



PROSIDING

SEMINAR NASIONAL TEKNIK SIPIL XII-2016

Contribution of Civil Engineering Toward Building Sustainable City

Editor & Reviewer :

Dr.techn. Pujo Aji, S.T. M.T.; Budi Suswanto, S.T. M.T. Ph.D.;
Endah Wahyuni, S.T. M.Sc. Ph.D.; Ir. Ervina Ahyudanari, M.E. Ph.D.;
Dr. Ir. Hitapriya S., M.Eng.; Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc.;
Dr.techn. Umboro Lasminto, S.T. M.Sc.; Ir. I Putu Artama Wiguna, M.T.
Ph.D.;
Tri Joko Wahyu adi, S.T. M.T. Ph.D.; Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc. Ph.D.;
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc. Ph.D.

PROGRAM PASCASARJANA
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER (ITS)
SUKOLILO, SURABAYA, 60111

THE 12TH NATIONAL SEMINAR ON CIVIL ENGINEERING, 2016

Contribution of Civil Engineering Toward Building Sustainable City

This work is copyright. No part may be reproduced by any process without prior written permission from the Editors. Requests and inquiries concerning reproduction and rights should be addressed to Endah Wahyuni, S.T. M.Sc. Ph.D., Post Graduate Program, Faculty of Civil Engineering and Planning, ITS, Surabaya, 60111, Indonesia or email to pasca@ce.its.ac.id.

The intellectual property of each paper included in these proceedings remains vested in the Authors as listed on the papers

Published by :
Post Graduate Program
Civil Engineering Department
Faculty of Civil Engineering and Planning, ITS
SURABAYA, 60111
Phone. : (031) 5928797
Fax : (031) 5929507
Email : pasca@ce.its.ac.id

SEMINAR NASIONAL TEKNIK SIPIL XII-2016

TEMA:

Contribution of Civil Engineering Toward Building Sustainable City

Surabaya, 28 Januari 2016



beyond construction

PT. ADHI KARYA



GEOSISTEM



BRANTAS

BRANTAS ABIPRAYA (Persero)
Jasa Konstruksi

RAMITRA



CONSTRUCTION & INVESTMENT

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**PROGRAM STUDI PASCASARJANA
JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP-ITS
SURABAYA**

Mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya atas dukungan yang diberikan pada penyelenggaraan Seminar Nasional Teknik Sipil XII-2016
28 Januari 2016
Kepada:

**PT ADHI KARYA (PERSERO).Tbk
PT. TEKNINDO GEOSISTEM UNGGUL
PT. BRANTAS ABI PRAYA
PT. PAMITRA JAYA KONSTRUKSI
PT PERUSAHAAN PERUMAHANAN (PP)**

LABORATORIUM MEKANIKA TANAH DAN BATUAN TEKNIK
SIPIL ITS
LABORATORIUM STRUKTUR TEKNIK SIPIL ITS
LABORATORIUM BETON DAN BAHAN BANGUNAN
LABORATORIUM PERHUBUNGAN DAN BAHAN KONSTRUKSI
JALAN
LABORATORIUM KEAIRAN DAN TEKNIK PANTAI
LABORATORIUM MANAJEMEN KONSTRUKSI

**PARA PEMAKALAH DAN PESERTA
YANG TELAH BERPARTISIPASI DALAM SEMINAR INI**

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

ASEAN economic community (Masyarakat Ekonomi ASEAN - MEA) adalah komunitas negara negara ASEAN yang bertekad mewujudkan kawasan ekonomi yang terintegrasi. Sebagai konsekuensinya, setiap anggota MEA memberi peluang pada profesional untuk bermigrasi dari satu negara ke negara lain. Persaingan yang terbuka ini berdampak pada tuntutan peningkatan profesionalitas pelaku ekonomi dan pelaku sektor pendukungnya, tidak terkecuali profesional Indonesia. Sektor pendukung utama ekonomi Indonesia yang masih dapat dioptimalkan adalah sektor pembangunan infrastruktur dan sektor transportasi. Di kedua sektor tersebut tampak jelas ketertinggalan Indonesia dibanding dengan negara ASEAN yang lebih maju, terutama bila dirasakan pada kondisi infrastruktur dan transportasi di kota-kota besar di Indonesia.

Surabaya adalah salah satu kota terbesar ke-dua di Indonesia. Kota Surabaya juga merupakan pusat bisnis, perdagangan, industri, serta pendidikan di Jawa Timur dan kawasan Indonesia bagian timur. Kota Surabaya semakin mengalami perkembangan yang pesat setiap tahunnya, perkembangan tersebut menjadikan Surabaya pusat kawasan perekonomian di Kawasan Indonesia bagian Timur. Kondisi tersebut membuat Surabaya semakin ramai oleh banyak pendatang sehingga menjadikan Kota Surabaya menjadi padat. Akan tetapi, kondisi ini kurang ditunjang oleh kondisi infrastruktur dan transportasi di kota Surabaya.

Semakin padatnya jumlah penduduk di Surabaya menyebabkan semakin tinggi mobilitas penduduk sehingga akan semakin meningkatnya kebutuhan Surabaya akan transportasi. Apabila masing-masing warga di Surabaya menggunakan kendaraan pribadi maka kemacetan jalan tidak dapat dihindari. Surabaya sebagai pusat perekonomian wilayah Indonesia Timur akan segera menanggung dampak nyata yaitu terjadinya kemacetan jalan dimana-mana nantinya. Apabila kondisi ini dibiarkan terus-menerus, maka semakin meningkatnya aktifitas bisnis di Surabaya maka akan mengundang semakin banyak pendatang dan akan menyebabkan semakin padat penduduk serta semakin parah kemacetan yang terjadi di Kota Surabaya.

Melihat kondisi tersebut di atas, Pemerintah Kota Surabaya berupaya untuk melakukan peningkatan transportasi massal berupa *Light Rapid Transport* (LRT) dan monorail. Upaya ini diharapkan dapat menjadi salah satu solusi untuk menghindari kemacetan jalan di Kota Surabaya dimasa yang akan datang. Selain itu, rencana ini juga adalah salah satu upaya untuk mendukung terwujudnya Masyarakat Ekonomi ASEAN.

Sampai saat ini, upaya tersebut masih belum terlaksana dengan optimal. Kendala utama yang dihadapi adalah kurangnya sumber daya finansial dan manusia yang diperlukan untuk mewujudkan transportasi massal tersebut. Selain itu, kondisi Surabaya yang padat penduduk memunculkan banyak kendala khususnya masalah pembebasan lahan. Semua kendala di atas juga mencerminkan rendahnya kesadaran pemerintah kota dan masyarakat tentang perlunya mewujudkan pembangunan di kota-kota besar menjadi pembangunan kota yang berkelanjutan (*sustainable city*).

Insan akademisi di perguruan tinggi di manapun di Indonesia dan di dunia diharapkan dapat berperan memacu terwujudnya *Sustainable city* dalam pembangunan kota Surabaya dalam bentuk sumbangan pemikiran yang inovatif tentang perancangan sarana/sarana transportasi massal. Akademisi dapat pula berperan serta dalam sektor transportasi massal pada perancangan sarana/prasarana pemanfaatan sumber daya berwawasan lingkungan secara optimal.

Mengacu pada tinjauan diatas, maka Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, mengadakan International Conference on Civil Engineering Research (ICCER) tahun 2016 dan Seminar Nasional Teknik Sipil XII (SEMNAS) tahun 2016 dengan tema "*Contribution of Civil Engineering Toward Building Sustainable City*". Seminar ini diadakan pada tanggal 27-28 Januari 2016. Pada Seminar ini terdapat 54 makalah di ICCER dan 51 makalah di SEMNAS, yang meliputi topik Keairan dan Teknik Pantai, Transportasi, Struktur, Manajemen Konstruksi, Geoteknik, dan Manajemen Aset Infrastruktur. Semua makalah telah mengalami proses review oleh tim penilai makalah yang kompeten dibidang masing-masing dengan mengikuti kaidah penulisan makalah bermutu. Makalah tersebut akan dipresentasikan serta didiskusikan secara terbuka. Selain tujuan tersebut diatas, seminar ini bertujuan untuk memberikan sarana bagi dosen, mahasiswa, maupun praktisi dari seluruh penjuru Indonesia menyampaikan konsep, hasil riset, dan pemikirannya.

Atas semua bantuan dan dukungan dari semua pihak, panitia mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya dan akhir kata semoga semua makalah ini bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, 28 Januari 2016

Panitia

SUSUNAN PANITIA

Pelindung	:	Dekan FTSP-ITS Ketua Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS Sekjur I Teknik Sipil FTSP-ITS Sekjur II Teknik Sipil FTSP-ITS
Ketua	:	Prof.Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc.,Ph.D.
Wakil Ketua	:	Endah Wahyuni, ST, M.Sc., Ph.D.
Bendahara	:	Dr.techn.Umboro Lasminto, ST., M.Sc. Debby Lusy F.T.H, SE.
Sekretaris	:	Putu Tantri Kumala Sari, ST.,MT. Danayanti Azmi Dewi Nusantara, ST.,MT.
Sie Dana	:	Budi Rahardjo, ST.MT. Prof.Dr.Ir. Triwulan, DEA. Ir.Faimun, M.Sc.,Ph.D. Ir.Retno Indryani, MS. Ir. Hera Widyastuti, MT., PhD. Prof.Dr.Ir. Nadjadji Anwar, MSc. Tri Joko Wahyu Adi, ST., MT., PhD.
Sie Editor & Reviewer	:	Dr.techn. Pujo Aji, ST., MT. Budi Suswanto, ST., MT., PhD. Endah Wahyuni, ST., MSc., PhD. Ir. Ervina Ahyudanari, ME., PhD. Dr.Ir. Hitapriya Suprajitno, M.Eng. Dr.Ir. Wasis Wardoyo,M.Sc. Dr.techn. Umboro Lasminto, ST., MSc. Ir. Putu Artama Wiguna, MT., PhD. Tri Joko Wahyu Adi, ST., MT., PhD. Prof.Ir. Noor Endah, MSc., PhD. Prof.Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc., PhD.
Sie Naskah	:	Ir. Wahyu Herijanto, MT. Moch. Bagus Anshori, ST., MT. Cahyono Bintang Nurcahyo, ST., MT. Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT. Dwi Prasetya, ST., MT., MSc.
Sie Publikasi & Dokumentasi	:	Istiar, ST.,MT. Dimas W.L. Pamungkas, S.Kom.
Sie Konsumsi	:	Ir. Hera Widyastuti, MT., PhD. Endang Trismiati, Amd. Ria Wardani
Sie Persidangan	:	Dr.Ir. Edijatno, DEA. Yusroniya Eka Putri, ST., MT.
Sie Perlengkapan	:	Agus Sumanto Samudji Djunarko
Sie Transportasi / Akomodasi	:	Catur Arif P.,ST.,M.Eng. A.A.Gde Kartika.,ST.,M.Sc. Fauzi Suroto
Kesekretariatan & Pembantu Umum	:	Cahya Buana, ST., MT. Susanti.,ST. Prita Indira, ST. Robin Wisang Adji Rasmana

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	VII
SUSUNAN PANITIA	IX
DAFTAR ISI	XI

MANAJEMEN PROYEK KONSTRUKSI

ANALISIS TINGKAT PEMAHAMAN PEKERJA TERHADAP PROGRAM KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3) DI PROYEK KONSTRUKSI	2
---	---

Anton Soekiman dan Nurchita Utami Putri²

REVIEW REGULASI DAN KEBIJAKAN SISTEM MANAJEMEN KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (SMK3) DI INDONESIA.....	12
--	----

Yusuf Latief¹, Firdaus Ali², Akhmad Suraji³, Rosmariyani Arifuddin⁴, Yelna Yustiary⁵

ANALISIS GAYA MANAJER PROYEK DALAM BERNEGOSIASI (STUDI KASUS: METODE NEGOSIASI UNTUK KELANCARAN PELAKSANAAN PEKERJAAN PROYEK BANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT TINGGI DI SURABAYA).....	25
---	----

Happy Silvana Anggraeni¹

IDENTIFIKASI RISIKO PROYEK EPC BANGUNAN ANJUNGAN LEPAS PANTAI DI LAUT JAWA	35
---	----

Manlian Ronald. A. Simanjuntak dan Rajiv

MODEL PENGAMBILAN KEPUTUSAN PENENTUAN BESARAN MARK UP HARGA PENAWARAN PADA LELANG PROYEK KONSTRUKSI.....	47
---	----

Cahyono Bintang Nurcahyo¹, Christiono Utomo², dan Qurrotus Sofiyah³

PEMODELAN KERJASAMA SUBKONTRAKTOR – KONTRAKTOR DENGAN PENDEKATAN FUZZY GAME THEORY.....	58
--	----

Hardian Dwi Susanto

MODEL PREDIKSI KESEHATAN STRUKTUR JEMBATAN BERBASIS JARINGAN BAYESIAN	68
--	----

Agung Budi Broto¹ dan Tri Joko Wahyuadi²

ANALISIS PENYEBAB RISIKO SISTEM PROTEKSI KEBAKARAN PASIF ARSITEKTONIS BANGUNAN GEDUNG MIX USED DI LIPPO KARAWACI	79
---	----

Manlian Ronald. A. Simanjuntak¹ dan Leonardus Agung

MANAJEMEN ASET INFRASTRUKTUR

ANALISIS PENGGUNAAN LAHAN TERTINGGI DAN TERBAIK PADA LAHAN ASET DITJEN PENATAAN RUANG KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DI JALAN KRAMAT 1 KEBAYORAN LAMA JAKARTA SELATAN	92
--	----

Achmad Syafii¹, I Putu Artama Wiguna²

**PERSEPSI INSINYUR TENTANG KELAYAKAN INFRASTRUKTUR DI
KALIMANTAN TIMUR 108**

Peter F Kaming¹, Ferianto Raharjo², Jessi Wan³

**ANALISIS POLA PERGERAKAN ANTAR ZONA KABUPATEN/ KOTA
MENGUNAKAN DATA TELEPON SELULER (STUDI KASUS: PROVINSI
BALI) 121**

Revy Safitri¹

**STRATEGI PENGELOLAAN ASET BALAI PELATIHAN KONSTRUKSI DAN
PERALATAN JAKARTA UNTUK OPTIMALISASI PELAYANAN PUBLIK 129**

Boma Rizkiko¹, Hitapriya Suprayitno², Putu Artama Wiguna²

**EVALUASI PEMENUHAN KEBUTUHAN RUMAH SEDERHANA UNTUK
MASYARAKAT BERPENDHASILAN RENDAH 137**

Slamet Warsito¹ dan Jati Utomo Dwi Hatmoko²

**FAKTOR PENYEBAB KETERLAMBATAN PELAKSANAAN PROYEK-
PROYEK INFRASTRUKTUR PINJAMAN LUAR NEGERI..... 145**

Ayu Hasyiyati dan Tri Joko Wahyu Adi²

**IDENTIFIKASI KERUSAKAN ASET IRIGASI TINGKAT SALURAN TERSIER
PADA DAERAH IRIGASI BISSUA BERBASIS SISTEM INFORMASI
GEOGRAFIS (SIG)..... 154**

Abdul Rivai Suleman¹

MANAJEMEN REKAYASA TRANSPORTASI

**ANALISIS MODEL KARAKTERISTIK LALU LINTAS PERLINTASAN
SEBIDANG JALAN RAYA DENGAN REL KERETA API (STUDI KASUS :
JALAN URIP SUMOHARJO WAY HALIM BANDAR LAMPUNG) 164**

Weka Indra Dharmawan¹ dan Tirta Jurizal²

**OPTIMALISASI SIMPANG MOH. HATTA – JENDRAL SUDIRMAN – CUT
NYAK DIEN KOTA PALU 180**

Rahmatang Rahman 1), Taslim Bahar 2), Mashuri 3)

STUDI PENERAPAN SISTEM JALAN SATU ARAH DI KOTA PALU 194

Ratnasari Ramlan¹

**PENGARUH KLORIDA TERHADAP KUALITAS ASPAL EMULSI YANG
MENGUNAKAN EKSTRAKSI ASPAL BUTON ALAM 201**

Israil¹, M.W. Tjaronge², Nur Ali³, dan Rudy Djamaluddin⁴

**PERBANDINGAN NILAI DEFLEKSI DAN REGANGAN HASIL ANALISIS
SOFTWARE EVERSTRESSFE TERHADAP HASIL PENGUJIAN
LABORATORIUM MULTILAYER ASPAL PAVEMENT 210**

Firdaus Chairuddin

**PERILAKU TEGANGAN DAN REGANGAN PERKERASAN PORUS BUTON
GRANULAR ASPAL AKIBAT PENUAAN BUATAN DI LABORATORIUM . 221**

Mohammad Rizal M. Wihardi Tjaronge² Nur Ali³ Taslim Bahar⁴

**FAKTOR-FAKTOR KINERJA GREEN TERMINAL FAKTOR MALANG
YANG BERKELANJUTAN DAN RAMAH LINGKUNGAN 231**

Agung Sedayu¹

**A BASIC FRAMEWORK FOR REGARDING A TRANSPORTATION SYSTEM
..... 240**

Hitapriya Suprayitno¹

TATA KOTA

**KAJIAN EFEKTIVITAS PEMANFAATAN TERMINAL WAWOTOBI
KABUPATEN KONAWE DITINJAU DARI DAMPAK PENGELOLAAN 251**

Rudi Azis dan Asrul²

**PERENCANAAN KORIDOR WISATA BAHARI BERBASIS POTENSI DAN
AKSESIBILITAS KAWASAN PERKOTAAN DI KABUPATEN BUTON UTARA
..... 261**

Tiqa Resky Hado¹

MANAJEMEN REKAYASA SUMBER AIR

**ANALISA KARAKTERISTIK CURAH HUJAN DI KOTA BANDAR LAMPUNG
..... 272**

Susilowati¹ dan Ilyas Sadad²

**EVALUASI SEBARAN STASIUN HUJAN MELALUI RASIONALISASI
METODE KAGAN PADA DAERAH ALIRAN SUNGAI-SUNGAI BESAR
KABUPATEN BANYUWANGI 284**

Zulis Erwanto¹, Yuni Ulfiyati², Dadang Dwi P.³, dan Siti Hadiyati⁴

**SEDIMENTASI PADA SUNGAI DAN LAHAN BENDUNG SESAOT
KABUPATEN LOMBOK BARAT 296**

I.B. Giri Putra¹, Yusron Saadi², Agus Suroso³

**PENGARUH LUBANG RESAPAN TERHADAP LAJU INFILTRASI AIR
HUJAN DENGAN METODE HORTON 305**

Bismi Annisa

**ANALISA DAN PEMETAAN KONSENTRASI KHLOROFIL DI PERAIRAN
PANTAI UTARA GRESIK BERBASIS NILAI PH, SALINITAS DAN
TEMPERATUR PERMUKAAN LAUT 314**

Hendrata Wibisana¹

**MODEL PENATAAN RUANG KAWASAN DAS BERBASIS KONSERVASI
(STUDI KASUS DAS BANGO KOTA MALANG) 321**

Warsito¹, Azizah Rachmawati²

**PEMETAAN DAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR DI KOTA
TASIKMALAYA DENGAN SISTEM DATABASE BERBASIS GIS 334**

Yusep Ramdani¹ dan Empung²

LINGKUNGAN

PENGARUH VARIASI SUSUNAN KOMBINASI ARANG AKTIF CANGKANG KELAPA SAWIT DAN TATAL KAYU TERHADAP KEMAMPUAN PENURUANAN KADAR SALINITAS, KESADAHAN, DAN TDS PADA SUMUR GALI..... 346

Natalina¹ dan Agus Suyanti²

KAJIAN PENYUSUNAN UKL DAN UPL PADA PROYEK PEMBANGUNAN BENDUNGAN LAMBUK TABANAN.....355

I Made Tapa Yasa¹, I Made Anom Santiana², I Made Sastra Wibawa³, I Wayan Suasira⁴

REKAYASA STRUKTUR

ANALISA TEKNIS DAN EFISIENSI WAKTU STRUKTUR SLAB ON PILE DENGAN MENGGUNAKAN METODE PRECAST HALF-SLAB (STUDI KASUS PEMBANGUNAN JEMBATAN PERAWANG)..... 363

Mahadi Kurniawan¹

STUDI EKSPERIMEN SERANGAN SULFAT PADA MATERIAL BERBAHAN SEMEN DAN PEMODELAN MEKANISME PEMBENGKAKAN..... 376

Ahmad Basshofi Habieb dan Endah Wahyuni²

PENGEMBANGAN PERANGKAT KERAS PENUNJANG SOFTWARE STRUCTURAL HEALTH MONITORING SYSTEM (SHMS) BERBASIS SHORT MESSAGE SERVICE..... 386

Junaidi Abduloh¹ dan Data Iranata²

OPTIMASI STRUKTUR JACKET PLATFORM DENGAN KENDALA KEHANDALAN TERHADAP FATIGUE PADA JOINT MENGGUNAKAN METODE GENETIC ALGORITHM (GA) 396

Augusta Adha¹

TEKNOLOGI BETON DAN BAHAN

PENGARUH PENAMBAHAN BUBUK CANGKANG TELUR SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN PADA BATAKO 405

Lilis Indrianidan Desy Triana²

PEMANFAATAN LIMBAH KARET SEBAGAI UNSUR TAMBAHAN PADA PEMBUATAN PAPAN TERHADAP DAYA SERAP AIR 415

Devi Oktarina¹ dan Eryani Natalia²

PERANAN DIAMETER MAKSIMUM AGREGAT TERHADAP KINERJA FRAKTUR BETON NORMAL POLA BUKAAN TARIK TUNGGAL 419

Agnes H. Patty dan Wahiddin²

PRILAKU LENTUR BALOK BETON BERTULANG STYROGRAVEL 427

Soerjandani PM, Utari Khatulistini² dan Andaryati³

**KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON RINGAN DARI ALWA
DENGAN PENAMBAHAN SERAT KARPET 434**

Yanuar Haryanto¹ dan Gathot Heri Sudibyo²

GEOTEKNIK

**PERILAKU KERUNTUHAN TANAH JENUH YANG MENGALAMI
TEGANGAN AIR PORI NEGATIF PADA TANAH TERGANGGU 443**

Paksitya Purnama Putra, Indarto², dan M. Farid Ma'ruf³

**PERBANDINGAN HASIL UJI LABORATORIUM SPECIFIC SURFACE AREA
TANAH BERBUTIR HALUS DENGAN METODE DOLINAR DAN SKRABL 453**

Budijanto Widjaja dan Claudia Benadette Inkiriwang²

**KUAT GESER DAN MODULUS TERKEKANG PADA TANAH KARANG
MUKTI DAN BENTONITE YANG DIKOMPAKSI 459**

Budijanto Widjaja¹ dan Syenite Geolafenzi Andra²

**PENGARUH KONTAMINASI LOGAM BERAT PADA SEDIMEN HASIL
PEKERJAAN Pengerukan SEBAGAI MATERIAL BARU DALAM
PEKERJAAN PEMBANGUNAN JALAN. 468**

Ernesto Silitonga

**PEMETAAN KAPASITAS DUKUNG TANAH BERDASARKAN DATA
SONDIR DI WILAYAH KABUPATEN BONE BOLANGO PROVINSI
GORONTALO 479**

Hardianto Suman, Fadly Achmad² dan Marike Machmud³

**STABILITAS TIMBUNAN RUNWAY BANDAR UDARA BARU TANA-
TORAJA SULAWESI 489**

Musta'in Arif, Yudhi Lastiasih² dan Herman Wahyudi³

**PENGARUH BENTUK PENAMPANG TIANG TERHADAP JUMLAH TIANG
DALAM GRUP PILE UNTUK PERENCANAAN PONDASI PADA TANAH
LEMPUNG BERDASAR DATA CPT SURABAYA 498**

Isnaniati¹

**STUDI PENGARUH KONSTRUKSI TUNNEL PADA PENURUNAN
PERMUKAAN TANAH (STUDI KASUS TUNNEL MRT, DUKUH ATAS,
JAKARTA) 508**

Turyadi¹ dan Rahardjo P. P²

PERANAN DIAMETER MAKSIMUM AGREGAT TERHADAP KINERJA FRAKTUR BETON NORMAL POLA BUKAAN TARIK TUNGGAL

Agnes H. Patty³ dan Wahiddin²

¹Politeknik Negeri Malang, email: agneshpatty@gmail.com

²Kandidat Doktor, Univ Brawijaya, email: wahiddin.polinema@gmail.com

ABSTRAK

Beton dapat dipandang sebagai material yang terdiri atas dua komponen utama yaitu matriks dan agregat, yang terikat satu sama lainnya melalui lekatan atau traksi. Pada tahap beban kerja yang bersifat linier, kekompakan beton sangat ditentukan oleh kerja komposit diantara keduanya, namun di tahap nonlinier yaitu sesudah beban statik maksimum dicapai, kekompakan keduanya ditentukan oleh kinerja fraktur. Inti permasalahan yang ingin diangkat pada penelitian ini adalah studi terhadap pengaruh diameter maksimum 'da' agregat (keras, kaku, dan angular) terhadap kinerja fraktur; energi dan panjang fraktur. Mengacu pada RILEM: "Fracture Mechanics Test Methods for Concrete", uji fraktur dilakukan terhadap tiga kelompok benda uji berupa *geometrically similar beams* yang terbuat dari beton normal polos dengan kuat rencana 35 MPa. Kelompok benda uji yang pertama menggunakan *da* 10 mm, gradasi seragam, kelompok ke-2 menggunakan *da* 20 mm, juga gradasi seragam, dan kelompok yang ke-3 menggunakan agregat campuran 10 mm, dan 20 mm, dengan *da* 40 mm. Dengan mengaplikasikan *size effect law*, diperoleh energi fraktur 33.626 N/m dengan panjang zona fraktur 37.0874 mm untuk *da* 10 mm, energy fraktur 35.805 N/m dengan panjang zona fraktur 41.890 mm untuk *da* 20 mm, dan, energy fraktur 37.256 N/m dengan panjang zona fraktur 44.999 mm untuk gradasi campuran 10 mm dan 20 mm dengan *da* 40 mm. Terlihat bahwa pada material dengan butiran *da* 10 mm membutuhkan energi untuk separasi lebih kecil dari yang dibutuhkan oleh material dengan butiran *da* 20 mm dan *da* 40 mm, karena butiran kecil cenderung lebih homogen dan bersifat monolitik. Sebaliknya, pada butiran yang relatif besar dan beragam, material semakin heterogen, dan sebagian sifat monolitik direduksi oleh aksi komposit akibat *bridging*, karenanya terjadi peningkatan baik pada energi fraktur, juga pada panjang zona fraktur.

Kata kunci: diameter maksimum, energi fraktur, panjang fraktur, *size effect*

1. PENDAHULUAN

Beton digolongkan sebagai material diskrit yang terdiri atas dua komponen utama yaitu agregat sebagai pengisi (*filler*) dan matriks sebagai pengikat (*binder*); keduanya terhubung melalui *interface zone*. Dipandang dari sudut mekanika fraktur, *interface zone* yang dikondisikan secara signifikan oleh karakteristik agregat (permukaan, kekakuan/kekerasan, angulirutas, geometri, dls), berdampak terhadap traksi sebagai media laju pelepasan energi regangan atau yang dikenal sebagai *fracture energy*. Shah [1] memformulasikan 'keruntuhan' sebagai laju pelepasan energi regangan bagi material beton yang kuasi-regas yaitu

$$G_q = G_{Ic} + G_\sigma \quad (1)$$

dimana: G_q = laju pelepasan energi regangan *mode I* untuk material kuasi-regas
 G_{Ic} = laju pelepasan energi regangan kritis *mode I* untuk material elastik
 G_σ = laju pelepasan energy regangan karena *closing pressure* / traksi

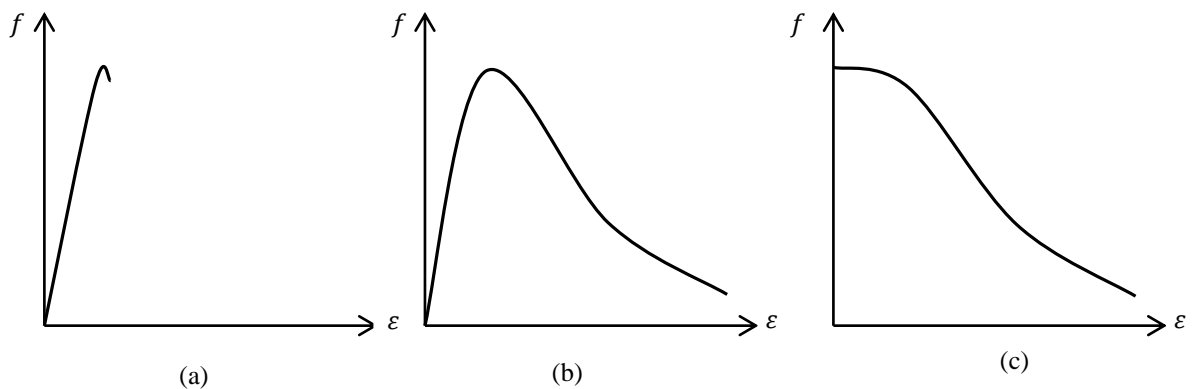
Pada kasus material elastik linier (getas), pers.1 menjadi

$$G_q = G_{Ic} \quad (2)$$

sedangkan

$$G_q = G_\sigma \quad (3)$$

untuk material daktail. Fenomena ini ditunjukkan berturut-turut pada Gambar 1a, 1b, dan 1c, dalam bentuk diagram beban-deformasi untuk elastik linier, kuasi-regas, dan daktail.



Gambar 1. Pola keruntuhan material beton untuk kriteria fraktur:

a) getas, b) kuasi regas c) daktail

Penelitian terhadap n
 meningkatkan kinerja pasca puncak, dimana ketahanan getas secara bertahap-tahap diarahkan ke
 keruntuhan yg lebih daktail atau kuasi regas.

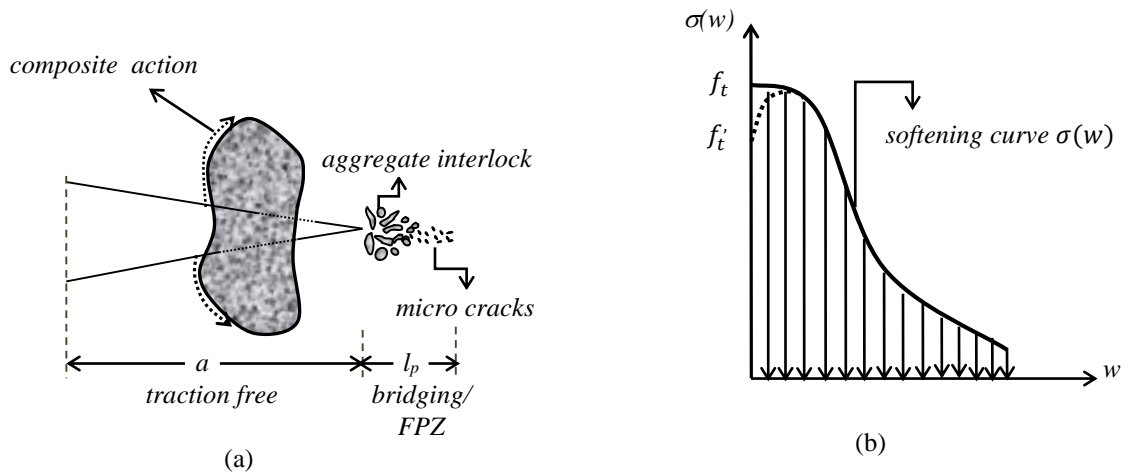
2. STUDI PUSTAKA

Agregat vs Parameter Fraktur

Aksi komposit sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 2.a, dimungkinkan terjadi karena adanya traksi antara agregat dengan matriks. Mekanisme ini berpotensi membentuk *bridging zone* yang menghasilkan proses perambatan retak secara gradual berupa kurva perlambatan (*softening curve*) $\sigma(w)$ seperti ditunjukkan pada Gambar 2.b. Ketegaran (*toughness*) didefinisikan sebagai luas daerah dibawah kurva perlambatan ini yang secara umum dinyatakan sebagai

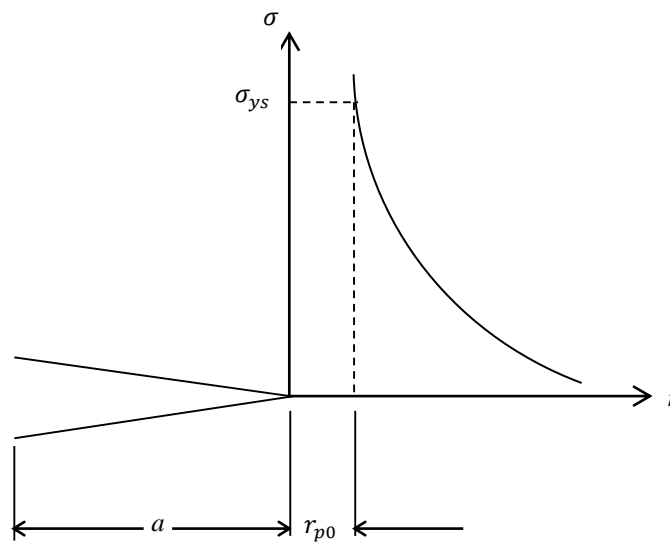
$$G_f = \int \sigma(w) dw \quad (4)$$

dimana $\sigma(w)$ adalah fungsi perlambatan retak yang dikembangkan oleh traksi (*cohesive pressure*), dan w adalah deformasi bukaan retak [2]. Persamaan ini analog dengan pers. 3, dan model ini dikenal sebagai *cohesive crack*, dimana energi fraktur didominasi oleh traksi yang dibangkitkan oleh agregat melalui lekatannya dengan matriks.



Gambar 2 Mekanisme perambatan retak
 a) Zona proses fraktur
 b) Kurva perlambatan retak

Kurva perlambatan retak $\sigma(w)$ secara matematis disajikan dalam beberapa bentuk dasar, yaitu, *linier* [3][4], *bilinier* [5][6][7], *trilinier* [8], *exponensial* [9], dan *power function* [10]. Dengan mengaplikasikan prinsip *singularitas* pada model retak kohesif (asumsi retak mikro di ujung retak sangat kecil, dan solid), tegangan leleh beton σ_{ys} sekaligus panjang zona fraktur (zona leleh) r_{p0} secara numerik dapat ditentukan [11].



Bila retak mikro cukup sol... Gambar 3 Panjang zona fraktur di ujung retak aktual... tap σ_{ys} . Selanjutnya dikenal panjang zona fraktur... cenderung plastis di ujung retak (*crack-tip*), dim... tegangan mencapai tegangan leleh. [Shah (1995), Bannantine et.al (1990)]^{[1][12]} memformulasikan panjang zona ini sebagai

$$r_{p0} = \frac{K_I^2}{2\pi\sigma_{ys}^2} = \frac{a}{2} \left(\frac{\sigma}{\sigma_{ys}} \right)^2 \quad (5)$$

dimana $K_I = \sqrt{EG_I}$, E adalah modulus elastisitas, dan σ adalah tegangan normal nominal.

Size Effect

Zona fraktur di ujung retak pada material beton dengan keruntuhan kuasi-regas relatif besar, heterogen dengan mekanisme yang sangat kompleks; *crack shielding*, *crack deflection*, *aggregate bridging*, *crack surface roughness-induced closure*, *crack-tip blunted by void and*, *crack branching* [1][13]. Karenanya, penggunaan konsep mekanika retak elastik linier (LEFM) terbatas digunakan pada struktur-struktur besar saja.

Sebuah pendekatan yang sangat terkenal secara luas untuk memperoleh energy fraktur G_f dan panjang zona fraktur c_f pada struktur besar tak hingga pertama kali diusulkan oleh Bazant dan Kazemi[14] didasarkan pada prinsip ‘pengaruh ukuran’ (*size effect law*).Selanjutnya RILEM Technical Committee 89-FMT [15] mengusulkan *draft* rekomendasi bagi pemodelan *Bazant’s size effect* untuk mengukur energi fraktur dengan menggunakan pengujian lentur tiga titik terhadap seri *geometrically similar beams*, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4. Dengan mengikuti persyaratan dimensi yang diusulkan, benda uji dibebani secara monotonik dibawah kontrol perpindahan konstan sedemikian rupa sehingga beban maksimum dicapai dalam waktu sekitar lima menit. Dengan mengembangkan sebuah persamaan regresi linier berdasarkan nilai beban puncak P_c yaitu $= A_B X + C_B$, energy fraktur G_f dan panjang zona fraktur c_f untuk struktur dengan ukuran besar tak hingga (*infinite large structures*) berturut-turut ditentukan menurut

$$G_f = \frac{g(\alpha_0)}{EA_B} \tag{6}$$

dan

$$c_f = \frac{g(\alpha_0)}{g'(\alpha_0)} \left[\frac{C_B}{A_B} \right] \tag{7}$$

dimana $\alpha_0 = a_0/D$, $g(\alpha_0)$ adalah faktor geometri, dan, $g'(\alpha_0)$ adalah turunan pertama dari $g(\alpha_0)$ dan E adalah modulus elastisitas material.

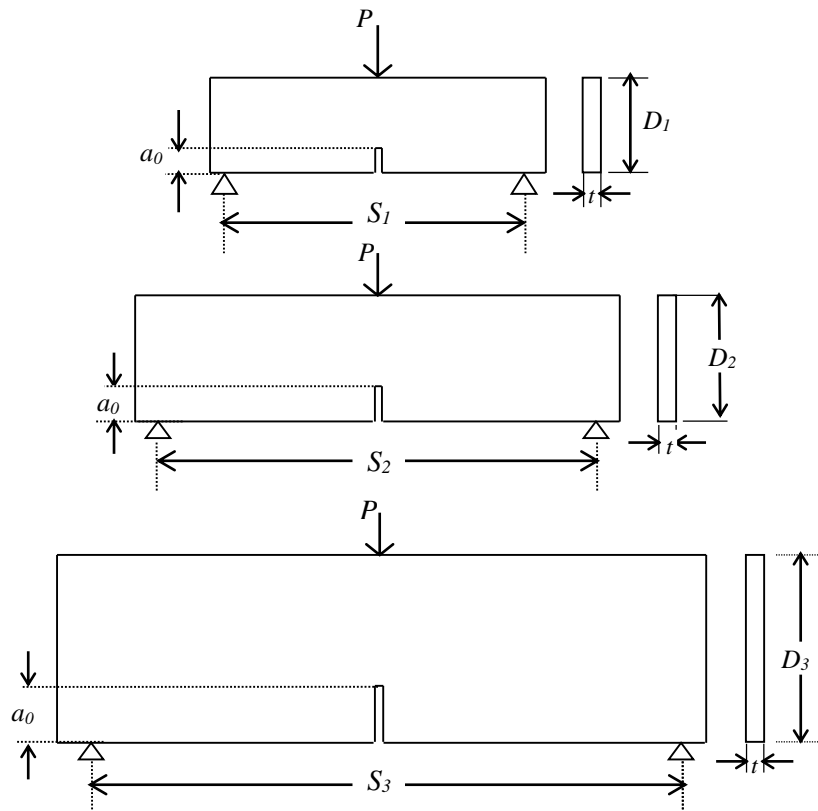
3. PROGRAM EKSPERIMENTAL

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah *ordinary concrete*. Komposisi campuran dibuat mengacu pada ACI 211.2-91 untuk mencapai kuat tekan sebesar 35 MPa pada umur 28 hari. Balok beton berupa *geometrically similar beams* (Gambar. 4) terdiri atas tiga komposisi; dua komposisi menggunakan agregat kasar berdiameter maksimum

10 mm dan 20 mm, masing-masing bergradasi seragam, sedangkan komposisi yang ke-3 menggunakan gradasi campuran terdiri atas agregat 10 mm dan 20 mm dengan diameter maksimum 40 mm. Perbandingan berat per unit volume beton antara agregat dengan pasta untuk ketiga komposisi ini berturut-turut adalah 35:65, 46:54, dan 51:49. Dimensi masing-masing benda uji (seri #1, seri # 2 dan seri#3) disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1: Dimensi *geometrically similar beams*

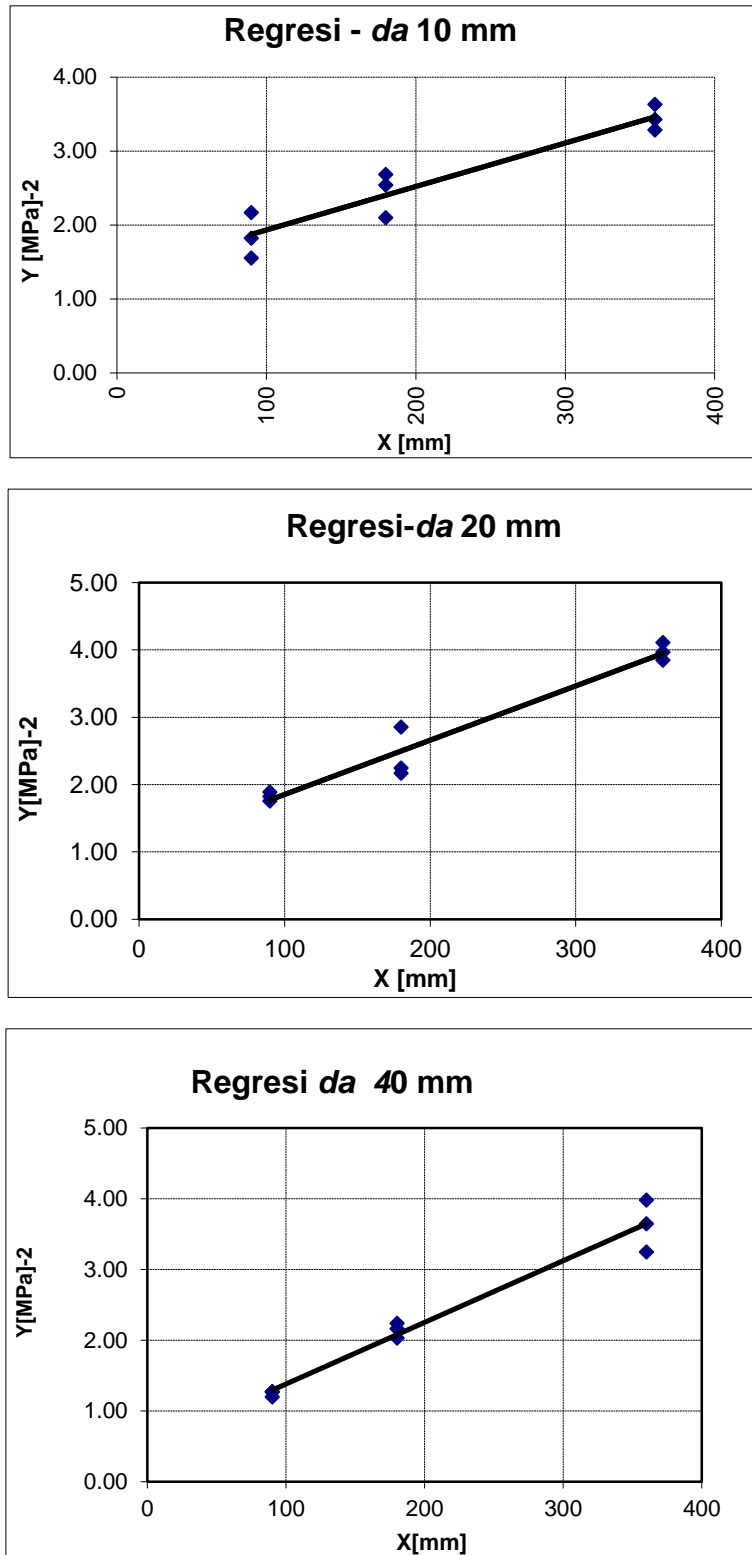
Dimensi (mm)	Seri #1 Kecil	Seri#2 Sedang	Seri#3 Besar
t	90	90	90
D	90	180	360
S	225	450	900
a_0	30	60	120



Gambar 4. *Geometrically Similar Beams*

Selanjutnya, benda uji dibebani secara monotonik dibawah kontrol perpindahan konstan sampai terjadi keruntuhan.

4. HASIL



Gambar 5 Hasil analisis pengujian “size effect”

Hasil pengolahan data berupa regresi linier disajikan pada Gambar.5 untuk benda uji dengan diameter maksimum agregat 10 mm, 20 mm dengan gradasi seragam, dan diameter maksimum 40 mm dengan gradasi campuran (10 mm dan 20 mm). Sedangkan variable untuk penentuan parameter fraktur disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2: Parameter fraktur untuk diameter maksimum yang berbeda

Dia maks (mm)	Koef. regresi		Fungsi geometri		Energi fraktur G_f (N/m)	Zona fraktur c_f (mm)
	A_B	C_B	$g(\alpha_0)$	$g'(\alpha_0)$		
Seragam #10	0.0082	1.7589	6.0662	35.092	33.626	37.0874
Seragam #20	0.0077	1.8660	6.0662	35.092	35.805	41.890
Campuran #40	0.0074	1.9264	6.0662	35.092	37.256	44.999

5. PEMBAHASAN

Beton merupakan material diskrit yang rentan rongga (*notch sensitive*). Diskontinuitas yang ditimbulkan karena adanya rongga ini, berperan sebagai retak internal yang memberi peluang terjadinya konsentrasi tegangan (pada kasus tertentu bisa sangat tinggi), yang pada gilirannya dapat mempercepat keruntuhan khususnya pada pembebanan bolak-balik (*fatigue loading*).

Dari sudut pandang mekanika fraktur, meminimalkan terjadinya rongga, berarti meningkatkan kinerja fraktur, sedemikian rupa sehingga ketegaran '*kritis*' (energy fraktur atau intensitas tegangan) tidak dilampaui akibat beban luar. Peranan agregat cukup signifikan dan pemilihan agregat secara selektif meliputi geometri, kondisi permukaan, gradasi, dan ukuran akan berkontribusi terhadap mekanisme keruntuhan bahkan sampai pada tingkat mikro.

Analisis terhadap parameter fraktur pada penelitian ini dengan menggunakan prinsip *size effect* (sebagai bagian dari LEFM) menunjukkan bahwa parameter fraktur untuk ketiga jenis material dengan diameter maksimum dan komposisi agregat yang berbeda, adalah berbeda juga. Pada kasus dengan da 10 mm, material relatif homogen dan monolitik. Energi fraktur $G_f = \lim_{D \rightarrow \infty} G_{Ic}$ (D adalah tinggi benda uji/struktur), semata-mata merupakan 'laju pelepasan energi regangan kritis, yaitu energi yang dibutuhkan untuk membentuk satu unit bidang retak. Peningkatan G_f pada kasus dengan da 20 mm dan campuran 10 mm dan 20 mm dengan da 40 mm, dapat dipahami karena ada tambahan hambatan berupa traksi.

Perlu digarisbawahi disini, bahwa panjang zona fraktur (*bridging zone*) tidak dapat ditentukan dengan menggunakan pers. 5, karena r_{p0} diperuntukkan bagi 'kelelahan' di ujung retak aktual yang panjangnya dapat diperoleh dengan mengaplikasikan prinsip singularitas. Pada kasus yang demikian, solusi secara numerik sangat dianjurkan.

6. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah

- 1 Dipandang dari mekanisme aksi komposit antara agregat kasar dengan matriks, dapat dipahami bahwa kinerja fraktur material beton sangat dipengaruhi oleh karakteristik agregat; bukan saja kekerasan, kekakuan, dan kekuatannya sebagaimana yang sudah ditunjukkan pada penelitian-penelitian lainnya, tetapi juga oleh model geometrik termasuk diameter.
- 2 Parameter fraktur yang ditunjukkan oleh ketiga kelompok benda uji dengan diameter maksimum berbeda, sebetulnya tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Artinya, ketiganya memiliki pola keruntuhan linier.
- 3 Material beton dengan butiran agregat kecil cenderung lebih padat dan monolitik; seluruh energi yang diserap saat *loading* dipergunakan hanya untuk separasi bidang retak, kemudian dilepas secara seketika (*unstable crack*).
- 4 Pada butiran yang lebih besar, apalagi dengan keragaman diameter, diperlukan energi saat *loading* yang lebih besar pula sebagai konsekuensi adanya hambatan berupa traksi. Itulah sebabnya kenapa terjadi peningkatan G_f dan c_f pada material dengan d_a 20 mm gradasi seragam, dan material dengan gradasi campuran 10 mm dan 20 mm dengan d_a 40 mm.

7. DAFTAR PUSTAKA

1. Shah, S. P., Swartz, S. E., and Ouyang, C., "Fracture Mechanics of Concrete: Applications of Fracture Mechanics to Concrete, Rock, and Other Quasi-Brittle Materials," John Wiley & Sons, Inc, 1995, pp. 113-116.
2. ACI 446.1R-91," Fracture Mechanics of Concrete: Concepts, Models and Determination of Material Properties," 1989, pp 28-32.
3. Hillerborg, A., Moeder, M., and Petersson, P.E., "Analysis of Crack Formation and Crack Growth in Concrete by Means of Fracture Mechanics and Finite Elements," *Cement and Concrete Research*," Vol. 6, No. 6, 1976, pp. 773-782.
4. Cedolin, L., DeiPoli, S., and Iori, I., "Tensile Behaviour of Concrete," *Journal of Engineering Mechanics, ASCE*, Vol.113, No.3, 1987, pp 431-449.
5. Hilsdorf, H. K., and Brameshuber, W., "Code-Type Formulation of Fracture Mechanics Concepts for Concrete," *International Journal of Fracture*, vol. 51, 1991, pp. 61-72.
6. CEB-FIP Model Code 1990, First Predraft 1988, Bulletin d'Information No.190a, 190b, Comite Euro-International du Beton (CEB), Lausanne.
7. Roelfstra, R. E., and Wittmann, F. H. "A Numerical Method to Link Strain Softening with Fracture in Concrete", in *Fracture Toughness and Fracture Energy in Concrete*, edited by Wittmann, F. H., Elsevier Science, Amsterdam, 1986, pp. 163-175.
8. Cho, K. Z., Kobayashi, A. S., Hawkins, N. M., Barker, D. B., and Jeang, F.L., "Fracture Process Zone of Concrete Cracks," *Journal of Engineering Mechanics, ASCE*, Vol.110, No.8, 1984, pp 1174-1184.
9. Gopalratnam, V. S., and Shah, S. P., "Softening Response of Plain Concrete in Direct Tension," *ACI Journal* Vol .82, No.3, 1985, pp 310-323.
10. Du, J., yon, J. H., N. M., Arakawa, K., and Kobayashi, A. S., "Fracture Process Zone for Concrete for Dynamic loading," *ACI Materials Journal*, Vol. 89, No. 3, 1992, pp. 252-258.
11. Patty, A. H., "Analisis Mekanika Fraktur Diimplementasikan Pada Beton Ringan Serat Baja Dengan Buka-an Tarik Tunggal," Disertasi, ITB, 2004.
12. Bannantine, J. A., Comer, J. J., Handrock, J. L., "Fundamentals of Metal Fatigue Analysis", Prentice Hall, 1990, pp 96-98.
13. Mindes, S., "The Fracture Process Zone in Concrete," in *Toughening Mechanism in Quasi-Brittle materials*, edited by Shah, S. P., Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands, 1991, pp. 271-286.
14. Bazant, Z. P., and Kazemi, M. T., "Determination of Fracture Energy, Process Zone Length and Brittleness Number from Size Effect, with Application to Rock and Concrete," *International journal of Fracture*, Vol.44, 1990, pp. 111-131.
15. RILEM REPORT 5, "Fracture Mechanics Test Methods for Concrete", edited by S. P. Shah and A. Carpinteri, Chapman and Hall 1991, pp. 11-20.