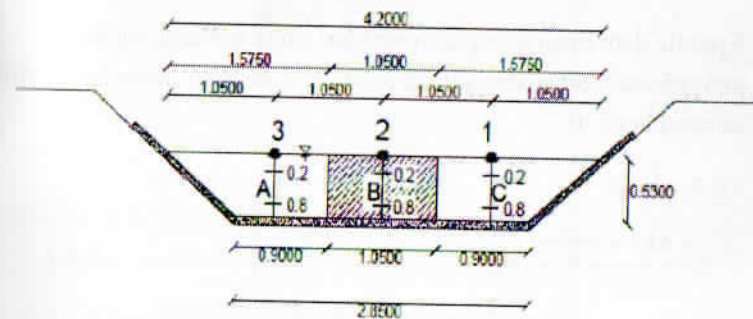
V = Kecepatan aliran

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).

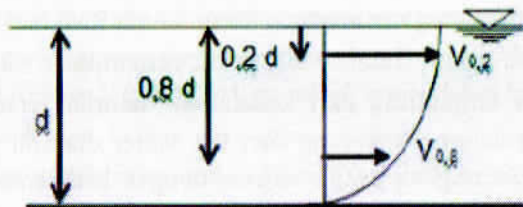
$V_{0,6}$ m/dt..... (2) dengan:

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

- Untuk kedalaman air ≥ 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.

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



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:

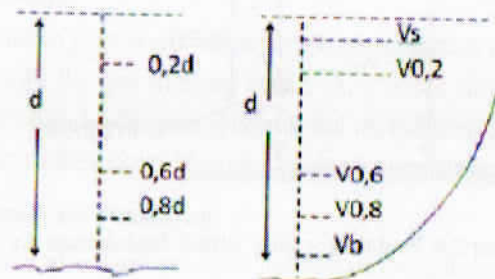
$V_{rata-rata}$ = kecepatan aliran rata-rata pada suatu vertikal, m/dt.

$V_{0,2}$ = 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

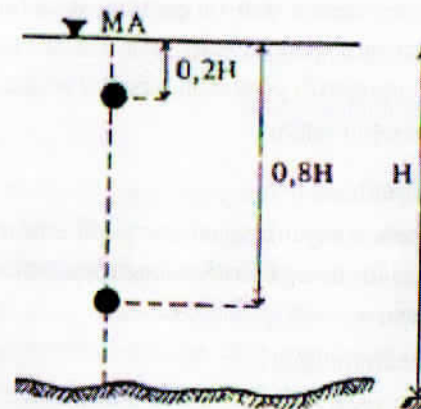


Gambar 2.4 Distribusi Kecepatan Aliran

Sumber: Modul Pelatihan OJT di Balai PSDA, Pelatihan Hidrologi dan OJT BWRM_WISMP

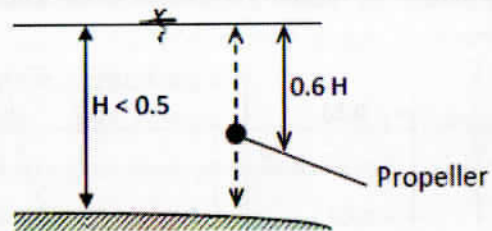
Tata cara peletakan propeler sesuai dengan kedalaman air:

- Kedalaman air > 1 m dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.5 Pengukuran untuk kedalaman $> 1m$

- 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 longsornya tebing/timbunan tersebut.
3. Pengambilan liar
Pengambilan air di saluran secara liar akan mengurangi besarnya perhitungan efisiensi air di saluran. Pengambilan air secara liar

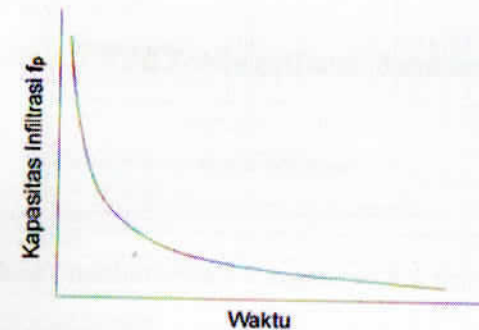
ini dapat berupa pengambilan dengan menggunakan ember atau selang untuk keperluan masyarakat sekitar saluran, maupun dengan pembuatan intake dan saluran terbuka/tertutup untuk keperluan irigasi tanpa melalui prosedur yang berlaku.

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.



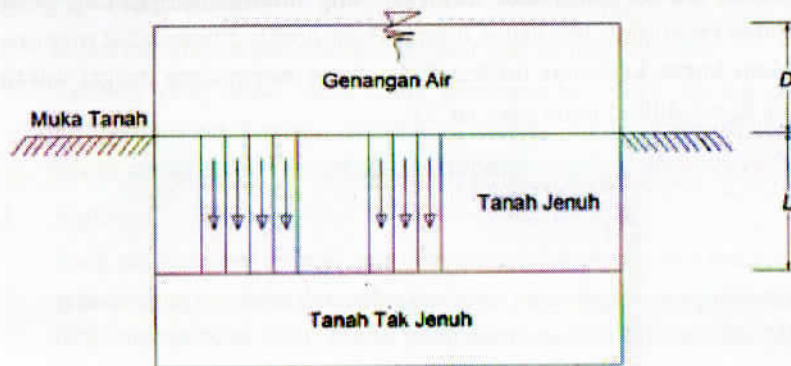
Gambar 2. 7 Kurva Kapasitas Infiltrasi

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, m³ / dt per km panjang saluran
- Q = debit, m³ / 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 pasir	0,10
- Lempung dan geluh lempungan	0,12
- Geluh pasir	0,20
- Abu vulkanik	0,21
- Pasir dan abu vulkanik atau lempung	0,37
- Lempung pasir dengan batu	0,51
- Batu pasir dan kerikil	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-timbulan)
- c. Laju Sedimentasi, dan
- d. Kecepatan aliran air.

2.5 Manfaat *Lining*

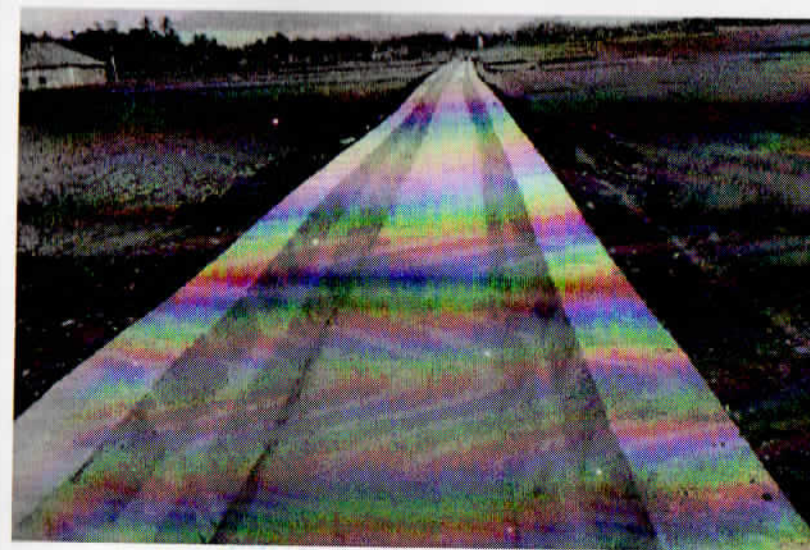
Pembuatan *lining* pada saluran irigasi dapat memberikan beberapa manfaat antara lain ialah: Dari sudut pandangan operasional dan pemeliharaan pembuatan *lining* akan dapat meningkatkan daya tahan saluran terhadap erosi, baik karena aliran air di saluran maupun akibat turunnya hujan lebat dan gangguan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

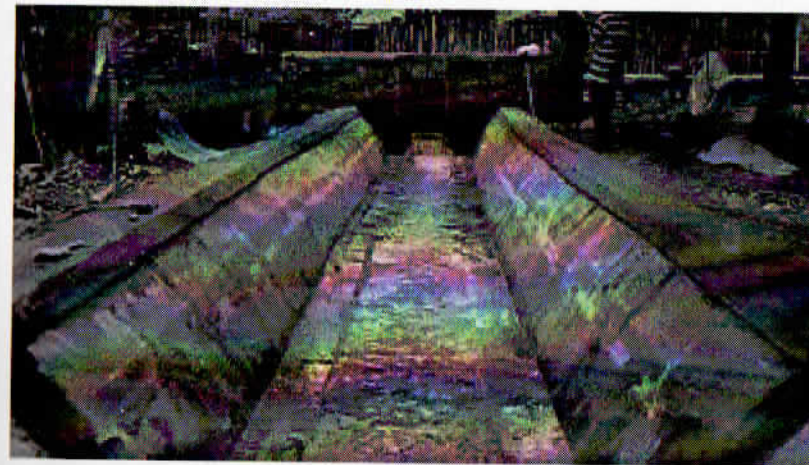
lubang lubang air dengan filter kerikil dibawahnya agar air dapat mengalir keluar dan memperkecil tekanan keatas.

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 *linning*.



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 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*²)
- P* : keliling basah (m)
- R* : A/P jari-jari hidraulis (m).

Tabel 2.2 Koefisien manning (*n*)

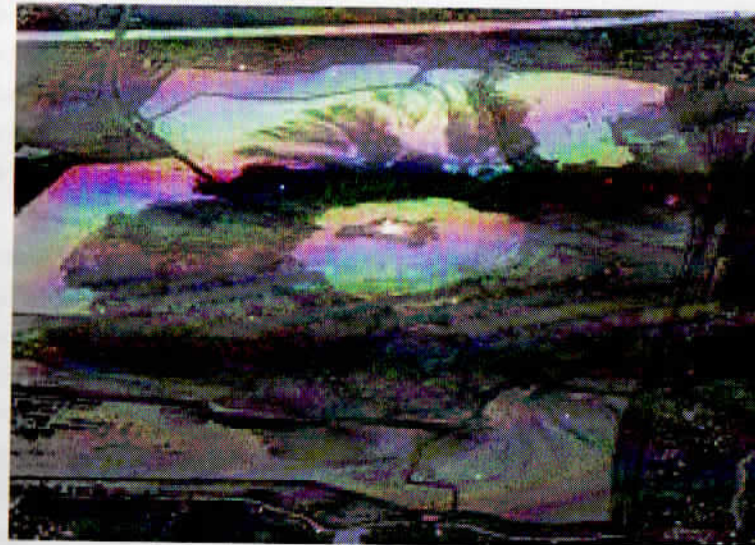
Bahan	Koefisien Manning (<i>n</i>)
Besi tuang dilapisi	0,014
Kaca	0,010
Saluran beton	0,013

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 menyemburnya 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.



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 tumbuhan air, Mengurangi biaya pemeliharaan, Memberi-kelonggaran untuk lengkung yang lebih besar.

Beton pracetak merupakan elemen struktur beton yang dibuat dicetak 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:

- Pengambilan sampel lumpur Sidoarjo dan dicek secara kimiawi tentang kandungan material.
- Lumpur Sidoarjo dihampar di tempat yang datar untuk menghilangkan kadar airnya.
- Sambil menunggu lumpur Sidoarjo kering, dilakukan pengambilan sampel lumpur Sidoarjo dan tanah di lokasi saluran irigasi rencana riset untuk diuji di laboratorium mekanika tanah.
- Dilakukan pencampuran bahan konstruksi yang terdiri dari semen, air dan lumpur Sidoarjo dengan bermacam-macam perbandingan prosentase
- Dari masing-masing prosentase dilakukan uji kekuatan di laboratorium beton yang meliputi uji
- 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

- 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:

$$Q = V \times A$$

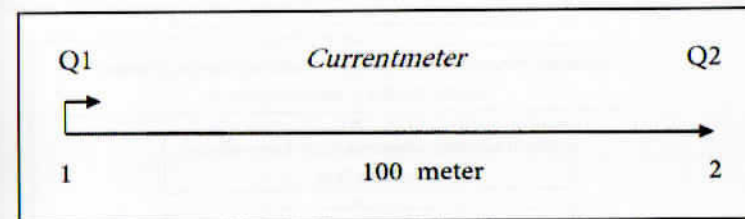
Dimana:

Q = Debit yang mengalir dalam saluran irigasi (m³/detik)

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

A = Luas penampang saluran irigasi (m²)

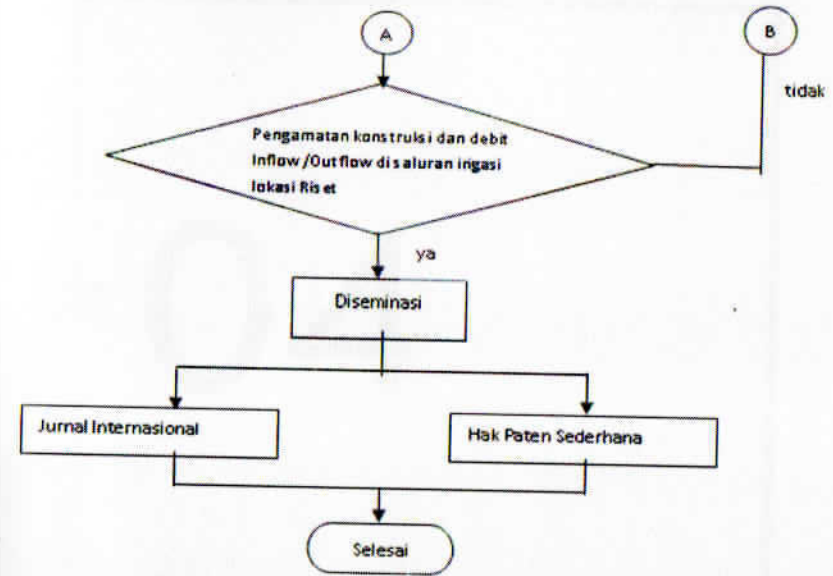
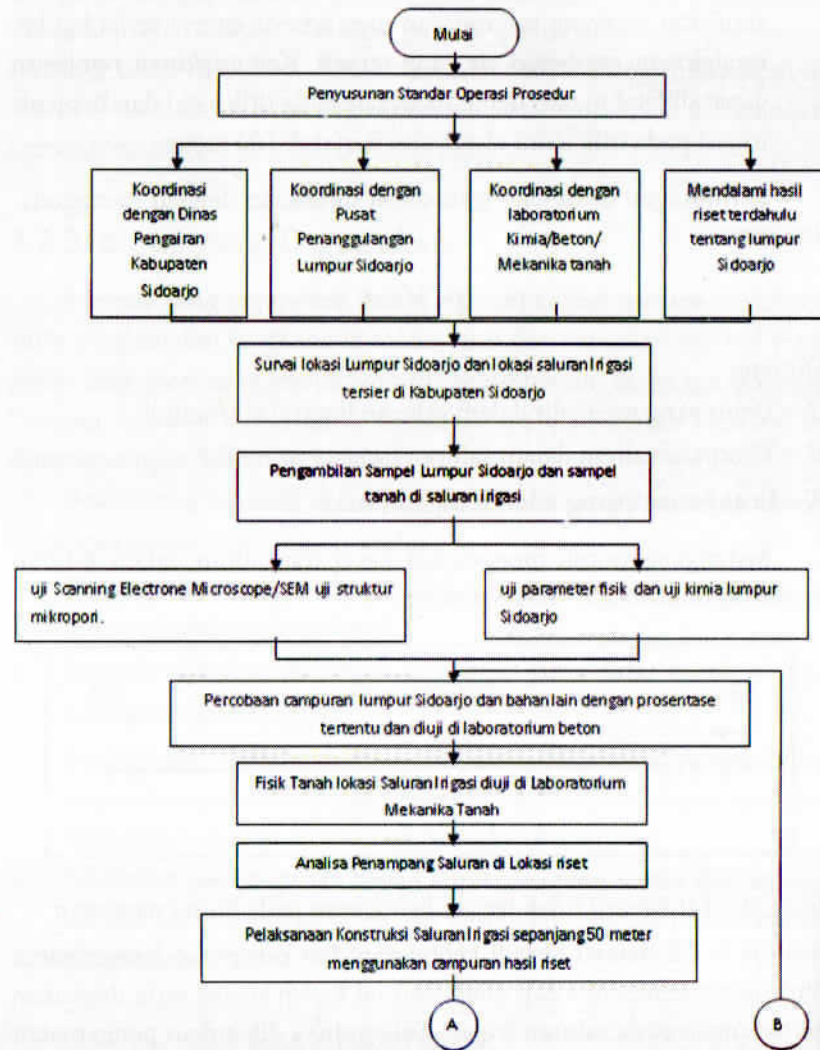
Sedangkan untuk mengetahui kecepatan aliran dalam saluran irigasi digunakan alat *Currentmeter*.



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:



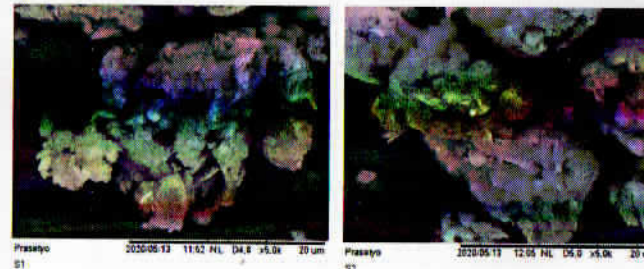
Gambar 3.1 Diagram Alir

= 04

Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.1 Hasil Percobaan Model 1-Sem Edx

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

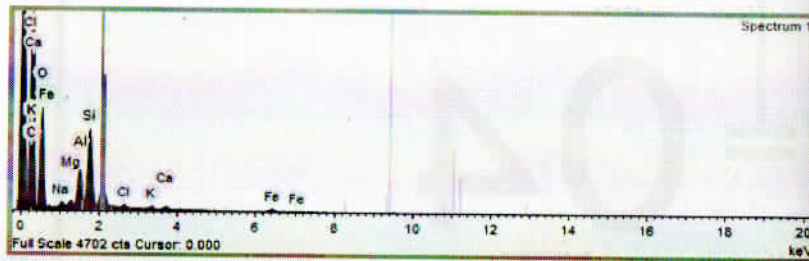


Gambar 4.1 Sampel 1 dan Sampel 2

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

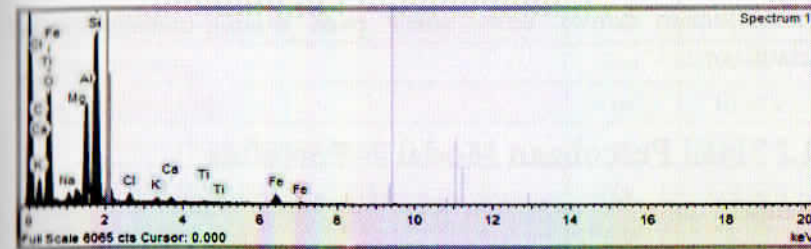
Tabel 4.1 Hasil Sem Edx benda Uji 1

Element	Weight %	Weight % σ	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 % σ	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 ³	78.001
5 Berat isi tanah (3)/(4)	gr/cm ³	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 ³	1.086
11 Specific gravity (Gs)	gr/cm ³	2.285
12 Volume tanah kering (7)/(11)	cm ³	37.068
13 Isi pori (4) - (12)		40.933
14 Derajat kejenuhan $S_r = ((8)/(13)) \times 100\%$	%	89.018
15 Porositas $((13)/(14)) \times 100\%$	%	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 ³	74.394
5 Berat isi tanah (3)/(4)	gr/cm ³	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 ³	1.259
11 Specific gravity (Gs)	gr/cm ³	2.236
12 Volume tanah kering (7)/(11)	cm ³	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

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

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 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 Kg/m^3 (42,72 %) yang disiapkan untuk pembuatan mix desain Lining pada irigasi. "Air" Bahan campuran beton dengan berat 215.00 Kg/m^3 (9,46 %) yang disiapkan untuk pembuatan mix desain Lining pada irigasi.

LAMPIRAN 1. SEM EDX

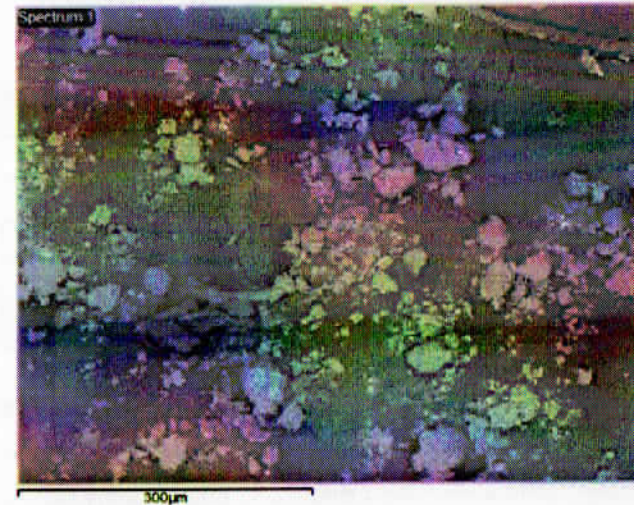
SAMPEL 1 EDX PERBESARAN 250X

Spectrum details

Project New project Spectrum name Spectrum 1

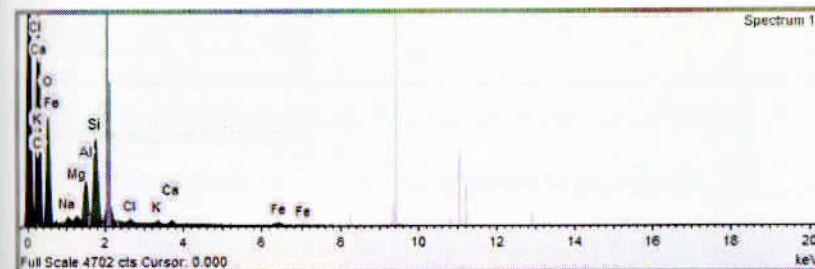
Electron Image

Image Width: 642.0 μm



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

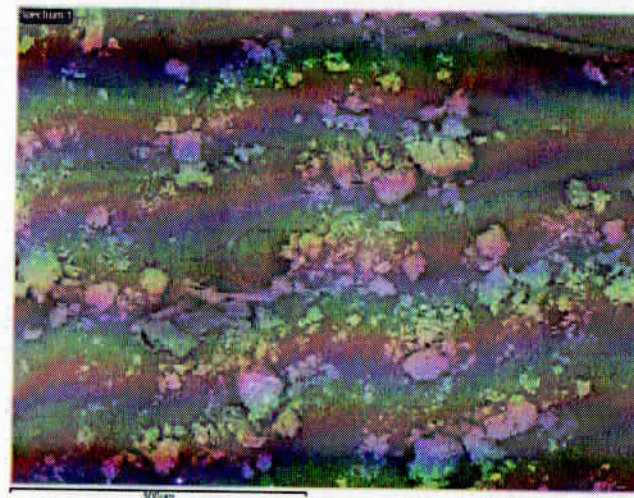
Element	Weight %	Weight % σ	Atomic %
Carbon	53.121	0.862	62.546
Oxygen	37.319	0.723	32.988
Sodium	0.309	0.046	0.190
Magnesium	0.336	0.037	0.195
Aluminum	1.995	0.061	1.046
Silicon	4.668	0.106	2.351
Chlorine	0.337	0.036	0.134
Potassium	0.250	0.036	0.091
Calcium	0.382	0.039	0.135
Iron	1.284	0.101	0.325

Spectrum details

Project New project Spectrum name Spectrum 1

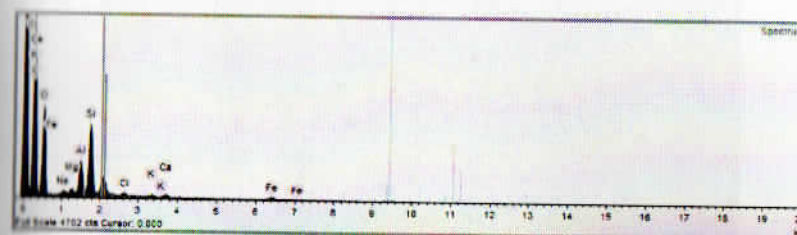
Electron Image

Image Width: 642.0 μm



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.F07.61/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 ³	78.001
5 Berat isi tanah (3)/(4)	gr/cm ³	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 γ_d (7)/(4)	gr/cm ³	1.086
11 Specific gravity (Gs)	gr/cm ³	2.285
12 Volume tanah kering (7)/(11)	cm ³	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 : JUN10.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 ³	74.394
5 Berat isi tanah (3)/(4)	gr/cm ³	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	31.298
9 Kadar air ((8)/(7)) x 100%	%	33.427
10 γ_d (7)/(4)	gr/cm ³	1.259
11 Specific gravity (Gs)	gr/cm ³	2.236
12 Volume tanah kering (7)/(11)	cm ³	41.872
13 Isi pori (4) - (12)		32.522
14 Derajat kejenuhan $S_r = ((8)/(13)) \times 100\%$	%	98.229
15 Porositas ((13)/(14)) x 100%	%	33.797

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 Sahuran 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 ³)	10000	10000	10000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1.37	1.37	1.38
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm ³)	1.37		

PADAT		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 ³)	10000	10000	10000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1.49	1.49	1.49
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm ³)	1.49		

Satuan Ukuran Tradisional



**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 :

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 ³)	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1.70	1.73	1.71
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm ³)	1.71		

PADAT		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 ³)	3000	3000	3000
E.	Berat isi benda uji (gr/cm ³)	1.80	1.80	1.81
F.	Berat isi benda uji rata-rata (gr/cm ³)	1.80		

Etnomatematika Kajian Budaya Maluku

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->

- 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 Mardiyanto, 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-bejen-dan-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