

**PROSIDING**

# **KoNTeKS 10**

## **Konferensi Nasional Teknik Sipil 10**

*Menuju Masyarakat Industri Konstruksi  
Berdaya Saing Tinggi  
dan Pembangunan Infrastruktur Berkelanjutan*

**Editor :**  
**Harijanto Setiawan**  
**Ferianto Raharjo**  
**Siswadi**

**Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Atma Jaya Yogyakarta**

PROSIDING

# KoNTekS 10

Konferensi Nasional Teknik Sipil 10

*Menuju Masyarakat Industri Konstruksi  
Berdaya Saing Tinggi  
dan Pembangunan Infrastruktur Berkelanjutan*

ISBN : 978-602-60286-0-0

**Editor :**

Harijanto Setiawan  
Ferianto Raharjo  
Siswadi

**Desain sampul dan Tata letak**

GKM Print

**Penerbit**

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Atma Jaya Yogyakarta

**Redaksi :**

Jl. Babarsari No. 44  
Yogyakarta 55281  
Telp : 0274 - 487711 ext: 2162  
email : tsipil@mail.uajy.ac.id

Cetakan pertama, Oktober 2016

Hak cipta dilindungi undang - undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara  
apapun tanpa ijin

## DAFTAR ISI

|   | halaman |
|---|---------|
| HALAMAN JUDUL .....                                     | i       |
| SAMBUTAN KETUA PANITIA .....                            | iii     |
| SAMBUTAN SEKJEN BMPTTSSI .....                          | v       |
| SAMBUTAN KETUA PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FT UAJY ..... | vii     |
| DAFTAR ISI .....  | ix      |

### **Topik: MATERIAL**

|  |           |  |
|--|-----------|--|
| 014  |           |  |
| <b>PERILAKU TANAH EKSPANSIF YANG DISTABILISASI DENGAN ABU AMPAS<br/>TEBU-LIMBAH KARBIT DAN INKLUSI SERAT POLYESTER .....</b>                           | <b>1</b>  |  |
| <i>John Tri Hatmoko dan Hendra Suryadharna</i>   |           |  |
| 015  |           |  |
| <b>PENGARUH ASPAL MODIFIKASI DENGAN PENAMBAHAN ABU CANGKANG SAWIT<br/>TERHADAP KINERJA CAMPURAN PERKERASAN ASPHALT .....</b>                           | <b>9</b>  |  |
| <i>Elsa Eka Putri, Romi Putra, Frenzy Alvila Rusdi dan Herik Pernanda</i>  |           |  |
| 050  |           |  |
| <b>SIFAT MEKANIK DAN DURABILITAS BETON DENGAN MEMAKAI LIMBAH <i>FLY ASH</i><br/>HASIL REKAYASA SEBAGAI <i>CEMENTITIOUS</i> .....</b>                   | <b>17</b> |  |
| <i>Erwin Rommel, Yusuf Wahyudi dan Dini Kurniawati</i>   |           |  |
| 080  |           |  |
| <b>PEMANFAATAN SERBUK KACA DALAM PEMBUATAN BATAKO .....</b>  | <b>25</b> |  |
| <i>Nursyamsi dan Ivan Indrawan</i>   |           |  |
| 084  |           |  |
| <b>PROGRAM PENGOLAHAN SMOOTHING DATA HASIL UJI LABORATORIUM MATERIAL<br/>DAN ELEMEN STRUKTUR .....</b>   | <b>31</b> |  |
| <i>Kevin Gunawan, Bryan Robby, Hardi Wibowo dan Han Ay Lie</i>   |           |  |
| 096  |           |  |
| <b>PENGARUH KOMPOSISI SERAT <i>POLYPROPYLENE</i> TERHADAP SIFAT MEKANIK BETON .....</b>  | <b>41</b> |  |
| <i>Ade Lisantono dan Mikhael Frederikus Kung</i>   |           |  |
| 128  |           |  |
| <b>PENGARUH CURING AIR LAUT TERHADAP SERAPAN DAN PERMEABILITAS BETON<br/>MUTU TINGGI DENGAN BAHAN TAMBAH ABU SEKAM PADI .....</b>                      | <b>47</b> |  |
| <i>Galuh Chrismaningwang, Achmad Basuki, Kusno Sambowo dan Achsan Nurcholis</i>  |           |  |
| 143  |           |  |
| <b>PENGARUH DURASI DAN SUHU PEMBAKARAN TERHADAP KUAT TEKAN BETON<br/>CAMPURAN CANGKANG KERANG (Dengan Menggunakan Beton K-250 Pada FAS 0,42) .....</b> | <b>53</b> |  |
| <i>Wahyuni dan Keumala Citra Sarina Zein</i>   |           |  |
| 163  |           |  |
| <b>DINDING <i>POLYSTYRENE</i> DENGAN PERKUATAN KAWAT LOKET MENGGUNAKAN<br/>TEKANAN KEMPA 2 MPa .....</b>   | <b>61</b> |  |
| <i>Ade Okvianti Irlan</i>  |           |  |
| 202  |           |  |
| <b>PENENTUAN NILAI STABILITAS MARSHALL DENGAN MENGGUNAKAN ARTIFICIAL<br/>NEURAL NETWORK .....</b>  | <b>71</b> |  |
| <i>Rendi Pratama Siregar, Zulkarnain A. Muis dan Irwan Suranta Sembiring</i>   |           |  |

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 208 | <b>PERENCANAAN CAMPURAN <i>FUNCTIONALLY GRADED CONCRETE</i> (FGC) UNTUK MEMBENTUK BETON GRADASI .....</b>                             | 81  |
|     | <i>Choeririzky Sholikhah, Dita Ratnafuri, Han Ay Lie, Purwanto dan Arif Hidayat</i>   |     |
| 224 | <b>PENGARUH PENGGUNAAN PASIR SILIKA SEBAGAI BAGIAN BAHAN AGREGAT HALUS DALAM CAMPURAN AC-WC TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL .....</b> | 91  |
|     | <i>Harmiyati</i>  |     |
| 238 | <b>GERABAH SEBAGAI AGREGAT KASAR PADA BETON .....</b>   | 101 |
|     | <i>Kane Ligawan dan Angelina Eva Lianasari</i>  |     |
| 249 | <b>EFISIENSI PENAMPANG BALOK BETON DENGAN SANDWICH MUTU MATERIAL .....</b>  | 111 |
|     | <i>Bernardinus Herbudiman dan Yongki Aldino</i>   |     |
| 256 | <b>PENGARUH PENGGUNAAN ABU TERBANG TERHADAP SIFAT MEKANIS <i>REACTIVE POWDER CONCRETE</i> .....</b>                                   | 119 |
|     | <b>Widodo Kushartomo dan Kelvin Tandio</b>  |     |
| 262 | <b>SIFAT MEKANIS BETON AKIBAT PENGARUH STEEL SLAG SEBAGAI BAHAN <i>SUBSTITUSI AGREGAT HALUS</i> .....</b>                             | 127 |
|     | <i>Alex Kurniawandy, Ermiyati dan Rizki Wirma</i>   |     |
| 291 | <b>PERILAKU BETON GEOPOLIMER BERDASARKAN KEHALUSAN FLY ASH .....</b>  | 137 |
|     | <i>Firdaus dan Ishak Yunus</i>  |     |
|     | <b><u>Topik: STRUKTUR</u></b>   |     |
| 018 | <b>PERENCANAAN DAN PELAKSANAAN JEMBATAN PELENGKUNG BETON BERTULANG <i>TYPE LANGER SAMOTA</i> .....</b>                                | 143 |
|     | <i>Sutarja, I Nyoman</i>  |     |
| 019 | <b>PERFORMANCE EVALUATION OF SEMI RIGID STEEL COLUMN BASE CONNECTIONS ON CONCRETE FRAMES USING PUSHOVER ANALYSIS .....</b>            | 149 |
|     | <i>Andy Prabowo</i>   |     |
| 023 | <b>STUDI PENGGUNAAN WIREMESH DAN SCC SEBAGAI MATERIAL RETROFIT TERHADAP KEKUATAN GESER BALOK BETON BERTULANG .....</b>                | 159 |
|     | <i>A. Arwin Amiruddin, Herman Parung dan Riswal K</i>   |     |
| 056 | <b>ANALISA KONSTRUKSI RUMAH TRADISIONAL TORAJA (TONGKONAN) .....</b>  | 167 |
|     | <i>Reni Oktaviani Tarru dan Yusri Limbongallo</i>   |     |
| 068 | <b>GAYA UPLIFT DALAM PERENCANAAN UNDERGROUND RESERVOIR .....</b>  | 185 |
|     | <i>Johannes Tarigan, Simon Dertha dan Philip Amsal Apriano Ginting</i>  |     |

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| 078 | <b>BALOK BETON KOMPOSIT CAMPURAN MORTAR DAN PARTIKEL KAYU DALAM POLA RESPON MEKANIK LENTUR DAN GESER</b> .....                                   | 195 |
|     | <i>Shyama Maricar, Nirmalawati dan Agus Rivani</i>   |     |
| 079 | <b>ANALISIS PERILAKU GESER BALOK KASTELLA KOMPOSIT MORTAR</b> .....  | 201 |
|     | <i>Andina Prima Putri, Iman Satyarno dan Suprpto Siswosukarto</i>  |     |
| 095 | <b>STUDI NUMERIK SAMBUNGAN DENGAN BAUT-GUSSET PLATE PADA STRUKTUR GABLE FRAME TIGA SENDI</b> .....   | 207 |
|     | <i>Pinta Astuti, Martyana Dwi Cahyati dan Hakas Prayuda</i>  |     |
| 108 | <b>KEKUATAN BALOK LENTUR TERSUSUN DENGAN KAYU LOKAL</b> .....  | 213 |
|     | <i>Parang Sabdono, Sukamta, Davied Hamonangan dan Faldy</i>  |     |
| 109 | <b>PERBAIKAN ELEMEN STRUKTUR BALOK BETON BERTULANG AKIBAT KEBAKARAN DENGAN METODE INJEKSI DAN GRAVITASI <i>GROUT</i></b> .....                   | 219 |
|     | <i>Hazairin, Bernardinus Herbudiman dan Egi Nuamsyah Kosasih</i>   |     |
| 134 | <b>FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI <i>BOND STRENGTH</i> STRUKTUR BETON DENGAN SELUBUNG PIPA PADA SISTEM STRUKTUR PRACETAK</b> .....              | 229 |
|     | <i>Ninik Catur E.Y</i>   |     |
| 138 | <b>KAPASITAS DAN DAKTILITAS AKSIAL KOLOM PENAMPANG PIPIH DENGAN TULANGAN TRANSVERSAL DARI <i>GALVANIZED WELDED WIRE FABRIC (G-WWF)</i></b> ..... | 237 |
|     | <i>I Ketut Sudarsana, I GN Oka Saputra dan Putu Ayu Rapita Astri</i>   |     |
| 148 | <b>EVALUASI DAKTILITAS KURVATUR PILAR JEMBATAN BETON BERTULANG</b> .....   | 245 |
|     | <i>Bambang Hadibroto dan Ade Faisal</i>  |     |
| 150 | <b>GRUP TULANGAN DIAGONAL SEBAGAI PERKUATAN DINDING PANEL BETON RINGAN MENGURANGI KEGAGALAN GESER</b> .....                                      | 255 |
|     | <i>Yenny Nurchasanah, Muhammad Ujianto dan Gagah</i>   |     |
| 178 | <b>OPTIMALISASI PEMASANGAN PENGHUBUNG GESER BAUT PADA BALOK BAMBU SUSUN</b> .....  | 263 |
|     | <i>Noverma</i>   |     |
| 182 | <b>PERKUATAN LENTUR BALOK BETON BERTULANG DENGAN <i>FIBER GLASS TIPE WOVEN ROVING</i></b> .....  | 271 |
|     | <i>Johanes Januar Sudjati dan Paulinus Perjuangan Zebua</i>  |     |
| 206 | <b>PENGARUH PERUBAHAN BEBAN GEMPA TERHADAP KINERJA MODEL GEDUNG PERKANTORAN LIMA LANTAI PADA KONDISI TANAH SEDANG DI WILAYAH CILACAP</b> .....   | 277 |
|     | <i>Gathot Heri Sudibyo, Yanuar Haryanto dan Eva Wahyu Indriyati</i>  |     |
| 221 | <b>STUDI GAYA LEDAK ELSTERNAL PADA STRUKTUR BANGUNAN</b> .....   | 285 |
|     | <i>Jack Widjajakusuma dan Eric Christopher</i>   |     |

|                                   |  |     |
|-----------------------------------|--|-----|
| 240                               | <b>ANALISIS KINERJA STRUKTUR BETON BERTULANG DENGAN KOLOM MODIFIKASI YANG DIPERKUAT LAPIS CFRP .....</b>                                 | 293 |
|                                   | <i>Ida Bagus Rai Widiarsa dan Ida Bagus Dharma Giri</i>  |     |
| 241                               | <b>ANALISIS PERKUATAN BALOK BAJA DENGAN MEMPERHITUNGKAN EFEK REDISTRIBUSI MOMEN .....</b>  | 299 |
|                                   | <i>Wiryanto Dewobroto dan Petrus Ricky</i>   |     |
| 243                               | <b>PENGARUH STEEL FIBER TERHADAP KUAT GESER REACTIVE POWDER CONCRETE .....</b>   | 305 |
|                                   | <i>Daniel Christianto, Widodo Kushartomo dan Wiratman Wangsadinata</i>   |     |
| 257                               | <b>KINERJA STRUKTUR GEDUNG BERATURAN SISTEM GANDA BERDASARKAN PERENCANAAN BERBASIS PERPINDAHAN LANGSUNG .....</b>                        | 315 |
|                                   | <i>Raja Parulian Purba, Zulfikar Djauhari dan Reni Suryanita</i>   |     |
| 290                               | <b>KAJIAN PENGARUH PERILAKU TEGANGAN REGANGAN TEKAN BETON YANG DIPERKUAT SERAT SINTETIS TERHADAP PERILAKU MOMEN KURVATUR .....</b>       | 325 |
|                                   | <i>Rosidawani, Iswandi Imran, Saptahari Sugiri dan Ivindra Pane</i>  |     |
| 294                               | <b>APLIKASI <i>INCREMENTAL DYNAMIC ANALYSIS</i> UNTUK PENILAIAN KERENTANAN DAN RESIKO SEISMIK JEMBATAN .....</b>                         | 333 |
|                                   | <i>Niam A. Wibowo, Dean H. Wardana, Mutiara Puspahati C, Senot Sangadji, Edy Purwanto dan S. A. Kristiawan</i>                           |     |
| 295                               | <b>FUNGSI <i>FRAGILITY</i> (KERAPUHAN) SEBAGAI ALAT EVALUASI KINERJA SEISMIK STRUKTUR TIPIKAL JEMBATAN JALAN RAYA BETON .....</b>        | 341 |
|                                   | <i>Enjels N. Tropormera, Agus Trisyanto, Mutiara Puspahati C, Senot Sangadji, Agus Supriyadi dan Supardi</i>                             |     |
| 297                               | <b>PENYEDERHANAAN PERHITUNGAN GAYA GESER DASAR SEISMIK (V) SNI GEMPA 2012 UNTUK TIPIKAL BANGUNAN GEDUNG SEKOLAH DI JAWA TENGAH .....</b> | 349 |
|                                   | <i>Himawan Indarto dan Hanggoro Tri Cahyo Andiyarto</i>  |     |
| 298                               | <b>PREDIKSI RESPONS STRUKTUR BANGUNAN BERDASARKAN SPEKTRA GEMPA INDONESIA MENGGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN .....</b>                    | 359 |
|                                   | <i>Reni Suryanita, Hendra Jingga, Harnedi Maizir dan Enno Yuniarto</i>   |     |
| <b><u>Topik: TRANSPORTASI</u></b> |  |     |
| 012                               | <b>THE RELATIONSHIP AMONG LAND USE PATTERN, SOCIO ECONOMIC FACTORS AND TRAVEL BEHAVIOURS .....</b>                                       | 369 |
|                                   | <i>Dewa Made Priyantha Wedagama</i>  |     |
| 013                               | <b>KAJIAN KELAYAKAN FINANSIAL PENGEMBANGAN ANGKUTAN WISATA DI KOTA DENPASAR .....</b>  | 377 |
|                                   | <i>Putu Alit Suthanaya, Dyah Ayu Lestari</i>   |     |

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 022 | <b>ESTIMASI MATRIK ASAL TUJUAN PERJALANAN DI KOTA SURAKARTA DENGAN MODEL GRAVITY</b> .....  | 385 |
|     | <i>Syafi'i, Slamet Jauhari Legowo dan Lydia Novitriana Nur Hidayati</i>   |     |
| 031 | <b>IDENTIFIKASI KADAR EMISI GAS BUANG CO<sub>2</sub> AKTIVITAS TRANSPORTASI PADA JALAN LINGKUNGAN DI WILAYAH BANDUNG TIMUR</b> .....              | 395 |
|     | <i>Atmy Verani R Sihombing</i>  |     |
| 034 | <b>AKURASI INFORMASI WAKTU PERJALANAN BERDASARKAN PERSEPSI PENGGUNA JALAN (Studi Kasus : Ring Road Utara Surakarta)</b> .....                     | 405 |
|     | <i>Amirotul MH Mahmudah, Dewi Handayani dan Arief Rahman Hakim</i>  |     |
| 058 | <b>STUDI KOMPARASI PENGGUNAAN LIGHT WEIGHT DEFLECTOMETER (LWD) PUSJATAN DAN FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER (FWD) PADA LAPIS PONDASI JALAN</b> ..... | 413 |
|     | <i>Siegfried dan Afrizal Naumar</i>   |     |
| 061 | <b>PERHITUNGAN KEBUTUHAN TEBAL OVERLAY ASPAL MENGGUNAKAN PROGRAM EVERSERIES 5.0 DAN METODE BINA MARGA Pd.T-05-2005-B</b> .....                    | 419 |
|     | <i>Ria Askarina dan Angga Marditama Sultan Sufanir</i>  |     |
| 066 | <b>KELAYAKAN FINANSIAL PEMBANGUNAN GEDUNG PARKIR SEPEDA MOTOR UNIVERSITAS SEBELAS MARET SURAKARTA</b> .....                                       | 427 |
|     | <i>Dewi Handayani, Raden Ajeng Dinasty Purnomoasri dan Slamet Jauhari Legowo</i>  |     |
| 067 | <b>PROBABILITAS PENGGUNA KERETA API CEPAT JAKARTA BANDUNG MENGGUNAKAN MODEL LOGIT BINER</b> .....   | 435 |
|     | <i>Kartika Seinari Manggala dan Dwi Prasetyanto Sudiatmono</i>  |     |
| 070 | <b>WORLDWIDE SLAB TRACK DEVELOPMENT AS CONSIDERATION FOR INDONESIAN SLAB TRACK DESIGN CONCEPT</b> .....   | 441 |
|     | <i>Dian Setiawan M</i>  |     |
| 074 | <b>PENGARUH KONDISI JALAN DESA TERHADAP PEREKONOMIAN WILAYAH</b> .....  | 451 |
|     | <i>Dwi Ardianta Kurniawan</i>   |     |
| 081 | <b>PEMILIHAN MODA TRANSPORTASI KE KAMPUS OLEH MAHASISWA UNIVERSITAS GADJAH MADA</b> .....   | 457 |
|     | <i>Ibnu Fauzi dan Imam Basuki</i>   |     |
| 085 | <b>EVALUASI KINERJA LALU LINTAS JALAN RAYA MAGETAN – MAOSPATI AKIBAT PEMBANGUNAN PABRIK GARMEN SUKOMORO</b> .....                                 | 467 |
|     | <i>Rosyid Kholilur Rohman dan Setiyo Daru Cahyono</i>   |     |
| 087 | <b>KLASIFIKASI KERUSAKAN JALAN RAYA MENGGUNAKAN LEARNING VECTOR QUANTIZATION</b> .....  | 475 |
|     | <i>Setiyo Daru Cahyono dan Pradityo Utomo</i>   |     |

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| 097 | <b>ANALISIS PENGARUH PENYEMPITAN JALAN (<i>BOTTLENECK</i>) TERHADAP TINGKAT PELAYANAN JALAN DENGAN PENDEKATAN SIMULASI MIKRO</b> .....       | 483 |
|     | <i>Tri Sudibyo dan Meiske Widyarti</i>   |     |
| 124 | <b>METODE REDISTRIBUSI PADA SISTEM PENGGUNAAN SEPEDA LISTRIK BERSAMA DI LINGKUNGAN KAMPUS UNIVERSITAS SEBELAS MARET</b> .....                | 491 |
|     | <i>Lydia Novitriana Nur Hidayati, Djumari dan Fajar Sri Handayani</i>  |     |
| 162 | <b>ANALISIS TINGKAT PELAYANAN DAN TINGKAT KEPUASAN TRANSJAKARTA</b> .....  | 499 |
|     | <i>Najid</i>   |     |
| 175 | <b>EVALUASI KINERJA PELAYANAN SHUTTLE BUS INTRANS BINTARO, TANGERANG SELATAN</b> .....   | 507 |
|     | <i>Ferdinand Fassa</i>   |     |
| 177 | <b>AKSES PENUMPANG KRL MENUJU KAMPUS UNIVERSITAS PANCASILA JAKARTA</b> .....   | 517 |
|     | <i>A.R. Indra Tjahjani, Firman Ariesandy, Deffi Putri Arum P, Ilham Haji Nugroho, Mohamad Yudha P, Try G. Daeli dan IndraAdhyapratama</i>    |     |
| 186 | <b>ANALISIS SISTEM MANAJEMEN KESELAMATAN (<i>SAFETY MANAGEMET SYSTEM</i>) DI BANDAR UDARA INTERNASIONAL SULTAN HASANUDDIN MAKASSAR</b> ..... | 523 |
|     | <i>Sudirman Hi. Umar dan Imam Basuki</i>   |     |
| 211 | <b>STUDI PENGELOLAAN SAMPAH KOTA SEMARANG (STUDI KASUS DI TIGA KECAMATAN)</b> ....   | 533 |
|     | <i>Petra Aprilian Bustani, Edward Dion Palma, Djoko Suwarno dan Rudatin Ruktiningsih</i>   |     |
| 230 | <b>THE IMPACT OF MOTORCYCLE DOMINATED MIXED TRAFFIC ON SATURATION FLOW RATE AT SIGNALISED JUNCTIONS</b> .....                                | 541 |
|     | <i>D.M Priyantha Wedagama, I.W Suweda dan I.N Widana Negara</i>  |     |
| 283 | <b>ANALISIS KEBUTUHAN RUANG PARKIR DI KAWASAN PASAR KLANDASAN BALIKPAPAN, KALIMANTAN TIMUR</b> .....   | 547 |
|     | <i>Indra Pramana Putra dan P. Eliza Purnamasari</i>  |     |
| 299 | <b>CAR PARKING EVALUATION : TUGU YOGYAKARTA RAILWAY STATION</b> .....  | 557 |
|     | <i>Okkie Putriani dan P. Eliza Purnamasari</i>   |     |
| 300 | <b>EVALUASI KINERJA ANGKUTAN PENUMPANG JALUR 1 DAN 2 DI KOTA KUPANG NUSA TENGGARA TIMUR</b> .....  | 567 |
|     | <i>JF. Soandrijanie Linggo dan Frederika Putri Manu</i>  |     |
| 301 | <b>EVALUASI KERUSAKAN RUAS JALAN PULAU INDAH, KELAPA LIMA, KUPANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE <i>PAVEMENT CONDITION INDEX</i></b> .....        | 577 |
|     | <i>JF. Soandrijanie Linggo dan Lusianti Ayubiana Dala</i>  |     |



**Topik: GEOTEKNIK**

|     |  |     |
|-----|--|-----|
| 016 | <b>PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS PADA STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN CAMPURAN KAPUR</b> .....   | 587 |
|     | <i>Yetty Saragi, Patar Pasaribu, Johan Simanjuntak</i>   |     |
| 020 | <b>KARAKTERISTIK TANAH ALUVIAL PASANG-SURUT DI MANDOMAI KALIMANTAN TENGAH</b> .....  | 597 |
|     | <i>I Ketut Suwantara, Putu Ratna Suryantini</i>  |     |
| 040 | <b>KAJIAN EFEKTIFITAS PENGGUNAAN SEMEN DAN LIMBAH KARBIT TERHADAP STABILITAS TANAH LEMPUNG DENGAN PENGUJIAN KUAT TEKAN BEBAS (UNCONFINED COMPRESSION TEST)</b> ..... | 607 |
|     | <i>Ika Puji Hastuty, Roesyanto dan Faraditha Yesika</i>  |     |
| 086 | <b>PENENTUAN LEBAR MAKSIMAL PADA PENAMBANGAN BATUAN KAPUR BAWAH PERMUKAAN DI KABUPATEN PAMEKASAN</b> .....   | 615 |
|     | <i>Faisal Estu Yulianto dan Supriadi</i>   |     |
| 098 | <b>PENGGUNAAN SIRTU SEBAGAI BAHAN STABILISASI TANAH LEMPUNG</b> .....  | 621 |
|     | <i>Henrianto Masiku, Marthen L. Paembonan, Parea R R, Efriansi Tangketasik</i>   |     |
| 110 | <b>PENGARUH UKURAN BUTIR TANAH DAN KONDISI PEMADATAN TERHADAP NILAI CBR PADA PENGUJIAN DI LABORATORIUM</b> .....   | 629 |
|     | <i>Aniek Prihatiningsih, Gregorius Sandjaja Sentosa dan Djunaidi Kosasih</i>   |     |
| 120 | <b>KESTABILAN LERENG TERHADAP VARIASI PENEMPATAN DAN PANJANG PERKUATAN SHEET PILE PADA RUAS JALAN BANDA ACEH – CALANG</b> .....                                      | 637 |
|     | <i>Banta Chairullah, Halida Yunita dan Sigit Haryadi</i>   |     |
| 156 | <b>PERILAKU CAMPURAN PASIR DAN TANAH RESIDUAL TROPIS YANG DIPADATKAN AKIBAT PEMBEBANAN AKSIAL TEKAN</b> .....  | 643 |
|     | <i>Christy Anandha Putri dan Erza Rismantojo</i>   |     |
| 168 | <b>KARAKTERISTIK KUAT TEKAN TANAH FERRO LATERIT DENGAN PEMERAMAN SEBAGAI LAPISAN PONDASI JALAN</b> .....   | 653 |
|     | <i>Zubair Saing, Lawalenna Samang, Tri Harianto dan Johannes Patanduk</i>  |     |
| 192 | <b>PEMODELAN PONDASI DANGKAL PADA TANAH LUNAK DENGAN PERKUATAN CERUCUK KAYU DAN BAN BEKAS</b> .....  | 659 |
|     | <i>Sumiyati Gunawan, Vienti Hadsari, Mulyono Alibasah</i>  |     |
| 200 | <b>PENGUJIAN MUTU MATERIAL TIMBUNAN BIASA DAERAH GUNUNG SARIAK SEBAGAI TANAH DASAR JALAN</b> .....   | 667 |
|     | <i>Rina Yuliet, Abdul Hakam dan Febi Adriani</i>   |     |

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 237 | <b>ANALISIS TEKANAN AIR PORI MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA DENGAN PEMODELAN MOHR-COULOMB PADA PLAXIS .....</b>           | 675 |
|     | <b>Undayani Cita Sari, Sri Prabandiyani Retno Wardani, Suharyanto dan Windu Partono</b>                                     |     |
| 247 | <b>A REVIEW OF RESILIENT MODULUS CHARACTERISTICS OF STABILIZED SUBGRADE SOILS .....</b>                                     | 685 |
|     | <i>Dian Hastari Agustina</i>  |     |
| 270 | <b>SIMULASI DAMPAK ALIRAN LUMPUR AKIBAT KEGAGALAN TANGGUL PADA SISI BARAT-SELATAN TANGGUL PENAHAN LUMPUR SIDOARJO .....</b> | 691 |
|     | <i>Fransisca dan Budijanto Widjaja</i>  |     |

## PENGARUH PENGGUNAAN ABU TERBANG TERHADAP SIFAT MEKANIS *REACTIVE POWDER CONCRETE*

Widodo Kushartomo<sup>1</sup>, Kelvin Tandio<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjend. S. Parman no.1 Jakarta 11440  
Email: widodo@untar.ac.id

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjend. S. Parman no.1 Jakarta 11440  
Email: kelvin12untar@gmail.com

### ABSTRAK

Penelitian ini menjelaskan tentang penambahan abu terbang terhadap sifat mekanis *Reactive Powder Concrete* (RPC) dengan teknik perawatan *steam curing*. Jumlah abu terbang yang ditambahkan ke dalam *Reactive Powder Concrete* terhadap massa semen sebesar 5% sampai dengan 40%. Benda uji dibuat dalam bentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm sebanyak 24 silinder dan balok ukuran 10 cm x 10 cm x 40 cm sebanyak 16 balok. Pengujian terhadap benda uji berupa tes kuat tekan silinder dan tes kuat lentur balok. Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan SEM guna mendukung analisis uji tekan yang dilakukan. Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan maksimum yang mampu dicapai sebesar 61,42 MPa dengan kandungan abu terbang sebanyak 15%. Kuat lentur maksimum yang mampu dicapai sebesar 5,23 MPa dengan kandungan 5% abu terbang dan 20% silica fume. Hasil uji *Scanning Electron Microscope* menunjukkan beton yang mengandung 15% abu terbang mengandung banyak C-S-H yang merupakan pertanda terjadinya reaksi pozzolanik pada beton, sedangkan beton dengan kandungan 40% abu terbang mengandung banyak sekali gumpalan berwarna putih yang menunjukkan adanya semen atau abu terbang yang tidak terhidrasi dan tidak ikut bereaksi sehingga hanya berfungsi sebagai filler pada beton.

Kata kunci: *Reactive Powder Concrete*, abu terbang, kuat tekan, kuat lentur.

## 1. PENDAHULUAN

### Latar belakang

Beton merupakan salah satu material penting yang banyak digunakan dalam pembuatan berbagai infrastruktur ditengah semakin pesatnya perkembangan konstruksi di Indonesia. Kebutuhan akan beton semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kebutuhan infrastruktur oleh manusia. Beton sendiri adalah merupakan campuran yang homogen antara semen, air dan agregat. Karakteristik beton adalah mempunyai tegangan hancur tekan yang tinggi serta tegangan hancur tarik yang rendah. (Nawy, 1998).

Beton memiliki beberapa keunggulannya yaitu bahan campurannya mudah didapat secara alami di banyak tempat, mudah diproduksi dan dilaksanakan, mudah dibentuk untuk keperluan aspek struktural maupun arsitektural, memiliki deformasi yang relatif kaku, memiliki ketahanan yang relatif baik terhadap suhu tinggi atau kebakaran, memiliki ketahanan yang baik terhadap abrasi, cukup awet secara jangka panjang terutama pada lingkungan yang tidak korosif, biaya pelaksanaan dan perawatan yang relatif murah.

Seiring perkembangan zaman, para peneliti telah melakukan berbagai penelitian untuk mendapatkan campuran beton dengan kualitas yang baik dan dapat diaplikasikan kedalam konstruksi. Diantaranya adalah pembuatan *Reactive Powder Concrete* (RPC).

*Reactive Powder Concrete* (RPC) adalah beton yang memiliki kekuatan dan keuletan sangat tinggi. RPC merupakan beton tanpa agregat kasar dan tersusun atas semen, silica fume, quartz powder. Ciri khas RPC adalah penggunaan kadar semen sangat tinggi, FAS rendah dan tanpa menggunakan agregat kasar. Penghilangan agregat kasar merupakan kunci untuk mengatur homogenitas antara semen dengan komponen lainnya. Konsep awal RPC pertama kali dikembangkan tahun 1990 oleh peneliti dari laboratorium Boygues Prancis (Widodo, K, 2013).

Meningkatnya penggunaan beton sebagai bahan konstruksi juga diiringi meningkatnya produksi semen sebagai pengikat di dalam beton. Pada saat proses produksi semen berlangsung terjadi emisi gas rumah kaca berupa pelepasan CO<sub>2</sub> ke udara sehingga dapat merusak atmosfer dan lingkungan. Oleh karena harga semen yang relatif mahal dan merusak lingkungan, maka muncul ide untuk mengefisienkan penggunaan semen dengan menggunakan abu terbang sebagai bahan tambahan dalam beton untuk mengurangi penggunaan semen.

Abu terbang adalah bahan limbah dari pembakaran batu bara, yang dikategorikan sebagai limbah B3 (*PP No. 85 tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*). Abu terbang adalah limbah hasil pembakaran batu bara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk halus, bundar, dan bersifat pozzolanic.

Abu terbang merupakan limbah (*by-product*) dari pembakaran batu bara yang memiliki butiran lebih halus daripada semen Portland, yang mempunyai sifat-sifat hidrolik. Pada awalnya abu terbang ini digunakan sebagai penambah semen dengan kadar 5% - 20% dengan maksud untuk menambah plastisitas adukan beton dan menambah kekedapan beton. Karena kehalusan dan bentuk bulat butirannya maka pemakaian abu terbang pada adukan beton dapat menambah kelecakan pada adukan beton. Penggunaan abu terbang 10% - 15% sebagai bahan pengganti semen dapat menambah kekuatan beton (Sebayang, 2006).

Manfaat kinerja abu terbang dalam memberikan sifat mekanik dan ketahanan beton telah diteliti dan didokumentasikan dalam struktur yang sebenarnya. Meningkatkan jumlah abu terbang pada beton bukan tanpa kekurangan. Pada tingkat yang tinggi, masalah mungkin ditemui dengan waktu mengeras yang lama dan penambahan kekuatan yang lambat, yang mengarah kepada timbulnya nilai kuat tekan yang rendah pada umur beton yang rendah dan keterlambatan pada konstruksi. Hal ini dapat terjadi ketika dalam cuaca yang dingin (Thomas, *Portland Cement Association*). Material abu terbang dapat dikategorikan dalam material "*pozzolan*" karena mengandung silica dan alumina serta material *cementious* seperti yang terdapat pada semen, sehingga menjadi aditif yang baik untuk beton.

Oleh karena itu, penelitian ini akan mengkaji lebih dalam mengenai pengaruh penggunaan abu terbang terhadap sifat mekanis dari *Reactive Powder Concrete*.

## Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui volume penggunaan abu terbang untuk menghasilkan kuat tekan dan kuat lentur yang maksimal.

## 2. PROSEDUR PENELITIAN

Untuk mencapai tujuan dari penelitian ini, metode yang digunakan untuk pengumpulan data adalah eksperimental. Pembuatan benda uji, *curing*, menganalisa hasil struktur mikro, dan pengujian kuat tekan dan kuat lentur dikerjakan untuk mengetahui bagaimana pengaruh abu terbang terhadap sifat mekanis *Reactive Powder Concrete*. Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat benda uji berupa semen PCC, *silica fume*, tepung kaca, abu terbang, pasir, air, dan *superplasticizer* dengan rencana campuran seperti pada Tabel 1. *Curing* dilakukan dengan proses perendaman pada air dengan suhu 20°C selama 2 hari dan dilanjutkan dengan penguapan pada suhu 90°C selama 8 jam. Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan *Scanning Elektron Microscope*. Campuran diaduk dengan menggunakan *mixer* berkecepatan 1800 rpm kurang lebih selama 10-15 menit agar penggunaan *superplasticizer* optimal dan adukan menjadi homogen.

Tabel 1. Proporsi campuran benda uji

| Bahan                   | Berat Jenis | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |
|-------------------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Semen                   | 3150        | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    |
| <i>Superplasticizer</i> | 1050        | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| <i>SilicaFume</i>       | 2200        | 0,25 | 0,2  | 0,15 | 0,1  | 0,05 | 0    | 0    |
| Tepung Kaca             | 2579        | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  |
| Abu Terbang             | 2150        | 0    | 0,05 | 0,1  | 0,15 | 0,2  | 0,25 | 0,4  |
| Pasir                   | 2645,7      | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  | 1,1  |
| Air                     | 1000        | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,2  |

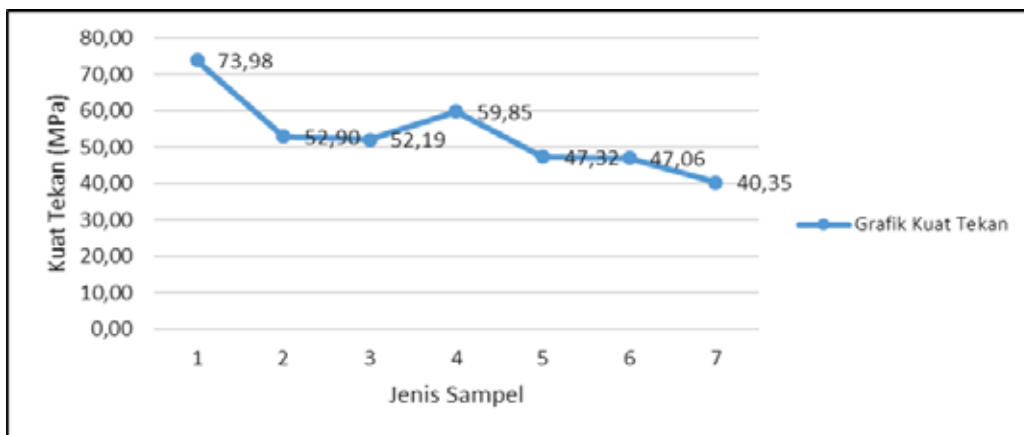
## 3. HASIL DAN ANALISIS

### Analisa hasil uji kuat tekan dan kuat lentur

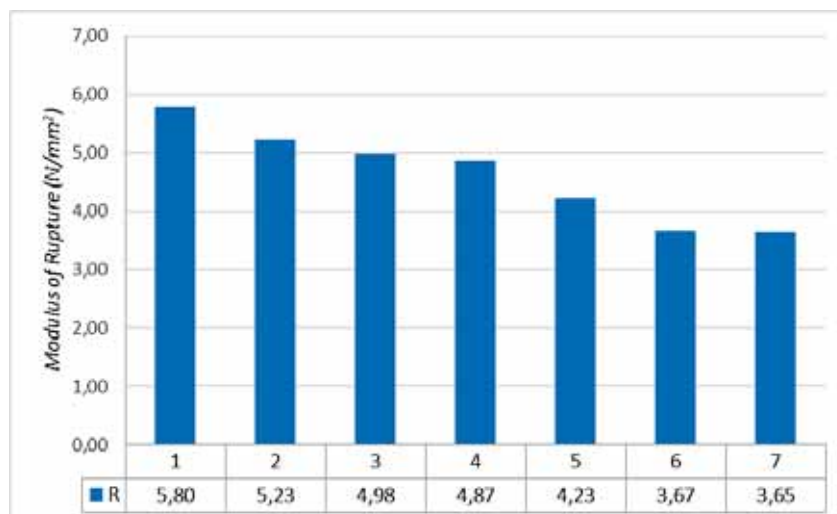
Pada percobaan ini digunakan abu terbang dengan variasi kandungan 5%, 10%, 15%, 20%, 25% dan 40%. Penambahan abu terbang dalam adukan terbukti meningkatkan workabilitas karena bentuk butirannya yang bulat, selain itu juga mampu menurunkan panas hidrasi yang terjadi. Semakin besar kandungan abu terbang yang

ditambahkan dalam beton maka akan mendapatkan hasil kuat tekan akan semakin menurun, tetapi perlu dilihat juga besarnya kandungan optimum akan digunakan untuk didapatkan hasil kuat tekan yang maksimal. Berdasarkan Gambar 1. dapat dilihat bahwa beton yang menggunakan *silica fume* (kadar abu terbang 0%) menghasilkan kuat tekan yang paling maksimum dimana penggunaan abu terbang belum mampu menggantikan *silica fume*. Ini terjadi karena kandungan  $\text{SiO}_2$  pada *silica fume* (sampai 98%) sangat tinggi dibanding abu terbang kelas F (50%), selain itu juga terdapat unsur lain yang bisa mengganggu proses yang terjadi pada CH dan juga proses hidrasi (Biernacki, dkk., 2001).

Kandungan  $\text{SiO}_2$  yang rendah pada Abu Terbang menyebabkan reaksi antara senyawa kalsium hidroksida  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  yang merupakan produk hidrasi semen dengan senyawa silika yang ada pada abu terbang berlangsung lebih sedikit, sehingga terbentuknya kalsium silikat hidrat (C-S-H) menjadi sedikit juga. Sedangkan pada beton dengan kandungan 25% *silica fume* dapat terjadi reaksi *pozzolanic* secara maksimal karena  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  yang terbentuk jumlahnya sama banyaknya dengan kadar  $\text{SiO}_2$  yang terdapat dalam beton tersebut. Seperti yang telah kita ketahui, senyawa C-S-H inilah yang memberikan kekuatan tambahan pada beton dan meningkatkan kuat tekan beton (T. Michael, PCA dan Hongwei Zheng, 2008). Dapat dilihat bahwa penggunaan abu terbang dengan kadar 15% dan *silica fume* 10% memberikan hasil kuat tekan yang paling maksimal dibanding yang lain, yaitu 59,85 Mpa. Penggunaan abu terbang dengan kadar 40% tidak lagi berfungsi sebagai *pozzolan* melainkan hanya berfungsi sebagai pengisi/*filler* dalam campuran beton sehingga hasil kuat tekan yang didapat hanya 40,35 MPa.



Gambar 1. Hasil uji kuat tekan



Gambar 2. Hasil uji kuat lentur

Berdasarkan Gambar 2. terlihat bahwa beton dengan kandungan 25% *silica fume* merupakan yang paling optimum sehingga didapat kuat tekan sebesar 5,8  $\text{N/mm}^2$  dan beton dengan kandungan abu terbang sebesar 40% mencapai kuat lentur yang paling rendah yaitu 3,65  $\text{N/mm}^2$ . Kuat lentur dengan kandungan abu terbang 5% mengalami penurunan kuat lentur sebesar 9,83%, sedangkan kandungan abu terbang 10% mengalami penurunan kuat lentur sebesar 14,14%, kandungan abu terbang 15% penurunan kuat lentur mencapai 16,03%, kandungan abu terbang 20%

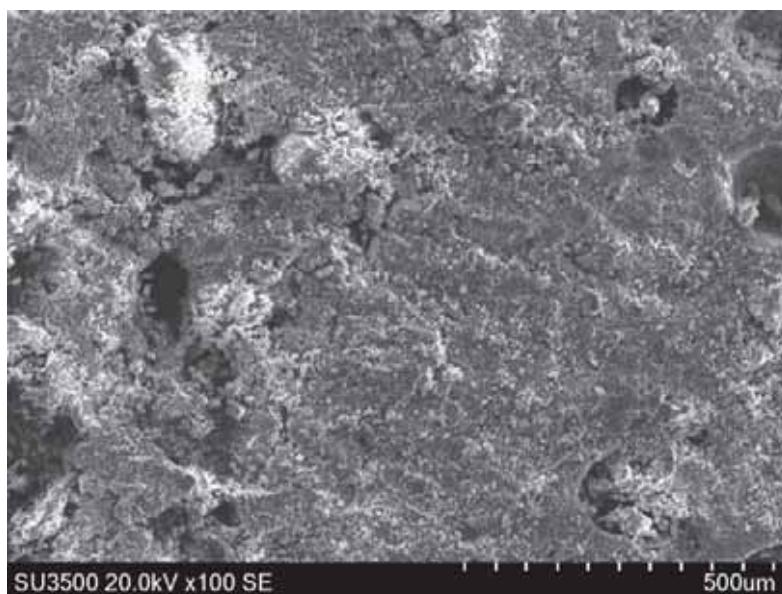
penurunan kuat lentur mencapai 27,07%, kandungan abu terbang 25% penurunan kuat lentur mencapai 36,72%, dan variasi 40% penurunan kuat lentur mencapai 37,07%. Hal ini juga menunjukkan bahwa kolerasi antara kuat tekan dan kuat lentur seperti yang ditetapkan ACI untuk *modulus of rupture* beton normal tidak terjadi pada beton jenis *Reactive Powder Concrete* (RPC).

Selain berbagai faktor yang telah dijelaskan diatas, ada juga beberapa faktor lain yang dapat menyebabkan kuat tekan dan kuat lentur yang dicapai tidak maksimal, antara lain tingginya kadar organis pada pasir, proses pengadukan yang kurang merata dan juga proses *steam curing* yang suhunya tidak stabil. Hal-hal ini didukung oleh pernyataan Richard dan Cheyrezy (1995), yaitu beton jenis RPC harus memperhatikan beberapa aturan sebagai berikut :

1. Meningkatkan homogenitas dengan mengeliminasi penggunaan agregat kasar.
2. Meningkatkan kepadatan dengan mengoptimalkan butiran agregat dalam campuran.
3. Meningkatkan struktur mikro dengan dilakukannya *steam curing*.
4. Menjaga adukan dan prosedur pengecoran sebaik mungkin dengan seringnya mencoba.

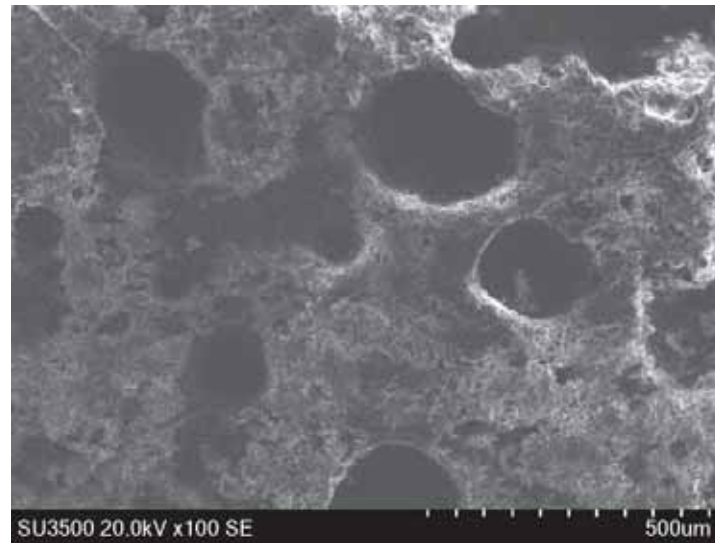
### Analisa hasil uji Scanning Elektron Microscope

Pada penelitian ini telah dilakukan analisa *Scanning Electron Microscope* untuk membantu menganalisa hasil pengujian baik kuat tekan maupun kuat lentur yang didapatkan. Dari hasil pengujian *Scanning Electron Microscope* didapat bahwa sampel beton no 4 dengan kandungan 15% Abu terbang dan 10 % *Silica fume* memiliki permukaan beton yang rongganya lebih sedikit bila dibandingkan dengan sampel beton no 7 dengan kandungan 40 % Abu terbang (dapat dilihat pada Gambar 3. dan Gambar 4.) sehingga sampel no 4 memiliki densitas yang lebih baik bila dibandingkan sampel no 7. Selain itu pada sampel beton no.4 dapat dilihat juga bahwa terjadi reaksi *pozzolanic* yang ditandai dengan banyak terbentuknya C-S-H didalam beton tersebut. Berbeda dengan sampel beton no 7 yang reaksi *pozzolanic*nya berlangsung cukup lambat karena banyak sekali terbentuk gumpalan berwarna putih yang menunjukkan bahwa abu terbang / semen yang tidak terhidrasi dan tidak ikut bereaksi sehingga hanya berfungsi sebagai filler atau pengisi rongga pada beton dan mengganggu reaksi yang telah terbentuk sebelumnya. Hal ini berdampak pada kekuatan beton yang dibentuk juga lebih kecil bila dibandingkan dengan sampel no 4.

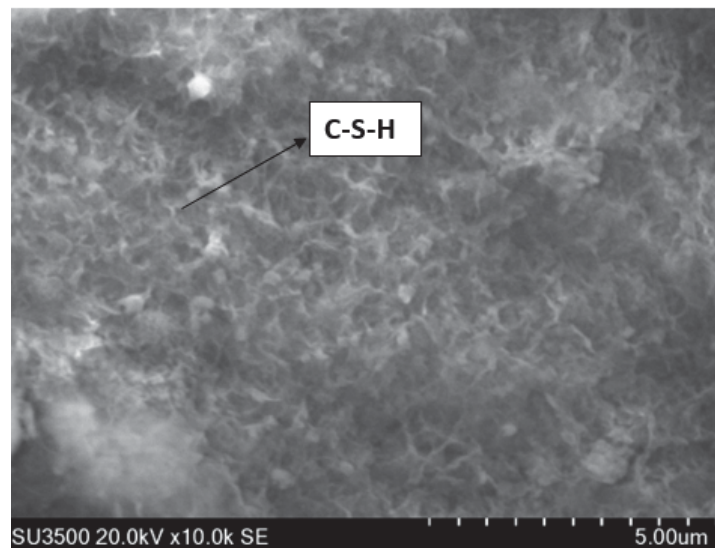


**Gambar 3.** Sampel 4 (15% Abu Terbang dan 10% *Silica fume*) perbesaran 100x

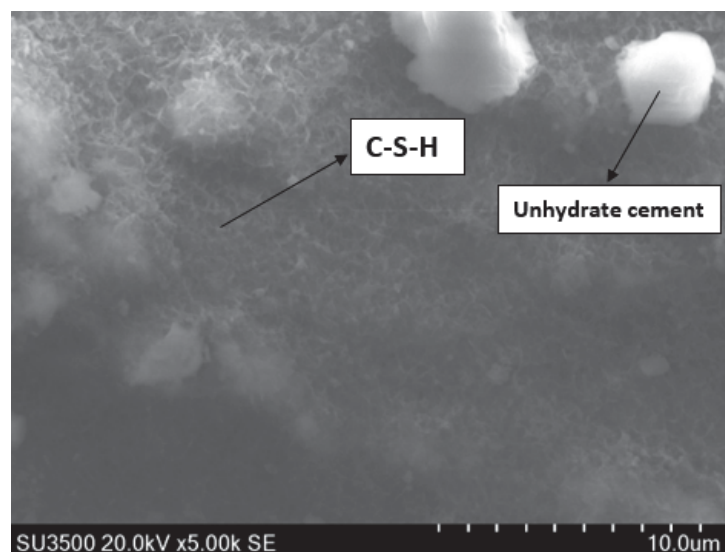




**Gambar 4.** Sampel 7 (40% Abu Terbang) perbesaran 100x



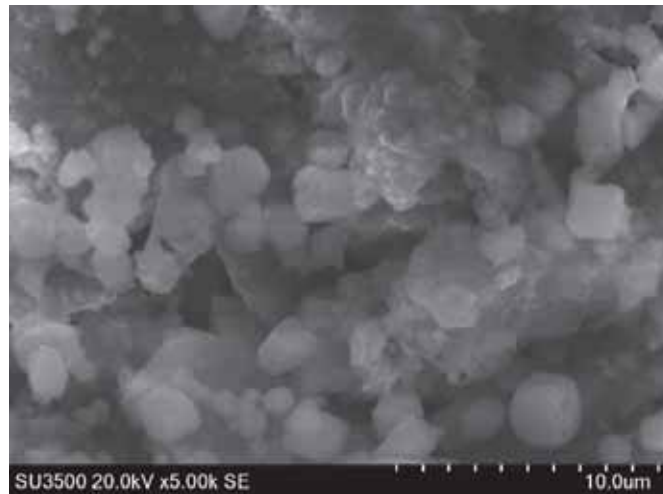
**Gambar 5.** Sampel 4 (15% Abu Terbang dan 10% *Silica fume*) perbesaran 10000x



**Gambar 6.** Sampel 4 (15% Abu Terbang dan 10% *Silica fume*) perbesaran 5000x



**Gambar 7.** Sampel 7 (40% Abu Terbang) perbesaran 3000x



**Gambar 8.** Sampel 7 (40% Abu Terbang) perbesaran 5000x

**Tabel 2.** Point analysis 1

| <b>15% Abu Terbang dan 10 % Silica Fume</b> |                  |
|---|------------------|
| <b>ELEMEN</b>                               | <b>RATA-RATA</b> |
| C   | 16.086           |
| O   | 48.838           |
| Na  | 0.29             |
| Mg  | 0.18             |
| Al  | 1.028            |
| Si  | 22.7             |
| S   | 0.034            |
| K   | 0.148            |
| Ca  | 10.316           |
| Cr  | 0.028            |
| Fe  | 0.222            |
| In  | 0.056            |
| Sn  | 0.074            |



**Tabel 3. Point analysis 2**

| 40% Abu Terbang |           |
|-----------------|-----------|
| ELEMEN          | RATA-RATA |
| C               | 15.866    |
| O               | 50.546    |
| Na              | 0.214     |
| Mg              | 1.784     |
| Al              | 5.356     |
| Si              | 8.23      |
| S               | 0.328     |
| K               | 0.548     |
| Ca              | 13.958    |
| Fe              | 2.934     |
| Ti              | 0.232     |

Berdasarkan hasil *Point Analysis* pada tabel 2 dan tabel 3 dapat dilihat bahwa kandungan Si pada sampel dengan kandungan 15 % abu terbang dan 10 % silica fume (22,7%) lebih besar bila dibandingkan dengan hasil sampel dengan kandungan 40 % abu terbang. (8,23%) yang menunjukkan bahwa reaksi *pozzolanic* terjadi pada sampel no 4. sehingga terbentuklah C-S-H. Pada hasil *Point Analysis* sampel no 4 dengan kandungan 15 % abu terbang dan 10 % silica fume dapat dilihat bahwa unsur Ca pada beton lebih sedikit daripada unsur Si pada beton sehingga memungkinkan bahwa reaksi *pozzolanic* terjadi dengan baik, namun berbeda dengan sampel no 7 dengan kandungan 40 % abu terbang yang unsur Ca-nya lebih besar daripada unsur Si didalam beton tersebut sehingga reaksi *pozzolanic* yang tetap berlangsung, namun terdapat sisa dari unsur Ca yang memungkinkan untuk bereaksi dengan unsur lain seperti sulfat sehingga dapat memperlemah beton.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil pengujian di laboratorium dan analisis data, maka didapatkan kesimpulan antara lain:

1. Penggunaan *silica fume* dalam beton dapat menghasilkan kuat tekan dan kuat lentur yang lebih tinggi daripada abu terbang.
2. Abu terbang dapat berfungsi untuk memperbaiki struktur mikro berdasarkan hasil Uji *Scanning Electron Microscope*.
3. Penggunaan abu terbang hingga 25% berfungsi dalam meningkatkan workabilitas
4. Abu terbang berfungsi dalam mengurangi panas hidrasi.
5. Penggunaan abu terbang belum mampu menggantikan *silica fume* karena kadar SiO<sub>2</sub> pada *silica fume* sangat tinggi daripada kadar abu terbang.
6. Beton dengan kadar *silica fume* 25% memiliki kuat tekan paling tinggi sebesar 73,98 MPa.
7. Kuat tekan yang mampu dicapai sebesar 59,85 MPa untuk kadar optimum abu terbang 15% dan *silica fume* 10%
8. Kuat lentur maksimum yang dapat dicapai sebesar 5,23 MPa dengan kadar abu terbang sebesar 5%.
9. Berdasarkan hasil uji SEM beton dengan kadar abu terbang 15% dan *silica fume* 10% memiliki ikatan C-S-H yang lebih banyak dibandingkan beton dengan kadar abu terbang 40%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Biernacki, Joseph., William, P.J. , and Stutzman, P.E. (2001). "Kinetics of Reaction of Calcium Hydroxide and Fly Ash". *ACI Materials Journal*. Vol. 98 No 4, July-August.
- Hongwei, Zheng. , Zhijuan, Wang. , Jueshi, Qian. , Yuanming. Song. , dan Zhi, Wang. (2008). *Pozzolanic Reaction Kinetics of Coal Ashes*. Chongqing University. Chongqing
- Kushartomo, Widodo. (2013). "Pengaruh Penambahan Quartz Powder pada Reactive Powder Concrete terhadap Terbentuknya Kalsium - Silikat - Hidrat". Universitas Tarumanagara, Jakarta.
- Nawy, E. 1998. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. PT. Refika Aditama, Bandung.
- Richard, P., and Cheyrezy, M. (1995). "Composition of Reactive Powder Concrete". *Cement and Concrete Research*, Vol.25 No.7, pp.1501-1511

- Sebayang, Surya. (2006). "Pengaruh Abu Terbang Sebagai Pengganti Sejumlah Semen Type V Pada Beton Mutu Tinggi". Jurnal Teknik Sipil, Volume 6 No.2 Universitas Atma Jaya. Yogyakarta
- Thomas, Michael. (2007). "Optimizing The Use of Fly Ash in Concrete". University of New Burnswick. Portland Cement Association