



JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SYIAH KUALA

KoNTekS 13

KONFERENSI NASIONAL TEKNIK SIPIL 13
BANDA ACEH

Sertifikat

KONFERENSI NASIONAL TEKNIK SIPIL 13

*“Inovasi sains dan teknologi dalam penerapan
Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana dan
Berwawasan Lingkungan”*



19 - 21 SEPTEMBER 2019
BANDA ACEH - INDONESIA

diberikan kepada:

Ade Lisantono

sebagai

PEMAKALAH

Banda Aceh, 19 September 2019
Ketua Panitia Konteks 13,

Ketua Jurusan Teknik Sipil Unsyiah



Dr. Teuku Budi Aulia, ST., Dipl. Ing



Dr. Renni Anggraini, ST., M.Eng





ISBN: 978-979-98659-6-0



KONFERENSI NASIONAL TEKNIK SIPIL KE-13

PROSIDING

**Volume I:
Struktur, Material, Manajemen Rekayasa Konstruksi**

Banda Aceh, 19-21 September 2019

**“Inovasi Sains dan Teknologi dalam Penerapan
Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana dan
Berwawasan Lingkungan”**

ISBN: 978-979-98659-6-0

PROSIDING

KONFERENSI NASIONAL TEKNIK SIPIL KE-13

[KoNTekS-13]

VOLUME I

Struktur, Material, Manajemen Rekayasa Konstruksi

Inovasi Sains dan Teknologi dalam Penerapan
Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana dan
Berwawasan Lingkungan

Banda Aceh, 19-21 September 2019

**Benazir, Luky Handoko, Han Ay Lie, Widodo Kushartomo,
Ahmad Muhajir, Alfi Salmannur, Nina Shaskia, Yulfa Devi
Muhaira, Cut Izzah Kemala, Shofiyah Putri Anjani**

JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS SYIAH KUALA

Jl. Syeh Abdurrauf No. 7 Darussalam, Banda Aceh, 23111 Indonesia.

Phone: (0651) 7552222

Email: tekniksipil@unsyiah.ac.id

PENYELENGGARA DAN SPONSORSHIP KEGIATAN

KONFERENSI NASIONAL TEKNIK SIPIL KE-13 (KoNTekS-13)

Diselenggarakan oleh:



Didukung oleh:



Disponsori oleh:



Banda Aceh, 19-21 September 2019

PROSIDING KONFERENSI NASIONAL TEKNIK SIPIL (KONTEKS) KE-13
“Inovasi Sains dan Teknologi dalam Penerapan Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana dan Berwawasan Lingkungan”

Pengarah	: Prof. Dr. Ir. Samsul Rizal, M.Eng.	(Rektor Universitas Syiah Kuala)
Pelindung	: Dr. Ir. Taufiq Saidi, M.Eng.	(Dekan Fakultas Teknik)
Penanggung Jawab	: Dr. Teuku Budi Aulia, S.T., Dipl.Ing.	(Ketua Jurusan Teknik Sipil)
Ketua	: Dr. Renni Angraini, S.T., M.Eng.	
Sekretaris	: Dr. Anita Rauzana, S.T., M.T.	
Bendahara	: Dr. Halida Yunita, S.T., M.T.	

Reviewer

Prof. Dr. Ir. Munirwansyah, M.Sc.	Dr. Eng. Sugiarto, S.T., M.Eng.
Prof. Dr. Azmeri, S.T., M.T.	Dr. Anita Rauzana, S.T., M.T.
Prof. Ir. Djoko Legono, Ph.D.	Dr. Nora Abdullah, S.T., M.Eng.
Prof. Dr. Ir. Sofyan M. Shaleh, M.Sc.Eng.	Dr. Muhammad Ramdhan Oliy, S.T., M.Sc.
Dr. -Ing Ir. Teuku Budi Aulia, Dipl. Ing.	Dr. I Gusti Lanang Bagus Eratodi, S.T., M.T.
Dr. Renni Angraini, S.T., M.Eng.	Dr. Hasdinar Umar, S.T., M.T.
Dr. Ir. Mochammad Afifuddin, M.Eng.	Dr. Ir. Dwi Prasetyanto, M.T.
Dr. Yunita Idris, S.T., M.Eng.Structure	Dr. Ir. Djoko Suwarno, M.Si.
Dr. Ir. Muttaqin, M.T.	Nurisra, S.T., M.T.
Dr. Devi Oktaviana Latif, S.T., M.Eng.	Daniel Hartanto, S.T., M.T.
Dr. Yulia Hayati, S.T., M.Sc.	Ir. Maimun Rizalihadi, M.Sc.Eng.
Dr. Mawiti Infantri Yekti, S.T., M.T.	Fachrurrazi, S.T., M.T.
Dr. Ir. Eldina Fatimah, M.Sc.	I Putu Gustave Suryantara, S.T., M.Eng.
Dr. Kuswandj, S.T., M.T.	Muhammad Ahlan, S.T., M.Sc.
Dr. David S.V.L. Banggana, S.T., M.T.	Febriyanti Maulina, S.T., M.T.
Dr. Eng. Syamsidik, S.T., M.Sc.	Surya Bermansyah, S.T., M.T.
Dr. Yusria Darma, S.T., M.Sc.Eng	Reza P. Munirwansyah, S.T., M.Sc.
Dr. Cut Zukhrina Oktaviani, S.T., M.T.	Irda Yunita, S.T., M.Sc.
Dr. Munira Sungkar, S.T., M.T.	Gede Pringgana, S.T., M.T., Ph.D.
Dr. Halida Yunita, S.T., M.T.	Juliana Fisaini, S.T., M.T.
Dr. Lisa Oksri Nelfia, S.T., M.T, M.Sc.	Zahra Amalia, S.T., M.Eng.

Editor

Dr. Benazir, S.T., M.Eng.
Dr. Eng. Luky Handoko, S.T., M.Eng.
Prof. Dr. Ir. Han Ay Lie, M.Eng.
Dr. Widodo Kushartomo, S.Si., M.Si.
Ahmad Muhajir, S.T., M.Eng.Sc.
Alfi Salmannur, S.T., M.T.
Nina Shaskia, S.T., M.Sc.
Yulfa Devi Muhaira
Cut Izzah Kemala
Shofiyah Putri Anjani

Penerbit

JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS SYIAH KUALA
Jl. Syeh Abdurrauf No. 7 Darussalam, Banda Aceh, 23111 Indonesia.
Phone: (0651) 7552222, email: tekniksipil@unsyiah.ac.id.

PRAKATA TIM EDITOR

Assalamu’alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah telah selesainya penyusunan prosiding dari makalah-makalah yang disajikan dalam Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) ke-13 dengan Tema:

“Inovasi Sains dan Teknologi dalam Penerapan Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana dan Berwawasan Lingkungan”

Penyuntingan (*editing*) makalah hanya sebatas pada tata tulis atau format penulisan, di antaranya batas tepi, penomoran isi, penomoran halaman, penomoran gambar, penomoran tabel, spasi, font, dan kesalahan pengetikan. Penyuntingan tidak mengubah isi dari makalah sehingga keaslian, pengambilan sumber referensi, dan mungkin terjadi (seandainya) plagiat atas karya orang lain merupakan tanggung jawab penulis yang bersangkutan.

Semoga semua pihak dapat memaklumi dengan kondisi tersebut. Diucapkan terima kasih atas bantuan semua pihak yang terlibat sehingga proses penyuntingan untuk Prosiding Seminar Nasional ini dapat diselesaikan, disusun, dan diterbitkan.

Wassalamu’alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Banda Aceh, 19 September 2019

Tim Editor

STEERING COMMITTEE

Han Ay Lie, Ir., M.Eng., Dr., Prof. (UNDIP)
Leksmono Suryo Putranto, M.T., Ph.D., Prof. (UNTAR)
Manlian Ronald A. Simanjuntak, ST., M.T., Dr., Prof. (UPH)
Stefanus Adik, Ph.D., Prof. (UNS)
Yoyong Arfiadi, Ir., M.Eng., Ph.D., Prof. (UAJY)
Anissa Maria Hidayati, Ir., M.T., Dr. (UDAYANA)
Bambang E. Yuwono, Ir., Dr. (USAKTI)
Dwi Prasetyanto, Ir., M.T., Dr. (ITENAS)
Emma Akmalah, Ph.D. (ITENAS)
A.P. Candra Dharmayanti, S.T., M.Sc., Ph.D. (UDAYANA)
Gede Pringgana, S.T., M.T., Ph.D. (UDAYANA)
Herman, Ir., M.T., Dr. (ITENAS)
I Ketut Sudarsana, S.T., Ph.D. (UDAYANA)
Dwijoko Ansusanto, Ir., M.T., Dr. (UAJY)
Jack Wijayakusuma, Dr.-Ing. (UPH)
Koesmargono, Ir., M.C.M., Ph.D. (UAJY)
Luky Handoko, S.T., M.Eng., Dr.Eng. (UAJY)
Mawiti Infantri Yekti, S.T., M.T., Dr. (UDAYANA)
Muhammad Abduh, Ir., M.T., Ph.D. (ITB)
Niken Silmi Suryandari, S.T., M.T., Dr. (UNS)
Onnyxiforus Gondokusumo, Ir., M.Eng., Dr. (UNTAR)
Rintis Hadiani, Ir., M.T., Dr. (UNS)
Sholihin As'ad, Ir., M.T., Dr. (UNS)
Sugeng Wijanto, Ir., M.Eng., Ph.D. (USAKTI)
Trihono Kadri, Ir., M.S., Dr. (USAKTI)
Wati Asriningsih Pranoto, Ir., M.T., Dr. (UNTAR)
Widodo Kushartomo, S.Si., M.Si., Dr. (UNTAR)
Wiryanto Dewobroto, Ir., M.T., Dr. (UPH)
Yessi Nirwana Kurniadi, S.T., M.T., Ph.D. (ITENAS)
Yuki Achmad Yakin, S.T., M.T., Dr. (ITENAS)
Teuku Budi Aulia, Dr.-Ing Ir., Dipl.Ing (UNSYIAH)
Bambang E. Yuwono, Ir., Dr. (USAKTI)
Lisa Oksri Nelfia, S.T., M.T, M.Sc. Dr. (USAKTI)
Daniel Hartanto, S.T., M.T. (UNIKA Soegijapranata)
Hermawan, S.T., M.T., Dr. (UNIKA Soegijapranata)
Djoko Suwarno, Ir., M.Si., Dr. (UNIKA Soegijapranata)
Maria Wahyuni, Ir., M.T., Dr. (UNIKA Soegijapranata)
Budi Santosa, Ir., M.T. (UNIKA Soegijapranata)

KATA SAMBUTAN

KETUA JURUSAN TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS SYIAH KUALA



Assalamu’alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah, puji syukur kepada Allah SWT karena berkat rahmat-Nya yang berlimpah maka Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) ke-13 dapat diselenggarakan pada tanggal 19-21 September 2019 di Banda Aceh.

Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) adalah pertemuan ilmiah tahunan di bidang teknik sipil yang telah diselenggarakan sejak tahun 2007. Penyelenggaraan KoNTekS diinisiasi oleh Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta (UAJY) yang kemudian semakin berkembang sehingga akhirnya terbentuk konsorsium sebagai penyelenggara KoNTekS. Hingga saat ini konsorsium beranggotakan Program Studi dari Universitas Atma Jaya Yogyakarta (UAJY), Universitas Pelita Harapan (UPH), Universitas Udayana (UNUD), Universitas Trisakti (USAKTI), Universitas Sebelas Maret (UNS), Institut Teknologi Nasional (ITENAS), Universitas Tarumanagara (UNTAR), Universitas Katolik Soegijapranata, dan Universitas Syiah Kuala (UNSYIAH). Konsorsium ini merupakan wadah kerjasama antar Program Studi Teknik Sipil yang menjadi anggotanya di mana kegiatannya akan terus dikembangkan sehingga mampu memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi dunia Teknik Sipil di Indonesia. Selain itu, KoNTekS telah mendapat dukungan sepenuhnya dari Badan Musyawarah Pendidikan Tinggi Teknik Sipil Seluruh Indonesia (BMPTTSSI) dan telah dijadikan konferensi tahunan BMPTTSSI. Pada penyelenggaraan KoNTekS-13, konsorsium mempercayakan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala sebagai host dalam penyelenggaraan konferensi nasional ini. Mengacu pada perkembangan industri konstruksi dengan memperhatikan aspek mitigasi kebencanaan dan isu lingkungan, maka konferensi nasional ini dipilih dengan tema: “Inovasi Sains dan Teknologi dalam Penerapan Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana dan Berwawasan Lingkungan”.

Dalam menyukseskan agenda ilmiah ini, banyak pihak yang terlibat. Maka dengan itu, kami menyampaikan ucapan terima kasih kepada Rektor Universitas Syiah Kuala, Dekan Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Komite Ilmiah dan para Reviewer KoNTekS 13, Moderator, dan semua pihak sponsor yang telah mendukung kegiatan ini. Ucapan terima kasih juga dihanturkan kepada Bapak/Ibu presenter yang sudah bersedia mengirimkan makalah dan dipresentasikan pada kegiatan ini. Serta terima kasih juga saya ucapkan kepada para peserta yang sudah meluangkan waktu untuk hadir pada acara ini. Terakhir, terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang sudah mendukung kegiatan ini yang tidak bias disebut satu-persatu sehingga acara ini dapat terlaksana.

Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) - 13

“Inovasi Sains dan Teknologi dalam Penerapan Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana dan Berwawasan Lingkungan”

Akhir kata, saya ucapkan terima kasih kepada panitia yang telah bekerja keras selama persiapan dan prosesi konferensi ilmiah ini. Semoga hasil dari konferensi ini dapat menjadi sumbangan pemikiran untuk riset dan profesi Teknik Sipil dalam mendukung pembangunan yang berkelanjutan.

Banda Aceh, 19 September 2019

Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala



Dr. -Ing Ir. Teuku Budi Aulia, Dipl. Ing.

KATA SAMBUTAN

KETUA PANITIA KONTEKS KE-13



Assalamu’alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Pertama-tama saya ingin menyampaikan syukur Alhamdulillah ke hadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga acara Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) ke-13 dapat terlaksana dengan baik pada tanggal 19-21 September 2019. Serta shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabat beliau.

KoNTekS ke-13 ini mengambil tema:

“Inovasi Sains dan Teknologi dalam Penerapan Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana dan Berwawasan Lingkungan”

Pada KoNTekS ke-13 ini menghadirkan keynote speakers dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), Universitas Gadjah Mada, Institut Teknologi Bandung, dan Universitas Syiah Kuala. Lebih dari 200 makalah dipresentasikan pada pertemuan ilmiah ini dari berbagai universitas di Indonesia dan praktisi. Makalah tersebut terdiri dari konsentrasi struktur, material, manajemen konstruksi, geoteknik, transportasi, infrastruktur, hidroteknik, lingkungan, dan mitigasi bencana.

KoNTekS juga didukung oleh Badan Musyawarah Pendidikan Tinggi Teknik Sipil Seluruh Indonesia (BMPTTSSI), yang bertujuan untuk mewujudkan penyelenggaraan materi kuliah dan proses pembelajaran yang setara bagi seluruh prodi Teknik Sipil di seluruh Indonesia. Sebagai penyelenggara KoNTekS kali ini, kami merasa bangga dengan kepercayaan yang diberikan oleh BMPTTSSI ini. Apalagi Rapat Bamus XII juga diselenggarakan bersamaan dengan kegiatan KoNTekS ini, untuk membahas mengenai perkembangan kurikulum prodi Teknik Sipil dan memilih lokasi penyelenggaraan KoNTekS ke-14 tahun depan.

Terselenggaranya konferensi ini tentunya tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Saya ingin berterima kasih kepada para sponsor yang telah mendukung secara moril dan finansial sehingga pelaksanaan acara KoNTekS ke-13 ini dapat berjalan dengan sukses.

Selaku Ketua Panitia, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada jajaran pimpinan Universitas/Fakultas/Jurusan atas kepercayaan yang diberikan kepada saya. Saya juga mengucapkan ribuan terima kasih pada panitia yang telah berjuang dan mencurahkan segenap tenaga, waktu, serta pikiran untuk mensukseskan Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) ke-13 ini. Tanpa kerjasama yang baik, maka acara KoNTekS ke-13 ini tidak akan berjalan dengan

Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) - 13

“Inovasi Sains dan Teknologi dalam Penerapan Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana dan Berwawasan Lingkungan”

lancar. Oleh karenanya saya sangat mengapresiasi apa yang telah dikerjakan oleh para panitia. Sekali lagi terima kasih saya ucapkan dari lubuk hati saya yang paling dalam.

Akhir kata, kami ucapkan selamat berseminar kepada segenap presenter, pemakalah, dan peserta. Semoga konferensi ini memberi hasil yang bermanfaat bagi perkembangan industri konstruksi dan pendidikan Teknik Sipil di Indonesia. Atas nama panitia, saya juga mohon maaf yang sebesar-besarnya jika ada hal yang kurang dalam penyelenggaraan KoNTekS ke-13 ini.

Banda Aceh, 19 September 2019

Wassalam,



Dr. Renni Anggraini, S.T., M.Eng.

DAFTAR ISI

VOLUME I

PENYELENGGARA DAN SPONSORSHIP KEGIATAN	i
SUSUNAN KEPANITIAAN.....	ii
PRAKATA TIM EDITOR.....	iii
STEERING COMMITTEE	iv
KATA SAMBUTAN KETUA JURUSAN TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS SYIAH KUALA	v
KATA SAMBUTAN KETUA PANITIA KONTEKS KE-13	vii
DAFTAR ISI.....	ix
TEMA A: STRUKTUR	1
Analisis Kapasitas Balok Komposit dengan Penghubung Geser Kanal Baja Menggunakan Program Bantu Elemen Hingga (Gati Annisa Hayu, Ahmad Miftah Azis, Syamsul Arifin).....	2
Analisis Balok Kontinu pada Struktur Cerobong (<i>Chimney</i>) akibat Beban Gempa (Anwar Dolu dan Amrinsyah Nasution).....	12
Pemodelan Balok Beton Bertulang yang Diperkuat dengan Metode <i>Deep Embedment</i> Menggunakan Software Berbasis Elemen Hingga (Ridwan, Alfian Kamaldi, Yaser Jemaa, Muhammad Rizki, Wan Muhammad Nurhud, Alex Kurniawandy)	24
Kegagalan Struktur Bangunan di Kota Palu dan Kabupaten Sigi Pasca Gempa 28 September 2018 (Shyama Maricar, Anwar Dolu, Agus Rivani).....	32
Perkuatan dan Rehabilitasi Struktur Dermaga (Studi Kasus Dermaga Kaimana Papua Barat) (Ignatius Sudarsono dan Dani Setiawan).....	39
Kajian Perbandingan Jembatan Pelengkung Baja Tipe <i>Through Arch</i> dengan Tipe <i>Half-Through Arch</i> (Bernardinus Herbudiman, Amatulhay Pribadi, Dita Permatasari)	46
Kajian Perbandingan Jembatan <i>Cable Stayed</i> Sistem Satu Bidang dengan Sistem Dua Bidang (Amatulhay Pribadi, Bernardinus Herbudiman, Miftahul Jannah)	55
Analisis Numerik Paparan Panas pada Bata Ringan Menggunakan Program LUSAS V17 (Abrar Rifqi Pratama, Reni Suryanita, Ismediyanto)	63
Analisis Statis Jembatan Gantung Pejalan Kaki dengan Tiga Variasi Kedalaman Lengkungan Kabel (Muttaqin Hasan, M. Arief Rahman Panjaitan, Rusmala Nurdianti).....	71
Pengembangan Aplikasi DEPS untuk Pembelajaran Perencanaan Struktur Baja dengan Metode <i>Flipped Classroom</i> (Ruri Damayanti, Ronny H. Purba, M. David Marsal, Irwan Janwar, Fina Febriana, Mahmudah).....	79

Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) - 13

"Inovasi Sains dan Teknologi dalam Penerapan Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana dan Berwawasan Lingkungan"

Analisis Numerik Perilaku Mekanik Balok Beton Bertulang dengan dan Tanpa Sengkang (Dimas Arief Wicaksono, Reni Suryanita, Zulfikar Djauhari).....	90
Analisis Sifat Mekanik Bata Ringan Cellular Lightweight Concrete Menggunakan Program LUSAS V17 (Roma Dearn, Reni Suryanita, Ismeddiyanto)	96
Analisis Perilaku Mekanik pada Balok Beton Bertulang Pascabakar dengan Menggunakan Program LUSAS V17 (Dede Eldi Kurniawan, Reni Suryanita, Zulfikar Djauhari)	102
Perilaku Seismik Struktur Rangka Beton Bertulang Bertingkat Rendah dengan Perkuatan <i>Wing Wall</i> (I Ketut Sudarsana, I Gede Adi Susila, I Putu Eka Darmawan).....	108
Analisis Kekuatan Abutment Jembatan Kr. Tingkeum terkait Pergantian Struktur Bangunan Atasnya (Munawir dan Meillyta).....	119
Aplikasi Frequency Domain Decomposition (FDD) pada Struktur Portal Ruang (Richard Frans dan Yoyong Arfiadi).....	128
Pengaruh Deformasi Geser pada Program Bantu Analisis Struktur REALIN2D untuk Portal 2 Dimensi (Yoyong Arfiadi)	136
Perilaku dan Daktilitas Perbaikan Sambungan Balok dan Kolom Beton Bertulang (Zardan Araby, Abdullah, Mochammad Afifuddin)	146
Kekuatan Kolom Hidrolis dalam Memikul Beban Rumah Panggung di Daerah Rob, Kelurahan Kemijen, Kota Semarang (Widija Suseno Widjaja, Ety E. Listiati, I.M. Tri Hesti Mulyani, B. Tyas Susanti)	154
Kuantifikasi Pasokan Redaman Pendisipasi Energi Metal (Junaedi Utomo, Muslinang Moestopo, Adang Surahman, Dyah Kusumastuti).....	163
Pemanfaatan Open Source Software Opensees Melalui Interpreter Python untuk Analisis Gempa pada Bangunan Beton Bertulang (Irwandi Irwandi, Rudiansyah Putra, dan Khaizal Jamaluddin)	170
Evaluasi Perilaku Struktur Gedung akibat Perubahan Fungsi dari Hotel Menjadi Rumah Sakit di Banda Aceh (Djaiz Rizqy Muchnirwandi, Surya Bermansyah, Yulia Hayati)	179
TEMA B: MATERIAL.....	190
Pengaruh Kadar Air Pada Parameter Geser Tanah Organik yang Distabilisasi dengan Limbah Karbit dan Abu Ampas Tebu (John Tri Hatmoko dan Luky Handoko)	191
Studi Parametrik pada Tanah Lempung Berplastisitas Rendah yang Distabilisasi dengan Semen (Hendra Suryadharma dan John Tri Hatmoko).....	201
Durabilitas Campuran Aspal Beton Menggunakan Abu Sabut Kelapa dan Abu Sekam Padi sebagai Pengganti Filler (Veranita dan Rinaldy)	211
Kajian Kuat Lentur Pelat <i>Floating Concrete</i> (Hazairin, Bernardinus Herbudiman, Erma Desmaliana, Bangkit Pajar Dinillah).....	220

Kolam Tampung Penerapan Inovasi Teknologi Batu Pres Tanah Murah Biaya Konstruksi, Operasi dan Pemeliharaan (Susilawati, Sungsang ANP, Indah Wahyuning Tyas).....	230
Pengaruh Penggunaan Arang Sekam Padi terhadap Kuat Tekan Beton (Muhammad Noor Asnan, Isnaini Zulkarnain, Rusandi Noor, Vebrian, Johannes Wicaksono)	239
Penggunaan Agregat Kasar dari Styrofoam-Coating untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton Ringan (Muhammad Noor Asnan, Rusandi Noor, Ahmad, Tri Dianingsi Dumendehe).....	246
Inovasi Limbah Plastik Menjadi Agregat Kasar dalam Campuran Beton Ringan (Rafidah Azzahra, Ilham Wijaya, Dikiansyah, Muhammad Noor Asnan, Pitoyo).....	253
Pengaruh Limbah Kayu Ulin yang Diselimuti Plastik Polypropilene Terhadap Berat dan Kuat Tekan Beton (Anang A.A, Dikiansyah, Selvia K.D, Muhammad Noor Asnan, Santi Yatnikasari)	260
Pengaruh Penambahan Serat Bambu terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi (Andi Yusra, Meylis Safriani, I Gusti Raka, T. Ardiansyah).....	268
Potensi Metakaolin sebagai <i>Filler</i> dalam Beton <i>Self Compacting Concrete</i> (Angelina Eva Lianasari dan Andreas Andy Pratama Nugraha).....	276
Analisis Kuat Tekan Beton dengan Menggunakan Bahan Tambah Limbah Serbuk <i>Gypsum</i> (Indriasari, Achmad Pahrul Rodji, Hasnan Hasbi A).	285
Pengaruh Pemanasan Awal pada Butir Styrofoam terhadap Kuat Tekan Beton Ringan (Andi Prasetyo Wibowo, Angelina Eva Lianasari, Trevi Arga Kurniawan, Zaki Adhi Wiransyah M)	293
Beton Aspal Menggunakan Material <i>Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)</i> dengan Bahan Tambah <i>Elvaloy</i> (Anni Susilowati dan Pratikto)	299
Substitusi <i>Rice Husk Ash</i> pada Semen terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi (Studi Kasus: Penggunaan Dust 100% sebagai Agregat Halus) (Wahyuni, Keumala Citra Sarina Zein, Meillyta).....	308
Pengaruh Penambahan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) terhadap Kuat Tekan Beton Normal (Lissa Opirina, Dewi Purnama Sari, Panji Setiawan Mahmud).....	316
Karakteristik Batu Bata Tanah Tambak dengan Campuran Abu Cangkang Kerang dan Abu Kulit Telur (Ellida Novita Lydia, Eka Mutia, Faiz Isma, Meilandy Purwandito)	324
Kajian Beton Ringan Menggunakan Semen <i>Slag</i> dan Limbah Bata Ringan sebagai Agregat Kasar (Apriyan Susanto, Pio Ranap Tua Naibaho, Camelia Shandra, Prayitno, Tirta Maulana, Sarjono Puro).....	332
Studi Abu Tempurung Kelapa yang Dibakar pada Suhu 500⁰ dan 700⁰ Celcius sebagai Substitusi Semen pada Beton (Ade Lisantono dan Febrian Yafet Kristino)	338

Pengaruh Ukuran Butiran Maksimum Agregat Halus terhadap Modulus Elastisitas dan Kuat Tarik Belah <i>Reactive Powder Conceret</i> (Widodo Kushartomo, Henny Wiyanto, Albert, William Kurniawan)	345
Studi Experimental Karakteristik Campuran Aspal Beton (AC – WC) Menggunakan Liquid Asbuton dengan Penambahan Serpih Sampah Plastik (Achmad Zultan Mansur dan Daud Nawir).....	350
Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton AC-WC Menggunakan Pasir Besi dan Liquid Asbuton dengan Variasi Penambahan Aspal Minyak Penetrasi 60/70 (Daud Nawir dan Achmad Zultan Mansur)	360
Pengaruh Penggunaan Bahan Tambah Katalis terhadap Kenaikan Permukaan pada Bata Ringan ULC (Ahmad Hamidi dan Neri Puspita Sari).....	370
Pengaruh Variasi Kadar <i>Fly Ash</i> pada Beton <i>Heated Styrofoam</i> sebagai Substitusi Agregat dalam Sifat Mekanik Beton Ringan (Angelina Eva Lianasari, Andi Prasetyo Wibowo, Trevi Arga Kurniawan, Zaki Adhi Wiransyah M)	377
Pemanfaatan Bubuk Terak Nikel sebagai Substitusi Parsial Semen pada Beton Normal (L. Oksri-Nelfia, Reynaldi Akbar, Sotya Astutiningsih)	386
Analisis Perilaku Portal Bidang Baja Hollow yang Diisi Mortar FAS 0.4 dengan Variasi Tinggi Portal (Mochammad Afifuddin, Huzaim, Mursal).....	395
Studi Eksperimental Pengaruh Penggunaan <i>Fly Ash</i> sebagai Pengganti Sebagian Semen pada Bata Ringan Jenis CLC (Ita Lopang, Rachmansyah, Hardi Kurniawan)	402
Studi Eksperimental Beton <i>Geopolymer</i> dengan Kuat Tekan Tinggi (Afni Kurniati Tambing, Rachmansyah, Hardi Kurniawan, Richard Kano, Ita Lopang).....	413
Karakteristik Campuran HRS – Base Menggunakan Bubuk Dolomit sebagai Filler (Rais Rachman).....	421
Campuran HRS-WC Menggunakan Agregat Batu Gunung Desa Palipu Kecamatan Mengkendek Tana Toraja (Alpius).....	430
Pengaruh Penggunaan Semen PCC terhadap Karakteristik Beton di Lingkungan Asam Sulfat (Rita Irmawaty, Herman Parung, Mukhlis Hamid).....	441
TEMA C: MANAJEMAN KONSTRUKSI.....	449
Analisis Infrastruktur Pariwisata: Kasus di Yogyakarta (Peter F Kaming, Triapriano Kaidu, Fritwel R. Payung, Carlo Salenus).....	450
Evaluasi Sistem Proteksi Aktif dan Pasif sebagai Upaya Penanggulangan Bahaya Kebakaran pada Gedung Sekolah X Bandung (Katarina Rini Ratnyanati dan Yulia Trianisa)	462
Penerapan Metode Fast Track untuk Percepatan Waktu Pelaksanaan Pembangunan Gedung Intensif Terpadu RSSA Malang (Indah Wahyuning Tyas, dan Erik Tjandra Widjaksono).....	472
Ketentuan Mengenai Insentif dalam Kontrak Konstruksi – Kajian Literatur (Mifna A. Mutianisa dan Reini D. Wirahadikusumah).....	482

Pengaruh Gaya Kepemimpinan terhadap Kinerja Karyawan Perusahaan Jasa Konstruksi di Kota Denpasar (Ni Kadek Astariani, Gede Sumarda, Putu Doddy HA, IGM Sudika).....	492
Analisis Risiko Biaya Antara Kontrak Lumpsum dengan Kontrak Unit Price Menggunakan Metode Pohon Keputusan (Edi Mawardi dan Rinaldy)	501
Analisis Finansial Proyek Pembangunan Perumahan Graha Arum di Singaraja, Bali (Dewa Ketut Sudarsana, Ida Ayu Rai Widhiawati, Gede Hardi Purnawan)	512
Analisa Risiko Pelaksanaan Konstruksi Jalan Tol Cimanggis - Cibitung untuk Meningkatkan Kinerja Waktu (Mardi Aman dan Indriyanto)	518
Risiko Bisnis Properti berdasarkan Perspektif Pengembang (Ignasius Komala dan Harijanto Setiawan).....	530
Analisis Perhitungan Depresiasi dan Biaya Sewa Alat Berat (Dian Febrianti dan Zakia)	537
Analisis Penggunaan Teknologi pada <i>Building Information Modeling</i> (BIM) dan Manfaatnya dalam Pengendalian Biaya pada Proyek Konstruksi (Ahmad Sulthan Yassar, Rafli, Dewi Ritawanti)	545
Penggunaan <i>Building Information Modelling</i> (BIM) pada Bangunan Berkelanjutan dan Keuntungannya dalam Proses Pengendalian Biaya, Mutu, dan Waktu (Rafli, Bambang Endro Yuwono, Julia Damayanti)	562
Penilaian Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja dengan Metode Hirarc (Studi Kasus Proyek Hotel and Villa Impiana Ubud Bali) (Ni Komang Armaeni, I Putu Ari Sanjaya, I Wayan Gde Erick Triswandana)	569
Penerapan Aspek Manajemen Lingkungan Bangunan pada 3 Komplek Perumahan di Kota Banda Aceh (Buraida).....	576
Identifikasi Faktor Penyebab Keterlambatan Sumber Daya pada Pelaksanaan Konstruksi Gedung di Kota Palu (Fahirah F dan Fanti Susella).....	585
Variabel Kesuksesan Penerapan Struktur Vertikal Pola Rantai Pasok Pengadaan Proyek Konstruksi Jalan dan Jembatan (Josefine Ernestine Latupeirissa, Irwan Lie K W, Helen A I Sopacua)	591
Identifikasi Faktor yang Mempengaruhi Penentuan Prioritas Penanganan Jalan di Kota Palu (Fahirah F, Nirmalawati, Zulfikar).....	599
Analisis Keandalan Sistem Proteksi Kebakaran pada Gedung Dinas Registrasi Kependudukan Kota Banda Aceh (Aldina Fatimah, Firmansyah Rachman, Aldi Suharja).....	607
Kajian Manajemen Risiko dalam Proyek Kerjasama Pemerintah Swasta (KPS)/ Kerjasama Pemerintah Badan Usaha (KPBU) dengan Menggunakan Metode <i>House Of Risk</i> (HOR) (Putu Ika Wahyuni, Putu Gede Suranata, Putu Gde Erick Triswandana).....	618
Kajian Pembangunan Infrastruktur dalam Konektivitas Maritim Indonesia (Wulfram I. Ervianto)	626

Persepsi Praktisi Konstruksi terhadap Layanan Logistik Pihak Ke-Tiga dalam Rantai Pasok Konstruksi (Fauziah Shanti Cahyani Siti Maisarah, Hanson E. Kusuma, Muhamad Abduh).....	631
Faktor-faktor yang Mempengaruhi Tingkat Kompetensi Kontraktor Kecil Bidang Pembangunan Infrastruktur di Wilayah Bandung Raya (Adhi Prabowo, Fauziah Shanti Cahyani Siti Maisarah, Muhamad Abduh).....	640
Kajian Perbandingan Biaya dan Waktu pada Bearing Wall dengan Bata Merah dan Bata Ringan (Katarina Rini Ratnayanti, Erma Desmaliana, Muhammad Farhan Izharuddin).....	647
Pengaruh Kepemimpinan terhadap Kinerja Pelaksanaan Proyek Gedung di Kabupaten Gianyar (Anak Agung Diah Parami Dewi, Gede Astawa Diputra, I Putu Agus Satria Setyawan).....	655
Peningkatan <i>Constructability</i> pada Proyek Konstruksi Di Bali dari Perspektif Kontraktor (I Putu Ari Sanjaya, I Gede Putu Joni, Ariany Frederika).....	666
Evaluasi Penerapan Sistem Manajemen Mutu ISO 9001:2015 pada PT. Tunas Jaya Sanur (G. A. P Candra Dharmayanti, I Gede Ngurah Hendita Renaldy Putra, I Nyoman Swastika)	671
Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Power - Trowelling pada Pekerjaan Finishing Permukaan Pelat Lantai Beton (Ayub Diski Purnama, Fidelis Prayudha, Hermawan, Budi Setiyadi).....	683
Kajian Konsep Penilaian Kinerja Pembangunan Infrastruktur Berbasis Mitigasi Bencana dan Berwawasan Lingkungan (Elizar).....	690
Implementasi Total Quality Management (TQM) di Industri Konstruksi di Indonesia (Farida Rachmawati)	698
Model Kebutuhan Tulangan Sloof Beton Bertulang pada Konstruksi Bangunan Gedung Berlantai Dua (Mubarak, Tripoli, Muhariz Azmi, Cut Annisa)	705
Analisis Keterlambatan Akibat Pengelolaan <i>Shop Drawing</i> dan <i>As Build Drawing</i> pada Pembangunan Gedung 16 Lantai (Afan Prasetya Wibawa dan Trijeti)	716
Analisis Biaya dalam Siklus Hidup Rumah Susun (Albani Musyafa')	724
Faktor-faktor yang Mempengaruhi Waktu Pelaksanaan Rekonstruksi Rumah Pascabencana Gempa Bumi (Nurul Malahayati, Munirwansyah, Mochammad Afifuddin, Syamsidik).....	741
Kajian Penerapan Komponen Biaya K3 pada Rencana Anggaran Biaya Proyek Konstruksi Gedung di Aceh (Cut Zukhrina Oktaviani, Nurisra, Nurnazli Auliani)	749
Analisis Produktivitas Tenaga Kerja Pekerjaan Pemasangan Ubin Keramik dengan Menggunakan Metode MPDM (Adityawan Sigit dan Ilma Alfianarrochmah).....	755
Faktor-faktor Kemampuan Pemasaran dan Penawaran yang Mempengaruhi Daya Saing Kontraktor (Nurisra dan Mahmuddin).....	765

**Studi Abu Tempurung Kelapa yang Dibakar pada Suhu 500^o dan 700^o
Celcius sebagai Substitusi Semen pada Beton**

Ade Lisantono dan Febrina Yafet Kristino

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari 44 Yogyakarta
Email: adelisantono@mail.uajy.ac.id, fyk.yafet@gmail.com

ABSTRAK

Tempurung kelapa saat ini menjadi limbah. Untuk menjadikan nilai tambah pada limbah tempurung kelapa, saat ini tempurung kelapa dibakar dan abunya dapat dimanfaatkan menjadi bahan pozzolan pada beton. Pada penelitian ini akan diuji pengaruh abu tempurung kelapa yang dibakar pada suhu 500°C dan 700°C terhadap kuat tekan dan modulus elastisitas beton. Variasi substitusi kadar Abu Tempurung Kelapa (ATK) yang diteliti adalah 10%, 15% dan 20% terhadap berat semen. Benda uji yang digunakan adalah silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Pengujian dilakukan pada umur beton 28 hari. Beton normal tanpa substitusi ATK juga dibuat sebagai tolak ukur. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kuat tekan beton normal sebesar 42,236 MPa. Beton dengan substitusi ATK yg dibakar dengan suhu 500° dengan variasi 10%, 15%, dan 20%, berturut-turut kuat tekannya adalah 18,429 MPa; 17,696 MPa dan 13,926 MPa. Sedangkan beton dengan substitusi ATK yang dibakar dengan suhu 700° dengan variasi 10%, 15% dan 20%, berturut-turut kuat tekannya adalah 19,218 MPa; 18,157 MPa dan 14,681 MPa. Hasil pengujian modulus elastisitas beton normal sebesar 24956,01 MPa. Modulus elastisitas beton dengan substitusi ATK yang dibakar dengan suhu 500° dengan variasi 10%, 15%, dan 20%, berturut-turut adalah 17149,96 MPa; 14768,51 MPa dan 14757,98 MPa. Sedangkan modulus elastisitas beton dengan substitusi ATK yang dibakar dengan suhu 700° dengan variasi 10%, 15% dan 20%, berturut-turut adalah 17168,69 MPa; 16706,01 MPa dan 15081,60 MPa. Variasi kadar ATK dan suhu pembakaran paling optimal pada penelitian ini adalah ATK yang dibakar dengan suhu 700° dan dengan substitusi 10% terhadap berat semen.

Kata kunci: abu tempurung kelapa, substitusi semen, beton, kuat tekan, modulus elastisitas.

1. PENDAHULUAN

Kelapa banyak dihasilkan oleh Indonesia dalam jumlah besar. Menurut Direktorat Jenderal Perkebunan tahun 2016 bahwa Indonesia memiliki luas areal perkebunan kelapa sebesar 3.566.103 Ha dengan produksi estimasi sebesar 2.890.735 Ton. Tanaman pohon kelapa banyak tersebar di daratan Indonesia, terutama daerah pantai dengan curah hujan 1300-2300 mm/tahun.

Kelapa yang sudah dimanfaatkan akan menghasilkan limbah. Limbah yang terbuang sangat banyak jumlahnya akan berdampak terhadap lingkungan. Beberapa sudah memanfaatkan limbah tempurung kelapa sebagai arang untuk memasak di rumah tangga. Seiring dengan semakin meningkatnya pemakaian bahan-bahan tambah (*additive*) untuk beton, maka teknologi sederhana sebagai bahan tambah pada beton tersebut dapat dijadikan sebagai alternatif yang murah dan tepat guna. Mutu bahan konstruksi akan meningkat seiring dengan pemanfaatan limbah serta memberikan penyelesaian permasalahan terhadap lingkungan. Satu hal yang merupakan nilai tambah, nilai guna limbah, serta menciptakan lapangan pekerjaan dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (Santosa, 2009).

Tempurung kelapa memiliki sifat kekuatan dan modulus yang tinggi karena adanya unsur lignin yang tinggi. Karena unsur lignin lebih tinggi daripada selulosa, tempurung kelapa hampir memiliki komposisi kimia dengan kayu yang keras (Subramani dan Anbuvel, 2016). Tempurung kelapa

mengandung 65-75% zat volatil dan uap air yang dikeluarkan selama karbonisasi. Proses karbonisasi adalah perubahan tempurung kelapa menjadi arang atau bisa dikenal dengan pirolisis. Pirolisis adalah penguraian bahan tempurung kelapa dengan pemanasan tanpa oksigen. Selama karbonisasi, 70 % massa tempurung kelapa dilepaskan ke udara dan menyisakan 30 % arang tempurung kelapa. Volatile yang dilepaskan selama proses karbonisasi adalah Metana, CO₂, dan berbagai macam uap organik. Kisaran suhu pembakaran yaitu 400°C sampai 850°C (Nagarajan dkk., 2014).

Untuk mengurangi masalah yang timbul karena terjadi rongga-rongga pada beton, diperlukan material sebagai substitusi semen sehingga mengurangi permasalahan pada beton. Menurut Suhardiyono (1995), komposisi kimia yang dimiliki tempurung kelapa, meliputi : selulose 26,6%, pentosan 27,7%, lignin 29,4%, abu 0,6%, solvent ekstraktif 4,2%, uronat anydrat 3,5%, nitrogen 0,11%, dan air 8%. Penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar bahan tersebut kaya silika amorf dapat digunakan dalam penggantian sebagian semen dalam beton (Utsev dan Taku (2012). Utsev dan Taku (2012) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa sebagian besar abu tempurung kelapa mengandung silika amorf sehingga bisa digunakan sebagai pengganti sebagian semen.

Penelitian yang dilakukan Nagarajan et al. (2014) menunjukkan bahwa kuat tekan rata-rata beton dengan campuran abu tempurung kelapa yang dibakar dengan suhu pembakaran 800°C dengan variasi 0%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% berturut-turut adalah 34,22 MPa; 31,78 MPa; 23,23 MPa; 19,78 Mpa; 16,67 Mpa; dan 13,11 MPa. Sedangkan Usrina et al. (2015) juga melakukan penelitian beton dengan abu tempurung kelapa sebagai substitusi semen dengan persentase 1,5% sampai dengan 15%. Hasil penelitiannya menyatakan bahwa substitusi abu tempurung kelapa yang optimal adalah dengan persentase 1,5% dan 3%. Namun dalam penelitian tersebut tidak ada informasi tentang suhu pembakaran abu tempurung kelapanya. Melihat suhu pembakaran pada penelitian tersebut adalah 800⁰ Celcius pada penelitian yang dilakukan oleh Nagarajan et al. (2014), maka perlu diteliti pula jika abu tempurung kelapa tersebut dibakar dengan suhu yang lebih rendah.

Oleh karena itu akan dilakukan penelitian dengan memanfaatkan limbah tempurung kelapa yang dibakar pada suhu 500⁰ dan 700⁰ Celcius. Abu tempurung kelapa (ATK) tersebut akan digunakan sebagai pengganti semen pada beton. Kemudian dipelajari pengaruhnya terhadap sifat mekanik beton terutama pada sifat mekanik kuat tekan dan modulus elastisitas beton.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan program eksperimental dengan beberapa tahapan yaitu tahap persiapan, tahap pengujian material, tahap pembuatan benda uji dan pengujian beton segar, tahap perawatan benda uji, tahap pengujian benda uji, tahap analisis data.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut.

1. Semen yang dipakai untuk pembuatan beton adalah Semen *Portland Pozzolan Cement* (PPC) yang tersedia dalam kemasan 40 kg. Penggunaan semen berfungsi sebagai pengikat material-material beton lainnya, sehingga menjadi satu adukan beton.
2. Agregat halus yang dipakai dalam penelitian ini berupa pasir yang berasal dari Sungai Progo, Yogyakarta. Sebelum digunakan sebagai campuran adukan beton, sampel pasir terlebih dahulu dilakukan pengujian berupa pemeriksaan gradasi agregat, berat jenis dan penyerapan, kadar lumpur, serta kandungan zat organik.
3. Agregat kasar berupa batu pecah yang digunakan berasal dari daerah Clereng, Kulon Progo, Yogyakarta memiliki diameter ≤ 20 mm. Seperti agregat halus, sebelum digunakan untuk penelitian terlebih dahulu dilakukan pengujian terhadap agregat kasar yang dipakai. Pengujian yang dilakukan pada agregat kasar ini meliputi pemeriksaan gradasi agregat, berat jenis dan penyerapan, serta keausan agregat dengan mesin Los Angeles Abrasion.
4. Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

5. Tempurung Kelapa berasal dari pasar-pasar di Yogyakarta (lihat Gambar 1). Tempurung kelapa yang sudah dibakar dimasukkan ke dalam tungku perapian dengan suhu yang dapat diatur panasnya.
6. Abu Tempurung Kelapa dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Tempurung Kelapa



Gambar 2. Abu Tempurung Kelapa

Benda Uji

Dalam penelitian ini akan dibuat benda uji silinder dengan ukuran 150 mm × 300 mm dengan jumlah benda uji silinder sebanyak 28. Variasi dan jumlah benda uji yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi benda uji

<i>Kode</i>	<i>Kadar Ampas (ATK)</i>	<i>Abu Tebu</i>	<i>Suhu Pembakaran (Derajat Celcius)</i>	<i>Jumlah Benda Uji</i>
BN	0	-		4
Batk-10/500	10	500		4
Batk-10/700	10	700		4
Batk-15/500	15	500		4
Batk-15/700	15	700		4
Batk-20/500	20	500		4
Batk-20/700	20	700		4

Keterangan :

- BN : Beton normal tanpa substitusi abu tempurung kelapa
- Batk-10/500 : Beton dengan substitusi abu tempurung kelapa 10% dan suhu pembakaran 500 derajat
- Batk-10/700 : Beton dengan substitusi abu tempurung kelapa 10% dan suhu pembakaran 700 derajat
- Batk-15/500 : Beton dengan substitusi abu tempurung kelapa 15% dan suhu pembakaran 500 derajat
- Batk-15/700 : Beton dengan substitusi abu tempurung kelapa 15% dan suhu pembakaran 700 derajat
- Batk-20/500 : Beton dengan substitusi abu tempurung kelapa 20% dan suhu pembakaran 500 derajat
- Batk-20/700 : Beton dengan substitusi abu tempurung kelapa 20% dan suhu pembakaran 700 derajat

Pengujian Benda Uji Silinder

Tahap pengujian merupakan tahap pengujian benda uji (silinder) setelah beton berumur 28 hari. Pengujian benda uji dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan beton dan modulus elastisitas beton.

Untuk pengujian kuat tekan beton digunakan alat *Compression Testing Machine* merek ELE. Satu hari sebelum diuji, silinder beton dikeluarkan dari tempat *curing*. Silinder beton terlebih dahulu diukur diameter dan tinggi menggunakan kaliper, serta dilakukan proses *capping* menggunakan cairan belerang yang berguna meratakan permukaan silinder beton. Pemberian atau proses *capping* pada silinder beton bertujuan agar pada saat proses pengujian berlangsung permukaan silinder beton dapat menerima tekanan secara merata. Setelah itu silinder beton dipasang pada *Compression Tasting Machine* dan pengujian kuat tekan dapat dilakukan. Pengujian dihentikan bila silinder beton telah mencapai beban maksimum.

Pengujian modulus elastisitas beton dilakukan pada umur beton mencapai 28 hari dengan menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM) merk *Shimadzu* UMH-30. Silinder beton ditimbang beratnya, kemudian diukur dimensi diameter dan tinggi dengan menggunakan kaliper sebanyak tiga kali. Setelah itu, benda uji dipasang *compressometer* dan diukur nilai P_0 nya, lalu diletakkan pada mesin UTM. Lalu jarum pada *dial* harus menunjukkan angka nol terlebih dahulu agar pengujian modulus elastisitas beton dapat dilakukan. Pengujian dihentikan apabila terjadi retakan pada silinder beton.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Abu Tempurung Kelapa

Untuk mengetahui kandungan abu tempurung kelapa, pengujian dilakukan di BBTCLPP (Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit) Yogyakarta, yang memakan waktu kurang lebih tiga minggu hari kerja. Pengujian abu tempurung kelapa diambil masing-masing beratnya ± 200 gram. Hasil uji kandungan kimia abu tempurung kelapa diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan abu tempurung kelapa

Nomor	Parameter	Satuan	Hasil Uji	
			Batk 500	Batk 700
1	Aluminium (Al)	mg/kg	982,262	6133,605
2	Kalsium (Ca)	mg/kg	9703,141	14558,706
3	Magnesium (Mg)	mg/kg	11263,481	15491,458
4	Kalium (K)	mg/kg	27885	95072
5	Natrium (Na)	mg/kg	61294	424288
6	Silikat (SiO ₂)	%	13,79	12,49
7	Besi (Fe)	mg/kg	5085,413	11135,27
8	Kadar Lemas	%	3,46	3,29

Pengujian Beton Segar

Pengujian beton segar dilakukan dengan *uji slump* yang bertujuan untuk menentukan tingkat kelecakan suatu adukan beton yang berpengaruh pada *workability*. Pengujian dilakukan sebelum adukan dituang ke dalam silinder beton dengan alat kerucut *abrams*.. Nilai slump yang dipakai dalam penelitian ini antara 60-180 mm sesuai perhitungan SNI-03-2834-2000. Hasil uji slump dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Uji slump

Kode	Nilai Slump (mm)
BN	62
Batk 10% 500	71
Batk 15% 500	75
Batk 20% 500	138
Batk 10% 700	65
Batk 15% 700	95
Batk 20% 700	110

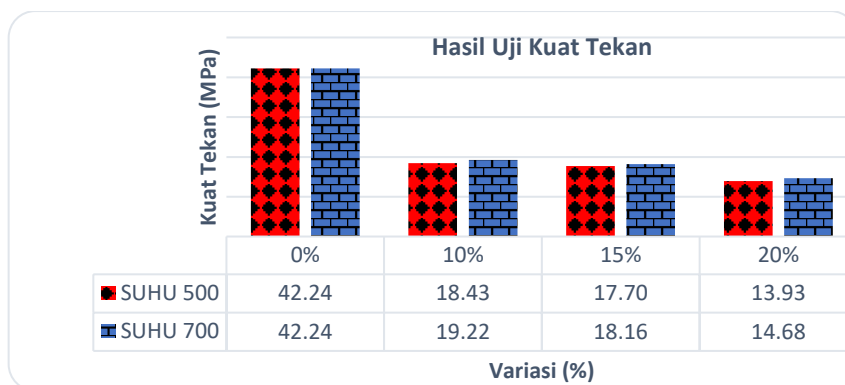
Hasil pengujian *slump* diatas menunjukkan bahwa semakin bertambahnya persentase abu tempurung kelapa yang digunakan dalam campuran beton, maka nilai *slump* semakin besar. Nilai tertinggi didapat oleh variasi Batk 20%-500 dan Batk 20%-700 yaitu 138 dan 110 mm. Hal ini menunjukkan bahwa semakin bertambahnya abu tempurung kelapa, *workabilty* beton semakin memburuk sehingga beton sangat encer dan licin ketika dituang ke dalam silinder beton.

Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Pegujian kuat tekan dilakukan dengan menggunakan mesin CTM merek ELE dan mengikuti SNI 03-1974-1990. Jumlah sampel yang diuji sebanyak 4 benda uji setiap variasi dengan total 28 benda uji. Benda uji yang digunakan untuk pengujian kuat tekan adalah silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Kuat tekan rencana sesuai dengan *mix design* yang telah dibuat adalah 25 MPa. Berikut hasil pengujian kuat tekan silinder beton dapat dilihat pada Tabel 4 dan grafik perbandingan kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 4. Hasil pengujian kuat tekan beton

Kode	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)	Penurunan Terhadap Normal (%)
BN	42,236	-
Batk 10% Suhu 500	18,429	56,367
Batk 15% Suhu 500	17,696	58,103
Batk 20% Suhu 500	13,926	67,029
Batk 10% Suhu 700	19,218	54,500
Batk 15% Suhu 700	18,157	57,011
Batk 20% Suhu 700	14,681	65,240



Gambar 3. Grafik perbandingan kuat tekan rata-rata beton

Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa penambahan abu tempurung kelapa dengan suhu 500° dan 700° menurunkan kuat tekan beton. Beton mengalami penurunan seiring bertambahnya variasi abu tempurung kelapa sebagai substitusi semen. SiO₂ yang terdapat pada Batk 500 sebesar 13,79 % dan Batk 700 sebesar 12,49 %. Tetapi pada Batk 700 kandungan Al, Ca, Mg, K, Na dan Fe lebih banyak sehingga kuat tekan Batk 700 sedikit lebih tinggi dibanding Batk 500.

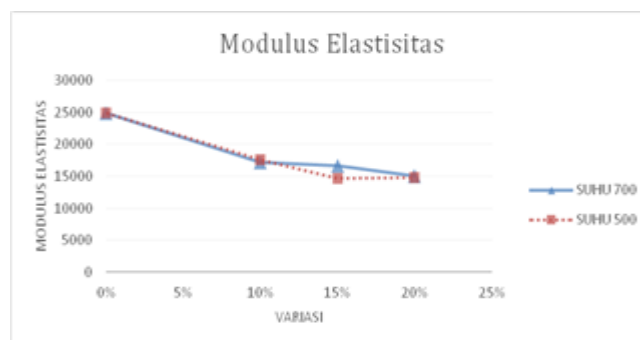
Beton dengan pembakaran abu tempurung kelapa yang dibakar dengan suhu 700° kuat tekannya sedikit lebih tinggi dari pada beton dengan abu tempurung kelapa yg dibakar dengan suhu 500°. Hal ini terjadi karena abu yang dibakar dengan suhu 700° lebih terurai sehingga partikel-partikel abu menjadi kecil serta memperbanyak kandungan-kandungan unsur yang lain. Ruang-ruang yang kosong terisi oleh partikel-partikel karena hidrasi semen yang baik, sehingga pengikatannya menjadi lebih baik.

Pengujian Modulus Elastisitas Beton

Pengujian modulus elastisitas dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Pengujian modulus elastisitas dilakukan dengan menggunakan mesin UTM merek Shimadzu. Jumlah sampel yang diuji sebanyak 3 benda uji setiap variasi dengan total 28 benda uji untuk tujuh variasi. Untuk pengujian modulus benda uji yang digunakan adalah silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Hasil pengujian modulus elastisitas beton dapat dilihat pada Tabel 5 dan grafik perbandingan modulus elastisitas betonnya dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 5. Hasil pengujian modulus elastisitas beton

Kode	Modulus Elastisitas Rata-rata (MPa)	Penurunan Terhadap Beton Normal (%)
BN	24886,57	-
Batk 10% Suhu 500	17627,97	29.167
Batk 15% Suhu 500	14730,53	40.809
Batk 20% Suhu 500	14822,42	40.440
Batk 10% Suhu 700	17168,69	31.012
Batk 15% Suhu 700	16706,01	32.871
Batk 20% Suhu 700	15081,60	39.398



Gambar 4. Grafik perbandingan kuat tekan rata-rata beton

Hasil pengujian modulus elastisitas menunjukkan bahwa penambahan abu tempurung kelapa dengan suhu 500° dan 700° juga menurunkan modulus elastisitas beton. Hal ini sesuai dengan hasil dari pengujian kuat tekan beton bahwa penambahan abu tempurung kelapa dengan suhu 500° dan 700° juga menurunkan kuat tekan beton. Terlihat pula dari Tabel 5 bahwa beton dengan pembakaran abu tempurung kelapa yang dibakar dengan suhu 700° modulus elastisitasnya sedikit lebih tinggi dari pada beton dengan abu tempurung kelapa yang dibakar dengan suhu 500°. Hal ini juga sesuai dengan hasil kuat tekan, dimana beton dengan pembakaran abu tempurung kelapa yang dibakar dengan suhu

700° kuat tekannya juga sedikit lebih tinggi dari pada beton dengan abu tempurung kelapa yg dibakar dengan suhu 500°.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai Studi Pengaruh Kadar Abu Tempurung Kelapa Terhadap Sifat Mekanik Beton ini, dapat ditarik kesimpulan yaitu :

1. Penambahan abu tempurung kelapa dengan suhu 500° dan 700° Celcius menurunkan kuat tekan serta modulus elastisitas beton.
2. Beton dengan abu tempurung kelapa yang dibakar dengan suhu 700° memberikan hasil kuat tekan dan modulus elastisitas yang sedikit lebih tinggi dari beton dengan abu tempurung kelapa yang dibakar dengan suhu 500° Celcius.
3. Semakin banyak kadar abu tempurung kelapa sebagai substitusi semen pada beton dapat mempengaruhi workability, sehingga adonan beton menjadi lebih sulit untuk dikerjakan.
4. Variasi kadar abu tempurung kelapa dan suhu pembakaran paling optimal pada penelitian ini adalah abu tempurung kelapa yang dibakar dengan suhu 700° dan dengan substitusi 10% terhadap berat semen.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Laboratorium Struktur dan Bahan Bangunan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta atas fasilitas yang telah diberikan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jenderal Perkebunan, 2016, *Statistik Perkebunan Indonesia, 2015-2017 Kelapa*, Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian.
- Nagarajan V. K., Devi S. A., Manohari S. P., Santha M.M. (2014). Experimental Study on Partial Replacement of Cement with Coconut Shell Ash in Concrete. *International Journal of Science and Research*, vol. 3, no. 3, pp. 651-661.
- Santosa, B. (2009). Pemanfaatan Abu Serabut Kelapa (ASK) Sebagai Pengganti Semen dengan Bahan Tambah Sikament-LN Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton, *Jurnal Teknik Sipil Universitas Kristen Maranatha*, vol. 5, no. 1, pp 22-39.
- SNI 03-2843-2000. (2000). *Tata Cara Pembuatan Beton Normal*, Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1974-1990. (1990). *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*, Badan Standardisasi Nasional (BSN), Jakarta.
- Subramani T., Anbuvel A. (2016). Experimental Behavior of Reinforced Concrete Beams With Coconut Shell As Coarse Aggregate. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management*, Vol. 5, No. 5, pp. 67-75.
- Suhardiyono L. (1995). *Tanaman Kelapa, Budidaya dan Pemanfaatannya*. Kanisius. Yogyakarta.
- Usrina N., Karolina R., Tarigan J. (2015). Pengaruh Subtitusi Abu Serabut Kelapa (ASK) Dalam Campuran Beton, *Jurnal Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara*. vol. 3, no. 2, pp 1-6
- Utsev, J. T. dan Taku, J. K. (2012). Coconut Shell Ash As Partial Replacement of Ordinary Portland Cement In Concrete Production. *International Journal of Scientific & Technology Research*, Vol. 1, No. 8, pp. 86-89.