

PROSIDING KoNTEkS.15

Konferensi Nasional Teknik Sipil Ke-15

**THE CONSTRUCTION INDUSTRY RECOVER,
REBUILD & RENEW IN THE PANDEMIC ERA**

A BLENDED CONFERENCE

**GEDUNG HENRICUS CONSTANT UNIKA SOEGIJAPRANATA
SEMARANG, 21 - 22 OKTOBER 2021**



EDITOR: HERMAWAN

DIDUKUNG:



BMPTSSI



Indonesia

PROSIDING

KoNTeKs . 15

Konferensi Nasional Teknik Sipil Ke-15

THE CONSTRUCTION INDUSTRY RECOVER,
REBUILD & RENEW IN THE PANDEMIC ERA



EDITOR: HERMAWAN

A BLENDED CONFERENCE
GEDUNG HENRICUS CONSTANT UNIKA SOEGIJAPRANATA SEMARANG
SEMARANG, 21 - 22 OKTOBER 2021

ISBN: 978-623-7635-91-8



PROSIDING

Editor

Dr. Ir. Hermawan, ST., MT.
Gabriel Jose P G., ST., MT
Antonius Erland Hendyayoga
Alfredo Tjokrohadi
Benny Ardhi Nugroho
Christopher Aditya Cahya Dewata
Eldisya M. Jebatu
Elisabeth Pilisra Amelina
Michael Sandjaya Yulianto

Unika Soegijapranata
Unika Soegijapranata
Unika Soegijapranata
Unika Soegijapranata
Unika Soegijapranata
Unika Soegijapranata
Unika Soegijapranata
Unika Soegijapranata
Unika Soegijapranata

Desain sampul isi dan tata letak

Luthfi Nindyapradana
Sindu Alfisam

Unika Soegijapranata
Unika Soegijapranata

Alamat

Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Unika Soegijapranata Semarang

Alamat: Jl. Pawiyatan Luhur IV/1
Bendan Dhuwur Semarang 50234
Nomor Telepon. 024-8441555 (hunting)
Nomor Fax. 024-8415429, 8445265
Website <http://konteks.web.id/>
Email konteks15@gmail.com

Nara Hubung

Sekretaris

Bernadette Cucu Dian Ariani, SE

Komite Ilmiah

Ir. AY. Harijanto Setiawan, M.Eng., Ph.D.

Penerbit

Penerbit ITB

Gedung Perpustakaan Pusat
Lantai Basement

Jl. Ganesha No. 1 Bandung 40132
Telepon +62-22-2504257
E-mail itbpress@penerbit.itb.ac.id

@2021

Hak Cipta Dilindungi oleh Undang-undang



PRAKATA EDITOR

Pandemi Covid-19 merupakan bencana peradaban yang mengakibatkan terjadinya multitude krisis. Sebelum kemunculan Covid-19, negara Indonesia sebenarnya tengah bergulat dengan krisis kepemimpinan, krisis birokrasi, krisis partai politik, krisis, pendidikan, krisis guru dan krisis banjir (Sindhunata, 2020). Ironisnya, kemunculan covid-19 seolah memperparah keadaan ini. Akibat pandemi, bangsa dan negara Indonesia nyatanya harus berjuang untuk keluar krisis yang menghantam pelbagai sektor vital dari kehidupan masyarakat seperti ekonomi, sosial, politik, agama dan kebudayaan.

Namun demikian, berhadapan dengan krisis yang terjadi tersebut, pemerintah dan seluruh masyarakat Indonesia terus berjuang agar kembali pulih dari keadaan yang tidak mudah. Menariknya, di tengah usaha membebaskan negara Indonesia dari belenggu krisis akibat pandemi tersebut, selalu saja ada pihak yang berjuang untuk melakukan inovasi lewat kreativitas yang tidak diragukan lagi. Berkat kreativitas dan terobosan yang mereka lakukan, negara Indonesia nyatanya mendapat bantuan konstruktif di dalam usaha mengatasi krisis yang muncul akibat pandemi.

Pada KoNTeKS-15 ini, para ilmuwan, akademisi, dan insinyur teknik sipil merupakan tokoh-tokoh hebat yang terlibat secara sungguh di dalam usaha mengatasi krisis yang muncul akibat pandemi. Sehingga, dapat dikatakan bahwa mereka merupakan salah satu pilar penyangga vital dan secara militan mendedikasikan tenaga dan pikiran mereka bagi kemajuan negara Indonesia. Salah satu bukti nyata yang dapat diperlihatkan yaitu mengenai keterlibatan para ilmuwan untuk menemukan vaksin Covid-19 lewat kajian saintifik. Tentu dalam konteks ini, sulit dibayangkan bagaimana penanganan pandemi tidak melibatkan peran dari para ilmuwan.

Untuk itu, supaya kompetensi dan kualitas pekerjaan dari para ilmuwan, akademisi dan insinyur teknik sipil tetap terjaga, maka dibutuhkan satu forum khusus yang dapat menjadi ruang kreativitas yang baik dan positif. Oleh karena itu, Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTeKS) merupakan forum akademik yang menyediakan ruang eksploratif bagi usaha peningkatan kualitas dan kompetensi dari para ilmuwan, akademisi dan insinyur teknik sipil. Atas dasar itu, KoNTeKS ke-15 pada tahun 2021 yang dilaksanakan di Universitas Katolik Soegijapranata Semarang menyediakan ruang dialog, agar para ilmuwan, akademisi, insinyur teknik sipil, serta pendidik dan pelaku industri jasa dapat bertukar ide dan gagasan aktual melalui karya akademik.

Kiranya melalui karya akademik yang disusun ke dalam prosiding KoNTeKS ke-15 tahun 2021 ini dapat merefleksikan dan memberikan arah perkembangan pengetahuan, teknologi, dan pendidikan teknik sipil di masa yang akan datang. Bahkan kegiatan KoNTeKS ke-15 tahun 2021 diharapkan juga dapat menjadi sarana pengembangan pengetahuan para ilmuwan, akademisi, dan insinyur teknik sipil Indonesia dalam menanggapi masalah-masalah yang ada dan sesuai dengan bidang dan keahliannya seperti Rekayasa Geoteknik, Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan, Keairan, Rekayasa Transportasi, Material, Rekayasa Struktur, dan Manajemen dan Rekayasa Konstruksi. Secara lebih khusus, kiranya melalui kegiatan KoNTeKS ke-15, ada pihak yang semakin tergerak untuk berpartisipasi menyumbangkan ide dan gagasan konstruktif yang tentunya berguna bagi dunia teknik sipil di Indonesia dan bangsa Indonesia.

KONSORSIUM PENYELENGGARA



UNIKA SOEGIJAPRANATA



UAJY



USAkti



UNTA



UNS



ITENAS



UNUD

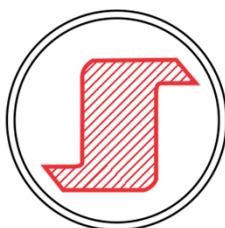


UNSYIAH



UPH

DIDUKUNG OLEH



BMPTTSSI
Badan Musyawarah
Pendidikan Tinggi Teknik Sipil
Seluruh Indonesia

fib
CEB • FIP
Indonesia



Kepanitiaan Konferensi Teknik Sipil (KONTEKS) ke-15 *The Construction Industry Recover, Rebuild & Renew In The Pandemic Era* 21 – 22 Oktober 2021

Panitia Pengarah

- Prof. Dr. Ir. Slamet Riyadi, MT. (Unika Soegijapranata)

Ketua Panitia

- Dr. Ir. Hermawan, ST., MT. (Unika Soegijapranata)

Bendahara

- Brigita Tara Laurensia S., ST (Unika Soegijapranata)

Sie Acara

- Dr. Ir. Djoko Suwarno, M. Si (Unika Soegijapranata)
- Daniel Hartanto, ST., MT (Unika Soegijapranata)
- Cindy Regan Handoyono, ST (Unika Soegijapranata)
- Antonius Erland Hendyayoga (Unika Soegijapranata)
- Gavriel Reynaldo Basca (Unika Soegijapranata)

Sie Persidangan

- Dr. Ir. Maria Wahyuni, MT (Unika Soegijapranata)
- Ir, Budi Santoso, MT (Unika Soegijapranata)
- Lintang Satria Swadhani (Unika Soegijapranata)
- Alfredo Tjokohadi (Unika Soegijapranata)
- Vonny Sulistiyo (Unika Soegijapranata)
- Elisabeth Pilisra Amelina (Unika Soegijapranata)

Sie Makalah & Percetakan & ISBN

- Gabriel Jose P G., ST., MT (Unika Soegijapranata)
- Michael Sandjaya Yulianto (Unika Soegijapranata)
- Kwee Caroline Kuo Djaya (Unika Soegijapranata)
- Nicolas Edoardo A (Unika Soegijapranata)
- Eldisya M. Jebatu (Unika Soegijapranata)
- Axel Fabianto Lodra (Unika Soegijapranata)



Sie Perlengkapan

- Ir. D. Budi Setiyadi, MT (Unika Soegijapranata)
- Ir, Yohanes Yuli M., MT (Unika Soegijapranata)
- G. Agung Triandi (Unika Soegijapranata)
- Taufiq Hidayat (Unika Soegijapranata)
- Benny Ardhi Nugroho (Unika Soegijapranata)
- Sia William Benedict (Unika Soegijapranata)
- Francesco Gian Aprian Atmaja (Unika Soegijapranata)

Sie Publikasi

- Ir. Widija Suseno, MT. (Unika Soegijapranata)
- Drs. Ir. Djoko Setijowarno, MT. (Unika Soegijapranata)
- Albertus Noventa Dana C, SE. (Unika Soegijapranata)
- Albertus Bayu Novanto (Unika Soegijapranata)
- Memory Rafi Fadhil Zaki (Unika Soegijapranata)
- Margaretha Januasni J. M. (Unika Soegijapranata)

Sie Zoom & Recording

- Gabriel Jose P G., ST., MT. (Unika Soegijapranata)
- Daniel Hartono, ST. (Unika Soegijapranata)
- Andre Dohan (Unika Soegijapranata)
- Wisnu Setiaji (Unika Soegijapranata)
- Vincentius Oliviananda L. (Unika Soegijapranata)

Sie Pendaftaran & Sertifikat

- Ir. David Widiyanto, MT. (Unika Soegijapranata)
- Dimas Diktta, ST. (Unika Soegijapranata)
- Diah Woro Tremiarwati, A.Md. (Unika Soegijapranata)
- Christoper Aditya Cahya D. (Unika Soegijapranata)
- Fidelis Claudio P. (Unika Soegijapranata)

Sie Designer

- Luthfi Nindyapradana (Unika Soegijapranata)
- Mochamad Ravi Grentino (Unika Soegijapranata)
- Sindu Alfisam (Unika Soegijapranata)
- Gerardi Armanupraja (Unika Soegijapranata)

Sie Konsumsi

- Fiona Indah Yurisaputri M. (Unika Soegijapranata)
- Adinda Adelia Puspita Asri (Unika Soegijapranata)
- Adinda Maharani Fachryan N. (Unika Soegijapranata)
- Marzelina Eka Ayu (Unika Soegijapranata)
- Renata Efonny Loitian G. (Unika Soegijapranata)



Sie Sponsorship

- Bryan Brama R, ST., M.Min.Res (Unika Soegijapranata)
- Michell Adiputra Wijaya (Unika Soegijapranata)
- Avin Ananta Paranindya (Unika Soegijapranata)
- Venchent May Alo (Unika Soegijapranata)

Sie Komite Ilmiah

- Ir. AY. Harijanto Setiawan, M.Eng., Ph.D. (UAJY)
- Ferianto Raharjo, S.T., M.T. (UAJY)

Reviewer

- Prof. Dr. Ir. A.M. Ade Lisantono, M.Eng
- Prof. Ir. Leksmono Suryo Putranto, MT, Ph.D
- Dr. Eng. Fitri Suciaty, Ssi, Msi
- Dr. Ir. Djoko Suwarno, Msi
- Dr. Ir. Muttaqin, ST., MT.
- Dr. (Cand). Ir. Henny Wiyanto, MT.
- Dr. Ir. Dewa Ketut Sudarsana, MT.
- Dr. Ir. Rintis Hadiani, MT.
- Dr. Ir. Dwi Prasetyanto, MT.
- Dr. Ir. Herman, MT.
- Dr. Ir. J. Dwijoko Ansusantom, MT.
- Dr. Renni Anggraini, ST, M.Eng
- Dr. I Nyoman Aribudiman, ST, MT.
- Dr. Mawiti Infantri Yekti, ST, MT.
- Dr. Endah Safitri, ST., MT.
- Dr. Bambang Setiawan, ST., MT
- Dr. Fajar Sri Handayani, ST., MT
- Dr. Muhammad Fauzi, ST., MT
- Dr. Darmawan Pontan, S.T., M.T.
- Dr. Aksan Kawanda, S.T., M.T.
- Dr. Ir. Hermawan, ST., MT.
- Dr. Yuki Achmad Yakin, MT.
- Dr. Widodo Kushartomo
- Dr. Wati Asriningsih Pranoto
- Vienti Hadsari, ST, M.Eng, MECRES, Ph.D
- Ir. Peter F. Kaming, M.Eng, Ph.D
- Budi Yulianto, ST, MSc, Ph.D
- Gede Pringgana, ST., MT, Ph.D
- Nurisra, ST, MT
- Yessi Nirwana Kurniadi, Ph.D



DAFTAR ISI

Editor Prosiding	ii
Prakata Editor	iii
Konsorsium Penyelenggara	iv
Kepanitiaian	v
Daftar Reviewer	vii
Daftar Isi	viii

FEATURED PRESENTATION & PEMBICARA KUNCI

1	Prof. Po-Han Chen Guru Besar Intelligent Automated Image Recognition National Taiwan University (NTU)	x
2	Prof. Dr. Ir. Masyhur Irsyam, M.S.E Guru Besar Kelompok Keahlian (KK) Rekayasa Geoteknik Institut Teknologi Bandung (ITB)	xi
3	Prof. Dr. Eng. Yusak Ocvatius Susilo, S.T., M.T. Guru Besar Digitalisasi dan otomasi dalam sistem transportasi dan mobilitas - KHT Royal Institute of Technology, Swedia	xii
4	Prof. Dr. Ir. Puti Farida Marzuki Guru Besar Kelompok Keahlian (KK) Manajemen dan Rekayasa Konstruksi (MRK) - Institut Teknologi Bandung (ITB)	xiv
5	Prof. Ir. Bambang Suhendro, M.Sc., Ph.D. Guru Besar Struktur - Universitas Gadjah Mada (UGM)	xxiv

DAFTAR MAKALAH

A. Rekayasa Geoteknik	xxvii
B. Infrastruktur dan Lingkungan	xxviii
C. Keairan	xxix
D. Manajemen dan Rekayasa Konstruksi	xxx
E. Material	xxxiii
F. Rekayasa Struktur	xxxiv
G. Rekayasa Transportasi	xxxvi

MAKALAH

A. Rekayasa Geoteknik	1
B. Infrastruktur dan Lingkungan	125
C. Keairan	171
D. Manajemen dan Rekayasa Konstruksi	240
E. Material	607
F. Rekayasa Struktur	649
G. Rekayasa Transportasi	816



FEATURED PRESENTATION
&
PEMBICARA KUNCI





Prof. Po-Han Chen

Prof. Po-Han Chen saat ini adalah Profesor di Department of Building, Civil, and Environmental Engineering di Concordia University, Montreal, Canada dan pada waktu yang sama juga sebagai Profesor di Department of Civil Engineering di National Taiwan University.

Prof. Po-Han Chen secara penuh waktu menjadi bagian dari National Taiwan University sejak Oktober 2009 hingga Juli 2021, serta menjadi bagian dari Faculty of School of Civil and Environmental Engineering, Nanyang Technological University, Singapore dari September 2001 hingga September 2009. Prof. Po-Han Chen telah menerbitkan sekitar 200 artikel akademik dan minat dipenelitiannya meliputi *Building Information Modeling (BIM)*, *green building and sustainable facilities*, *image processing and recognition*, *optimization of construction processes*, *IT applications in construction*, dan *project management*.

Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian Prof. Po-Han Chen difokuskan pada *integration of building information modeling (BIM)* dan *green building certification systems*, termasuk U.S.A's LEED dan Taiwan's EEWH, begitu juga dengan *AR/VR/MR and blockchain applications in construction*. Prof. Po-Han Chen juga terlibat dalam pengembangan *green and sustainable Facility Information Modeling (FIM) system* untuk industri semikonduktor di Taiwan.

Prof. Po-Han Chen menerima gelar sarjana dari National Taiwan University pada tahun 1994 dan gelar master serta gelar Ph.D. di Purdue University pada tahun 1999 dan 2001 secara berurutan.



Prof. Dr. Ir. Masyhur Irsyam, M.S.E

Pendidikan

1983 Sarjana Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung, Indonesia

1988 Sarjana Master, Civil and Environmental Eng., University of Michigan, USA

1991 Sarjana Doctor, Civil and Environmental Eng., University of Michigan, USA

Pengalaman Profesi

Coordinator – Geotechnical Engineering Research Group, Institut Teknologi Bandung

Chair – Team for Revision of Seismic Hazard Maps of Indonesia, 2010 dan 2017

Coordinator – Indonesian Codes related to Geotechnical Engineering, SNI 8460 – 2017

Coordinator – Indonesian Code for Earthquake Resistance Design (Sub Structure Part), SNI 1726-2019

President – Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia (HATTI)

Chair – Pusat Studi Gempa Nasional (PuSGeN), 2015 – 2020

Chair – Akademi dalam Bidang Ilmu Rekayasa –
Akademi Ilmu Pengetahuan Indonesia AIR – AIPI

Member Asosiasi

Akademi Ilmu Pengetahuan Indonesia (AIPI)

Advisory Boards – Tim Ahli Bangunan Gedung (TABG) for DKI Jakarta

Team Updating of Indonesian Earthquake Resistance Design Codes for
Buildings and Infrastructures

Committee – Komisi Keamanan Jembatan dan Terowongan Jalan (KKJTJ)
Kementerian PUPR

Technical Committee TC's and Asian Technical Committee ATC's of ISSMGE (International
Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering)



Prof. Dr. Eng. Yusak Octavius Susilo, S.T., M.T.

Prof. Dr. Eng. Yusak Octavius Susilo, S.T., M.T. adalah guru besar atau full professor untuk bidang analisis dan kebijakan transportasi di KTH Royal Institute of Technology Swedia. Lahir di Cirebon tahun 1976 dibesarkan di Bandung dan menempuh Pendidikan S1 di Universitas Kristen Maranatha pada tahun 1994 – 1998. Kemudian mendapatkan magister di Rekayasa Transportasi ITB 1998 – 2000.

Lalu melanjutkan studinya di Kyoto University di Jepang pada bidang Engineering dan Travel Behaviour Analysis pada tahun 2002 – 2005. Setelah lulus dari Jepang beliau memutuskan kembali ke Indonesia. Tetapi nasib berkata lain dan pada tahun 2006 beliau bekerja sebagai Postdoctoral Research Fellow di Delft University of Technology dan dari sini mengantarkan beliau untuk menjadi dosen di Bristol University di Inggris. Tidak lama setelah itu, beliau memutuskan untuk berpindah ke Swedia sebagai dosen di KTH Royal Institute of Technology dan tinggal di Swedia sampai sekarang dan pada tahun 2016, beliau dipromosikan menjadi guru besar

Pengalaman Profesi

- 2019 – Sekarang** Austrian Federal Ministry (BMK) Endowed Professorship in Digitalization and Automation in Transport and Mobility System
- 2011 – 2019** Full Professor in Transport Analysis and Policy
- 2007 – 2011** Senior Lecturer in Transport and Spatial Planning
- 2006 – 2007** Postdoctoral Research Fellow
- 2005 – 2006** Traffic Engineer
- 2000 – 2002** Transport Engineer and System Analyst
- 1997 – 2002** Part-time Lecturer
- 1999** Graduate Research Assistant

Penelitian

- Smart Mobility Hubs as Game Changers in Transport, as a part of a consortium for the JPI-Urban Europe: Urban Accessibility dan Connectivity (with total project value 2.1 million Euro)
- Digitalization and Automation in Transport and Mobility System, Austrian Federal Ministry in Innovation, Transport and Technology (3.03 million euro)
- Novel Decision Support tool for Evaluating Strategic Big Data investments in Transport and Intelligent Mobility Services (NOESIS, Horizon2020, with total project value 1.2 million Euro)



Publikasi

Beliau telah menerbitkan lebih dari 100 major international peer-reviewed (ISI) di jurnal artikel dan beliau memiliki h-index scopus 27 kemudian ada 140 makalah konferensi peer-reviewed dengan prosiding, lebih dari 20 buku dengan 13 sebagai penulis utama dan 10 laporan proyek yang didanai secara eksternal dan sejumlah presentasi baik science atau public yang populer yang dipublikasi baik melalui koran maupun radio.



Prof. Dr. Ir. Puti Farida Marzuki

Pendidikan dan Pelatihan

- 2012 Programme for Leadership in University Management, Temasek Foundation - NUS, Singapore.
- 1986 Docteur Ingenieur, Ecole Nationale des Ponts et Chaussees (ENPC), Paris, France.
- 1984 Diplome d'Etudes Approfondies (DEA), Ecole Nationale des Ponts et Chaussees (ENPC), Paris, France.
- 1983 Certificat d'Etudes Superieures (CES), Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat (ENTPE), Lyon, France.
- 1979 Sarjana Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung.

Pengalaman Mengajar

- Professor in Construction Management, Institut Teknologi Bandung (ITB), 2012 to present.
Teach: Engineering Systems, Construction Management, Quality Management in Construction, Risk Management in Construction Projects
- Associate Professor, Assistant Professor, Lecturer, Institut Teknologi Bandung (ITB), 1981-2011. Teach: Operations Research, Concrete Technology, Systems Analysis, Wood Construction, Management

Penelitian

- Behavior of Cement Based Materials at Early Ages
- Project Delivery Systems in Infrastructure Development
- Quality Management in Construction Projects
- Risk Management of Joint Ventures in Indonesian Construction Projects
- Carbon Footprint Model of Concrete High Rise Building Construction
- Interface Problems in Construction Projects
- Promoting Design Build Project Delivery Method in Indonesian Construction Projects



Pengalaman Administrasi di Universitas

- 2015–2019 Senior Advisor to the Rector of ITB
- 2010–2015 Vice Rector of Finance, Planning, and Development, ITB
- 2006–2010 Dean - Faculty of Civil & Environmental Engineering, ITB
- 2004–2005 Dean - Faculty of Civil Engineering & Planning, ITB
- 2001–2004 Vice Dean II – Faculty of Civil Engineering & Planning, ITB
- 1998–2000 Head – Laboratory of Computation, Department of Civil Engineering, ITB
- 1996–1998 Secretary – Department of Civil Engineering, ITB

Penghargaan Akademik

- 2020 Penghargaan Bidang Pengembangan Institusi, ITB
- 2016 35 Years of Service, ITB
- 2015 Ganesha Wira Adi Utama (Vice Rector), ITB
- 2011 Satyalencana Karya Satya XXX, Republic of Indonesia
- 2011 Ganesha Wira Adi Utama (Dean – Faculty of Civil & Environmental Engineering), ITB
- 2010 25 Years of Service, ITB
- 2007 Satyalencana Karya Satya XX, Republic of Indonesia
- 2007 Ganesha Wira Adi Utama (Dean – Faculty of Civil Engineering & Planning), ITB
- 1997 Satyalencana Karya Satya X, Republic of Indonesia

Publikasi

- Marzuki, P. F.**, Hestiyani, and Sunaryo, I. (2012), Factors Affecting Job Satisfaction of Workers in Indonesian Construction Companies, *Journal of Civil Engineering and Management*, Vol. 18, Issue 3 (2012). Published by: Taylor & Francis, www.tandf.co/journals/journal.asp
- Ellizar, E., Susilowati, F., and **Marzuki, P. F.** (2012), Total Quality Management and Actual Workmanship Quality of Major Indonesian Contractors, in *Research Development and Practice in Structural Engineering and Construction (Proceedings of The First Australasia and Southeast Asia Conference in Structural Engineering and Construction – ASEA-SEC-1, Perth, 28 Nov – 2 Dec 2012)*, ISBN: 978-981-08-7920-4 :: doi: 10.3850/978-981-08-7920-4_Q-1-0162, Research Publishing Services, Singapore.
- Marzuki, P. F.** (2013), Manajemen Konstruksi: Mewujudkan Fasilitas Terbangun Berkualitas untuk Kemajuan Bangsa, Pidato Ilmiah Guru Besar Institut Teknologi Bandung, Majelis Guru Besar ITB, ISBN 978-602-8468-65-7.
- Marzuki, P. F.** and Wisridani, M. (2013), Quality Cost in Indonesian Construction Projects, *The Second International Conference on Sustainable Infrastructure and Built Environment (SIBE2013)*, 19-20 November 2013, Bandung, Indonesia.
- Tamin, R. Z., **Marzuki, P. F.**, Shahab, F., Wdiasanti, I., Oktavianus, A. (2013), A Survey on Indonesian Construction Consultancy Services (Strategic Issues and Recommendations to Improve Competitiveness), *The Second International Conference on Sustainable Infrastructure and Built Environment (SIBE2013)*, 19-20 November 2013, Bandung, Indonesia.
- Lumeno, S., **Marzuki, P. F.**, Tamin, R. Z., Sunaryo, I. (2014), International Joint Operation Organizational Structure Designs of Infrastructure Construction Projects, in “Sustainable Solutions in Structural Engineering and Construction”, Editors:



Chantawarangul, K., Suanpaga, W., Yazdani, S., Vimonsatit, V., Singh, A., ISEC Press USA.
ISBN: 978-0-9960437-0-0.

Marzuki, P.F., Wisridani, M. (2014), Identifying Contractors' Planned Quality Costs in Indonesian Construction Projects, *Journal of Engineering and Technological Sciences*, Vol. 46, No. 4, December 2014.

Marzuki, P.F., Nurdini, A., Ellizar, E., Meifrinaldi (2014), Architectural Works Workmanship Quality Control Framework for Indonesian Construction Projects, in "55 Tahun ITB Membangun Negeri: From Research to Community Services 2014, Increasing the Global Competitiveness of the Nation", LPPM-ITB, ISBN: 978-602-1221-01-3, pp 150-152. <http://www.lppm.itb.ac.id>.

Tamin, R.Z., **Marzuki, P.F.,** Shahab, F., Widiasanti, I., Oktavianus, A. (2015), Improving Indonesian Consulting Services, *Journal of Engineering and Technological Sciences*, Vol. 47, No. 2, May 2015.

Hermawan, **Marzuki, P.F.,** Abduh, M., Driejana, R. (2015), Identification of Source Factors of Carbon Dioxide (CO₂) Emissions in Concreting of Reinforced Concrete, The 5th International Conference of Euro Asia Civil Engineering Forum (EACEF-5), Surabaya, Indonesia, 2015, *Procedia Engineering* 125 (2015) 692-698, Elsevier.

Marzuki, P.F., Perwitasari, D., Tamin, R. (2015), Subcontracting Management in an EPC Project: A Case Study of Delay Risks, in "Implementing Innovative Ideas in Structural Engineering and Project Management", Editors: Saha, S., Zhang, Y.X., Yazdani, S., Singh, A., ISEC Press, USA. ISBN: 978-0-9960437-1-7.

Tamin, R.Z., **Marzuki, P.F.,** Shahab, F., Widiasanti, I., Oktavianus, A. (2015), Improving Indonesian Consulting Services, *Journal of Engineering and Technological Sciences*, Vol. 47, No. 2, May 2015.

Hermawan, **Marzuki, P.F.,** Abduh, M., Driejana, R. (2015), Identification of Source Factors of Carbon Dioxide (CO₂) Emissions in Concreting of Reinforced Concrete, The 5th International Conference of Euro Asia Civil Engineering Forum (EACEF-5), Surabaya, Indonesia, 2015, *Procedia Engineering* 125 (2015) 692-698, Elsevier.

Marzuki, P.F., Perwitasari, D., Tamin, R. Z. (2015), Subcontracting Management in an EPC Project: A Case Study of Delay Risks, in "Implementing Innovative Ideas in Structural Engineering and Project Management", Editors: Saha, S., Zhang, Y.X., Yazdani, S., Singh, A., ISEC Press, USA. ISBN: 978-0-9960437-1-7.

Tamin, R.Z., Tamin, A.Z., **Marzuki, P.F.** (2016), Kontrak Kerja Berbasis Kinerja dan Evaluasi Penerapan pada Jalan Nasional, *Jurnal HPJI*, Vol. 2, No. 2, 121-131, Juli 2016, Jakarta.

Hermawan, **Marzuki, P.F.,** Abduh, M., Driejana, R. (2017), The Sustainable Infrastructure Through the Construction Supply Chain Carbon Footprint Approach, *Procedia Engineering* 171 (2017) 312-322, Elsevier.

Marzuki, P.F. and Tamin R. Z. (2017), Challenges of Design-Build Method Implementation in Public Works Project Delivery, in "Resilient Structures and Sustainable Construction", Eds. Pellicer et al., ISBN: 978-0-9960437-4-8, Proceedings of the Ninth International Structural Engineering and Construction Conference, Valencia, Spain, July 24-29, 2017.

Tamin, R. Z., Mahani, I., **Marzuki, P.F.,** Supported Build Operate Transfer Effectiveness Analysis to Improve Financial Feasibility of Toll Roads in Indonesia, *Jurnal HPJI (Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia)*, Vol. 3, No. 2, July 2017, ISSN 2407-9170.

Widiasanti, I., Tamin, R. Z., **Marzuki, P.F.,** Wiratmaja, I.I. (2018), Development of Civil Engineers' Certification System Evaluation Model, 3rd Annual Applied Science and



Engineering Conference (AASEC 2018), IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 434 (2018) 012196, IOP Publishing, doi: 10.1088/1757-899X/434/1/012196.

Marzuki, P.F., Oktavianus, A., Regina, A., Hasiholan, B., Meifrinaldi (2019), Interface Problems in Change Order-Challenged Projects, Journal of Construction in Developing Countries, 24(2), 1-22, 2019.

Bukit, I.N.M, **Marzuki, P.F.**, Tamin, R.Z, Meifrinaldi (2019), Stakeholders Interaction Framework of Utilities Development In and Adjacent to the Public Right of Way in Indonesia, The 2nd International Conference on Green Civil and Environmental Engineering, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 669 (2019) 012009, IOP Publishing, doi:19.1088/1757-899X/669/1/012009.

Putri, K.N.R., **Marzuki, P.F.** (2020), Model of Land Acquisition Productivity Performance for TollRoad Projects in Indonesia, CIVENSE, Civil and Environmental Science Journal, Vol. III, No. 02, pp. 083-093, 2020.



Belajar dari Masa Pandemi Covid 19: *Unknown-Unknowns* sebagai Sumber Risiko Tidak Teridentifikasi dan Penyebab Disrupsi Proyek Konstruksi Infrastruktur

Puti Farida Marzuki¹

¹Kelompok Keahlian Manajemen dan Rekayasa Konstruksi
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Institut Teknologi Bandung

ABSTRAK

Risiko yang tidak teridentifikasi, yang juga dikenal sebagai *unknown unknowns*, biasanya tidak masuk di dalam lingkup manajemen risiko. Masa pandemi Covid-19 telah memberikan pelajaran kepada pengelolaan proyek konstruksi infrastruktur bahwa risiko seperti ini harus semakin diwaspadai karena potensinya untuk mengakibatkan disrupsi pada proyek yang bersangkutan. Kolaborasi yang baik dan transparansi di antara para pelaku proyek yang terkena dampak risiko ini merupakan cara yang efektif untuk mencari solusinya. Manajemen proyek harus berusaha untuk mengubah sebanyak mungkin *unknown unknown* menjadi *known unknown* pada proyek-proyek yang akan datang dengan adanya dokumentasi yang baik dari pengalaman menghadapinya.

Kata-kata kunci: ketidakpastian, manajemen risiko, produktivitas proyek

1. PENDAHULUAN: PERSPEKTIF RISIKO DALAM PROYEK KONSTRUKSI INFRASTRUKTUR

Sehubungan dengan karakteristiknya, yang antara lain meliputi proses yang kompleks, memakan waktu panjang, melibatkan beragam pihak, dan adanya pengaruh dari faktor-faktor eksternal yang tidak seluruhnya dapat dikendalikan, proyek konstruksi infrastruktur selalu menghadapi tantangan perubahan dan ketidakpastian pencapaian objektifnya, baik dalam aspek waktu penyelesaian, biaya, maupun kualitasnya. Ketidakpastian bersumber dari tidak dikuasainya secara sempurna informasi, terutama yang diperlukan di dalam pengambilan keputusan yang berorientasi kepada ekspektasi tercapainya *output* dan *outcome* proyek pada masa yang akan datang. Pengambilan keputusan merupakan hal yang secara intensif dilakukan di dalam proyek konstruksi infrastruktur. Ketidakpastian ini selanjutnya menjadi risiko yang harus dihadapi oleh setiap proyek pembangunan infrastruktur sehubungan dengan *output* dan *outcome* keputusan yang menjadi objektif dari penyelenggaraan proyek. Lingkup ketidakpastian di dalam suatu proyek konstruksi sangat luas dan sebagian besar aktivitas manajemen proyek ditujukan untuk mengelola ketidakpastian ini sejak awal sampai akhir *project life cycle*. Pengelolaan ini lebih spesifik disebut dengan manajemen risiko. Bagian yang sangat penting dari manajemen risiko adalah mengenal sumber risiko tersebut sehingga dapat dilakukan respon yang tepat. Risiko yang tidak direspon dengan baik karena keterbatasan kemampuan pengelolaannya pada akhirnya dapat berakibat terjadinya disrupsi proyek yang bersangkutan yang terutama ditandai dengan menurunnya secara tajam produktivitas pekerjaan. Namun demikian, ada sumber risiko yang sangat sulit untuk diidentifikasi karena sama sekali tidak terduga dan belum pernah dihadapi sebelumnya. Inilah yang disebut dengan '*unknown-unknowns*'. Pandemi Covid-19 dapat dikatakan merupakan salah satu contoh dari '*unknown-unknowns*' tersebut yang telah membuat kita sadar akan keberadaan sumber risiko ini dan berusaha untuk siap meresponnya.

2. *UNKNOWN-UNKNOWN* SEBAGAI SUMBER RISIKO DI DALAM PROYEK KONSTRUKSI INFRASTRUKTUR

Objektif manajemen risiko di dalam proyek konstruksi infrastruktur, seperti juga pada proyek-proyek lainnya, adalah meningkatkan probabilitas dan dampak dari *events* yang positif dan mengurangi probabilitas dan dampak dari *events* yang negatif. Kim (2012) menyatakan bahwa risiko yang tidak teridentifikasi, yang juga dikenal sebagai '*unknown unknowns*' biasanya berada di luar lingkup manajemen risiko. Sebagian besar '*unknown unknowns*' dianggap tidak mungkin diidentifikasi atau dibayangkan sebelum *event* yang bersangkutan terjadi.



Usaha untuk mengenal sifat risiko atau ketidakpastian yang sulit terdeteksi telah dilakukan sejak lama. Istilah *'unknown unknowns'* dipopulerkan pada tahun 2002 oleh Donald Rumsfeld, Menteri Pertahanan Amerika Serikat pada masa yang lalu. Sejak itu, mulai digunakan *'quadrants of knowledge'*, untuk memahami dan menjelaskan sifat risiko. Risiko diklasifikasikan berdasarkan tingkat pengetahuan (*knowledge*) mengenai terjadinya *risk event* (*known* atau *unknown*) dan tingkat pengetahuan mengenai dampaknya (*known* atau *unknown*), seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1.

More	Knowledge about occurrence	<p>Known Unknowns</p> <p>We know there are things we can't predict</p> <p><i>Do research to decrease the amount of uncertainty; try to capture as assumptions and create contingency for others</i></p>	<p>Known Knowns</p> <p>Things we are certain of</p> <p><i>You should share and be transparent; capture as assumptions</i></p>
		<p>Unknown Unknowns</p> <p>We don't know what we don't know</p> <p><i>Experiment more and these will become known unknowns for future projects</i></p>	<p>Unknown Knowns</p> <p>Other's know but you don't know</p> <p><i>Other's should share and be transparent; capture as assumptions</i></p>
Less		Knowledge about impact	
		Less	More

Gambar 1. *Quadrants of knowledge* untuk memahami risiko
(Sumber: Veritas Total Solutions, CTRM Project Management Done Right)

Dengan demikian klasifikasi risiko dapat dijelaskan sebagai berikut:

- *Known knowns*. Mencakup hal-hal yang kita ketahui dan fahami, misalnya kenaikan biaya material konstruksi. Jadi *known knowns* bukan merupakan risiko melainkan permasalahan yang perlu ditangani yang merupakan bagian dari lingkup proyek
- *Known unknowns*. Risiko yang dapat diidentifikasi tetapi dampaknya tidak dapat dikuatifikasi secara akurat. Risiko klasik seperti ini pada dasarnya sudah disadari oleh para manajer proyek, serta biasanya sudah tercantum di dalam *codes* dan *standards*.
- *Unknown knowns*. Mencakup fakta-fakta tersembunyi yang mungkin telah diketahui oleh pihak-pihak tertentu namun tidak diketahui oleh manajer proyek.
- *Unknown unknowns*. Risiko yang tidak dapat diperkirakan. Manajer risiko tidak mengetahui keberadaan risiko ini.

Di dalam proyek konstruksi, manajer proyek pada umumnya berusaha untuk memaksimalkan *known knowns* dengan mendeteksi sebanyak mungkin fakta-fakta yang tersembunyi atau *unknown knowns*. Namun demikian, tidak seluruh risiko dapat diidentifikasi, dan risiko yang tidak teridentifikasi akan tetap menjadi *unknown unknowns* sampai *risk event* yang bersangkutan terjadi. *Risk event* tersebut sering disebut sebagai *Black Swan event*. Di dalam manajemen risiko, *Black Swan event* dihubungkan dengan *unknown risks* yang diperkenalkan oleh Taleb (2007) yang berpendapat bahwa *events* seperti ini tidak mungkin diprediksi akibat kelangkaannya, namun memiliki konsekuensi sangat parah.

3. UNKNOWN UNKNOWN DAN POTENSINYA SEBAGAI PENYEBAB DISRUPSI DALAM PROYEK KONSTRUKSI

Menurut Hillson (2005), walaupun manajemen risiko proyek berfungsi sebagai radar untuk melihat ke depan, adalah tidak mungkin untuk mengidentifikasi seluruh risiko sebelum terjadi, antara lain karena hal-hal berikut: a) Beberapa risiko secara inheren tidak dapat diketahui; b) Beberapa risiko tergantung dari waktu; c) Beberapa



risiko tergantung dari progress proyek yang bersangkutan; d) Beberapa bersifat *response-dependent* (risiko sekunder).

Risiko berasal dari ketidakpastian yang kemudian dapat dinyatakan dengan probabilitas. Ketidakpastian pada *unknown unknowns* bersumber dari tidak dapat diaksesnya atau, secara ekstrem, tidak adanya pengetahuan dan informasi mengenai hal yang bersangkutan. Stoelsnesa (2007) menyatakan bahwa dampak dari ketidakpastian jenis ini tidak dapat dievaluasi sebelumnya.

Walaupun di dalam proyek cukup banyak dijumpai permasalahan tak terduga, konsep *unknown unknowns* jarang didiskusikan atau diperhatikan di dalam industri konstruksi. Namun demikian, *unknowns* jenis ini, bila muncul, dapat menyebabkan risiko yang signifikan terhadap suatu usaha atau suatu proyek. Risiko ini biasanya meliputi keterlambatan penyelesaian suatu program disertai dengan dampak finansial yang negatif. Pada keadaan ekstrem, *unknown unknowns* dapat menjadi penyebab disrupsi pada suatu proyek konstruksi.

Definisi disrupsi menurut *Society of Construction Law Delay and Disruption Protocol* (2017), adalah sebagai berikut:

'Disruption (as distinct from delay) is a disturbance, hindrance or interruption to a Contractor's normal working methods, resulting in lower efficiency.'

Disrupsi pada dasarnya diindikasikan dengan sangat menurunnya produktivitas di dalam pelaksanaan kegiatan proyek konstruksi karena kegiatan tersebut tidak dapat dilaksanakan dengan efisiensi yang direncanakan. Kejadian yang menyebabkan disrupsi disebut dengan *disruption events*, yang misalnya dapat berupa terhambatnya akses ke lokasi konstruksi, urutan pekerjaan yang tidak dapat dilaksanakan sesuai dengan yang direncanakan, atau perubahan-perubahan pada desain, dan sebagainya. Kejadian ini juga dapat memiliki akibat sekunder terhadap pelaksanaan pekerjaan seperti dengan adanya penumpukan pekerja, terganggunya supervisi akibat adanya tim kerja yang terfragmentasi, lembur yang berlebihan, dan juga menurunnya semangat pekerja. Menurunnya produktivitas secara signifikan akan menimbulkan kerugian finansial di dalam melaksanakan pekerjaan yang terkena dampaknya.

Penyebab disrupsi di dalam proyek konstruksi seringkali terdiri dari sejumlah *events* yang saling terkait sehingga akhirnya mengakibatkan sangat menurunnya produktivitas. Pada awal dimulainya proyek, penyebab ini sering belum disadari berpotensi terjadi (*unknown unknowns*), padahal dapat mengakibatkan berhenti totalnya pekerjaan konstruksi atau dengan kata lain disrupsi. Keberadaan *unknown unknowns* ini baru disadari setelah *event* yang bersangkutan dialami. Di dalam konteks industri konstruksi keadaan ini seringkali disebut sebagai *blind spots*.

Disrupsi ditandai oleh berbagai hal, seperti pekerjaan yang terputus-putus, kemacetan, jam kerja yang diperpanjang, kualitas supervisi yang buruk, kurangnya komunikasi, kepadatan berlebihan di lokasi konstruksi, atau kesalahan rekayasa. Disrupsi atau dampaknya, yaitu sangat menurunnya produktivitas, dapat dianalisis berdasarkan tingkat *input* sumberdaya yang diperlukan untuk mencapai suatu kinerja *output* yang spesifik, atau *output* yang dihasilkan dengan sejumlah *input* tertentu.

4. BELAJAR DARI MASA PANDEMI COVID-19: TANTANGAN MENGELOLA PROYEK KONSTRUKSI DI TENGAH UNKNOWN-UNKNOWN RISK EVENT

Pandemi Covid-19: Gangguan terhadap pelaksanaan proyek konstruksi

Para pelaku industri konstruksi, termasuk pemilik proyek, *developer*, kontraktor, sub-kontraktor, dan para *vendor* di dalam suatu rantai pasok, telah mengalami dampak akibat pandemi Covid-19 yang tidak pernah diduga atau diantisipasi sebelumnya. Di Indonesia tidak terkecuali, pandemi ini berdampak sangat signifikan terhadap keberlangsungan proyek-proyek pembangunan infrastruktur, terutama sepanjang tahun 2020. Keterlambatan pada proyek konstruksi akibat pandemi ini disebabkan antara lain kendala dalam proses mobilisasi, peningkatan biaya karena ada status Pembatasan Sosial Berskala Besar (PSBB) pada banyak wilayah di Indonesia, dan kurangnya ketersediaan sumber daya jasa konstruksi, termasuk ketersediaan tenaga kerja konstruksi (Sindo, 2020).

Kenyataan yang baru ini telah menyentuh hampir setiap aspek dari proses konstruksi. Ini meliputi secara khusus masalah-masalah berikut: peringatan-peringatan terkait kontrak proyek terhadap persyaratan pemenuhan kewajiban, penjadwalan dan penyesuaian yang diperlukan, penangguhan proyek, terminasi dan pengaturan kembali, keselamatan kerja konstruksi dan kepatuhan terhadap peraturan keselamatan kerja,



pengelolaan tenaga kerja, dampak keterlambatan material, sub-kontraktor dan rantai pasok, manajemen risiko dan asuransi, pencegahan terjadinya *claim*, atau pengelolaan *claim*, serta proses perselisihan.

Direktorat Jenderal Bina Konstruksi Kementerian PUPR di dalam konferensi persnya pada tanggal 12 Juni 2020 menyampaikan beberapa dampak tersebut terhadap penyelenggaraan jasa konstruksi (Kompas.com, 2020):

- a. Pemotongan, perubahan, atau realokasi dan *refocusing* anggaran pelaksanaan proyek-proyek Kementerian PUPR untuk penanganan dampak Covid-19. Besarnya anggaran Kementerian PUPR yang dipotong untuk penanganan Covid-19 ialah sebesar Rp 44,5 triliun dari total Rp 120 triliun.
- b. Keterlambatan penyelesaian proyek. Diperlukan strategi khusus untuk mengatasi dampak ini.
- c. Proyek-proyek konstruksi yang sedang berjalan terkendala dalam proses mobilisasi dan ketersediaan tenaga kerja atau material atau peralatan. Untuk mengatasi terjadinya perlambatan penyelesaian proyek dilakukan penghentian pekerjaan sementara apabila proyek itu terletak di zona merah.
- d. Peningkatan biaya pelaksanaan proyek. Status PSBB dan *physical distancing* berpengaruh kepada mobilisasi material, peralatan, dan tenaga kerja yang akhirnya menyebabkan peningkatan biaya proyek.

Kontraktor mengkonfirmasi kondisi keterlambatan penyelesaian proyek yang dikemukakan di atas. Pimpinan Gabungan Pelaksana Konstruksi Nasional Indonesia (Gapensi) mengatakan bahwa kondisi kedaruratan yang ditimbulkan oleh Covid-19 berimplikasi pada ketidakmungkinan proses pengerjaan konstruksi untuk berjalan normal, efektif, berkualitas dan tepat waktu. Akibat pandemi ini proyek pengerjaan bangunan di suatu daerah menjadi terbengkalai karena material dan para pekerjanya kesulitan ke lokasi proyek. Hal ini merupakan dampak dari kebijakan karantina wilayah yang diberlakukan pimpinan di daerah. Kondisi menjadi semakin berat jika materialnya harus didatangkan dari propinsi lain. Selain itu, kontraktor juga mengalami masalah akibat variabel eskalasi harga dan bahan baku yang melambung tinggi karena pelemahan nilai tukar rupiah.

Sehubungan dengan permasalahan yang dihadapi kontraktor di dalam pelaksanaan proyek konstruksi, pemerintah dihimbau untuk mengambil kebijakan dan tindakan berikut (Kompas.com, 2020):

- a. Mengeluarkan payung hukum terkait perpanjangan waktu penyelesaian pekerjaan hingga melampaui tahun anggaran.
- b. Melakukan penyesuaian harga satuan item pekerjaan dengan memberikan addendum biaya tambah atau dengan re-scoping (pengurangan item pekerjaan).
- c. Terkait dengan keberlanjutan proses pengadaan barang dan jasa konstruksi, mengevaluasi kembali Surat Edaran Menteri Keuangan (SE No. S-247/MK.07/2020 tentang penundaan pengadaan barang dan jasa yang bersumber dari DAK fisik.
- d. Tetap melanjutkan proyek dengan nilai di bawah 10 miliar yang diperuntukan bagi skala kecil dan atau UMKM.
- e. Mengusulkan agar belanja modal fisik yang direalokasi hanya untuk proyek multi years di mana azas manfaat dari kegiatan tersebut belum bisa dicapai sesuai target atau berfungsi pada tahun 2020.
- f. Terkait sektor keuangan, pemerintah diminta menurunkan suku bunga modal kerja konstruksi diiringi dengan restrukturisasi kredit dan penundaan bayar pokok sesuai dengan skala usaha. Selanjutnya, pembertakuan penurunan suku bunga modal kerja ditujukan untuk angsuran leasing alat berat konstruksi.

Pandemi Covid 19 selanjutnya berdampak kepada pertumbuhan industri konstruksi Indonesia secara menyeluruh. Menurut *Fitch Solution* (di dalam Kompas.com, 2021) nilai industri konstruksi Indonesia diperkirakan pada tahun 2021 tumbuh hanya 2,7 persen. Di tengah harapan akan adanya pemulihan sektor infrastruktur Indonesia pada tahun 2021, angka infeksi kasus Covid-19 yang melonjak sampai pertengahan tahun ini dan adanya pembatasan wilayah justru menjadi penghalang. Ditengarai bahwa dampak yang ditimbulkan pada tahun 2021 tidak akan separah kondisi tahun 2020, karena industri konstruksi termasuk sektor esensial dan dibiarkan terus berlanjut. Data pada paruh pertama tahun 2021 telah menunjukkan beberapa tanda pemulihan, meskipun pada angka lebih rendah dari yang diprediksi sejak awal. Meski demikian, kondisi industri konstruksi untuk sisa tahun ini masih sangat fluktuatif karena pandemi belum sepenuhnya terkontrol. Pemulihan sektor infrastruktur dan konstruksi Indonesia sangat bergantung pada kemampuan pemerintah untuk belanja infrastruktur (*Fitch Solutions* dalam Kompas.com, 2021).

Selama pandemi, biaya pelaksanaan konstruksi juga mengalami peningkatan. Di Jakarta rata-rata biaya konstruksi menembus angka 689 dollar AS atau ekuivalen dengan hampir Rp 10 juta per meter persegi (Kompas.com, 2021).



Di dalam laporan konsultan *real estate*, *Turner & Townsend* (di dalam Kompas.com, 2021), disampaikan bahwa selama hampir 18 bulan hingga tahun 2021 ini, pemerintah, bisnis, dan rumah tangga mengalami keadaan darurat sebagai dampak pandemi Covid-19. Dunia yang muncul akibat pandemi global sangat berbeda dengan sebelumnya. Sekarang, pemulihan pasca-pandemi sedang berlangsung, para pemimpin dunia menyerukan agar tahun-tahun mendatang menjadi lebih dari sekadar periode pertumbuhan, tetapi juga pembaruan dan perubahan positif. Pemerintah di seluruh dunia telah mendorong dan mengupayakan sektor konstruksi untuk terus bergerak, dan menjadi mesin pertumbuhan ekonomi yang lebih luas.

Fakta-fakta di atas menunjukkan disrupsi yang terjadi khususnya di dalam sektor konstruksi sebagai dampak dari pandemi Covid-19 (*unknown unknown*), dengan efeknya kepada keseluruhan rantai pasok, yang belum pernah terjadi sebelumnya. Meningkatnya biaya konstruksi, gangguan rantai pasok dan kekurangan tenaga kerja terampil, menjadi hambatan terbesar bagi pertumbuhan industri.

Dampak gabungan dari strategi negara yang berbeda untuk mengatasi pandemi menyebabkan konfigurasi ulang seluruh lanskap ekonomi global. Tingkat dan kecepatan perubahan selama 18 bulan terakhir belum pernah terjadi sebelumnya. Sifat dampak dan tingkat kompleksitas yang diakibatkannya tergantung terutama dari lokasi usaha dan proyek-proyek terkait. Aktivitas konstruksi bergerak dan berubah tergantung dari kebijakan pemerintah tentang apakah konstruksi dianggap sebagai kegiatan usaha yang esensial. Akibatnya, krisis Covid-19 telah mendorong para pelaku industri untuk meninjau kembali tantangan-tantangan bisnis jangka pendek maupun jangka panjang. Survei tahun ini melukiskan gambaran optimisme, namun hati-hati, untuk industri konstruksi. Awalnya, pemerintah mengalokasikan proporsi yang cukup besar pada Tahun Anggaran 2021 untuk pembangunan infrastruktur. Namun, pemerintah harus melakukan penyesuaian terhadap alokasi dana untuk pembangunan perawatan kesehatan. Karena itu, proyek dalam fase pra-konstruksi akan datang berada di bawah tekanan berat, terutama yang didanai negara. Ini akan membebani pertumbuhan nilai industri konstruksi hingga akhir tahun (Kompas.com, 2021).

5. MENYIKAPI *UNKNOWN UNKNOWN*S

Manajemen risiko yang dilaksanakan dengan baik diperlukan untuk menyikapi berbagai jenis risiko di dalam proyek konstruksi. Pemimpin proyek harus memastikan bahwa seluruh *known knowns* telah diperhitungkan, seluruh *known unknowns* diteliti lebih lanjut, dan audit dilakukan untuk meminimumkan dampak *unknown unknowns*.

Menurut de Bruijne et al. (2010), proyek-proyek dimana para pelakunya bekerja sama di dalam mengidentifikasi risiko, memiliki kemampuan untuk memperkecil peluang risiko *unknown* yang tidak pernah dikenal sebelumnya. Kerja sama ini akan menghasilkan analisis risiko bersama (*joint risk analysis*) dan komunikasi untuk mengurangi ambiguitas yang keseluruhannya memerlukan manajemen proses dan kolaborasi. *Partnering* merupakan dasar pemikirannya. Namun demikian, sikap seperti ini tidak mudah direalisasikan. Proyek-proyek kolaboratif seperti ini tidak dapat berhasil di dalam lingkungan dimana para pelakunya berusaha untuk mencapai sasarannya masing-masing. Inisiatif seperti ini harus diterapkan di dalam lingkungan yang lebih transparan. Untuk itu diperlukan cara berpikir yang baru dan cara yang baru pula untuk mengelola proyek-proyek infrastruktur berskala besar, dimana perilaku oportunistik dengan adanya fragmentasi berdasarkan kontrak harus dihindari.

Penelitian-penelitian yang dilakukan untuk mengeksplorasi cara memahami lebih baik *unknown unknowns* memperlihatkan bahwa tantangannya biasanya selain terletak pada sifat *unknown unknowns*, namun juga kadang-kadang pada pihak-pihak yang menghadapi *event* tersebut. Alles (2009) berpendapat bahwa halangan terbesar untuk menangani *unknown unknowns* adalah bahwa risiko ini tidak mudah dibayangkan dan juga bahwa mereka yang tidak mampu menghadapinya kadang-kadang secara sengaja mengabaikannya.

Pada kasus-kasus tertentu, suatu *event* yang berpeluang terjadi tidak dapat dikategorikan kepada *unknown unknown* karena telah diidentifikasi, namun konsekuensinya dapat dikategorikan kepada *unknown unknown*. Misalnya terjadinya bencana alam dapat diprediksi dengan mudah, namun dampaknya tidak mudah diestimasi karena efek *knock-on* atau efek domino yang berantai seperti yang dikemukakan oleh Ogaard (2009).

Di dalam lingkungan proyek yang menghadapi *unknown unknown* dan disrupsi sebagai dampaknya, pengambilan keputusan harus dilakukan dengan hati-hati. Pendekatan yang proaktif dilengkapi dengan aspek legalnya seringkali diperlukan untuk mengambil keputusan yang *cost-effective*.



Langkah pertama yang harus dilakukan di dalam mengelola *unknown unknown* adalah memahami akar permasalahan yang dihadapi. Walaupun permasalahannya tampak besar dan sulit diatasi namun setelah dilakukan penelitian lebih lanjut akar permasalahannya seringkali mungkin lebih kecil. Permasalahan harus dikomunikasikan sedini mungkin oleh manajer proyek. Selanjutnya perlu ada solusi yang direkomendasikan sehingga *stakeholders* dapat diyakinkan bahwa proyek dapat dilanjutkan. Seluruh pihak yang terlibat harus selalu memperoleh informasi mengenai kemajuan yang dicapai di dalam upaya mengatasi permasalahan. Komunikasi yang direncanakan dan dilaksanakan dengan baik merupakan kunci untuk membangun saling percaya dan kredibilitas. Untuk proyek yang akan dilaksanakan pada masa yang akan datang, permasalahan yang berawal dari *unknown unknown* pada proyek saat ini, akan menjadi *known unknown* dengan adanya dokumentasi mengenai pengalaman dan solusi yang diterapkan. Dengan demikian dapat diharapkan adanya pemahaman yang lebih baik mengenai risiko yang bersangkutan sehingga dapat didokumentasikan sebagai *known risk* untuk proyek lainnya. Tantangan seorang manajer proyek adalah menjadikan sebanyak mungkin *unknown unknowns* menjadi *known unknowns* sehingga dapat dilakukan antisipasinya dengan baik. Walaupun tidak semua hal dapat dipikirkan dan direncanakan, namun ada jalan untuk meminimumkan keterlambatan dan dampak negatif terhadap proyek akibat dari *unknown unknowns*.

6. KESIMPULAN

Events yang berpeluang rendah untuk terjadi namun dampaknya sangat signifikan bila terjadi (*Black Swans*) dan dikategorikan sebagai *unknown* dapat dialami oleh berbagai sektor dan industri. Banyak risiko yang secara inheren ada di dalam proyek-proyek infrastruktur seringkali tidak teridentifikasi atau bersifat *unknown* sampai *risk event* yang bersangkutan terjadi. Manajemen risiko umumnya meliputi analisis terhadap bahaya yang dapat diidentifikasi dan diduga (*foreseen*), sementara proyek infrastruktur yang besar dan kompleks tidak dapat mengabaikan keberadaan risiko yang tidak dapat diprediksi yang disebut dengan *unknown unknown*. Kenyataan ini terutama bersumber dari kurangnya pengetahuan tentang *unknowns* ini dan kejadian-kejadian pada masa yang lampau tidak cukup untuk memperkirakan masa yang akan datang. Terlebih lagi, sebagian besar proyek konstruksi infrastruktur bersifat unik dengan interaksi yang sangat beragam antar pihak-pihak yang terlibat. Masa pandemi Covid-19 telah memperlihatkan bahwa risiko yang tergolong dalam *unknown unknowns* berpotensi menyebabkan disrupsi di dalam proyek konstruksi infrastruktur. Disrupsi yang terjadi dapat menyebabkan proyek terhenti dan menimbulkan kebutuhan perubahan perencanaan dan pendanaannya. Pada keadaan ekstrem, *unknown unknowns* seperti pandemi Covid-19 berakhir dengan keadaan normal yang baru atau *'the New Normal'*. Untuk menyikapi *risk event* yang terjadi akibat *unknown unknowns* diperlukan kolaborasi yang baik di antara pihak-pihak yang terlibat di dalam proyek disertai dengan transparansi dan komunikasi untuk meminimumkan dampak negatifnya terhadap pencapaian objektif proyek.

REFERENSI

- Alles, M. (2009). Governance in the age of unknown unknowns. *International Journal of Disclosure and Governance*, 6, 85-88.
- De Bruijne, M., Koppenjan, J., Ryan, N. (2010). Coping with unknown unknown and perverting effects. An introduction to the crises of risk management in public infrastructure management, IRSPM Conference, Berne, Swiss.
- Hillson, D. (2005). Why Risks Turn into Surprises, *Risk Doctor Briefings (Electronic Version)* no. 16.
- Kim, S.D. (2012). Characterizing unknown unknowns. *PMI Global Congress*.
- Kompas.com (2020).
- Kompas.com (2021).
- Koran Sindo (2020).
- Ogaard, R. (2009). Known unknowns. *Reinsurance*.
- Rumsfeld, D. (2002). Department of Defense news briefing, February 12, 2002.
- Society of Construction Law Delay and Disruption Protocol (2017).
- Stoelnsnes, R.R. (2007). Managing unknowns in projects. *Risk Management*, 9(4), 271-280.
- Taleb, N.N. (2007). *The Black Swan, the Impact of the Highly Improbable*, New York, Random House.
- Veritas Total Solutions, Unknown Unknowns: How to Manage Risk Against the Unexpected, CTRM Project Management Done Right. Diunduh dari <https://info.veritasts.com/insights>



Prof. Ir. Bambang Suhendro, M.Sc., Ph.D.

Prof. Ir. Bambang Suhendro, M. Sc., Ph.D. adalah guru besar atau Ahli Utama dalam Himpunan Ahli Konstruksi Indonesia (HAKI). Saat ini aktif sebagai Guru Besar Fakultas Teknik di Universitas Gadjah Mada, Anggota Komisi Keamanan Jembatan dan Terowongan Jalan (KKJTJ) Kementerian PUPR, Anggota Komite Keselamatan Konstruksi (Komite K2) Kementerian PUPR, Anggota Akademi Ilmu Pengetahuan Indonesia (API), Korwil Jateng – DIY sebagai Himpunan Ahli Konstruksi Indonesia, serta aktif sebagai Komda DIY dalam Asosiasi Ahli Rekayasa Kegempaan Indonesia.

Edukasi

- 1997 Sarjana Muda Teknik Sipil (BE), Fakultas Teknik UGM.
- 1979 Sarjana Teknik Sipil (Ir), Fakultas Teknik UGM.
- 1985, Master of Science in Structural Engineering (M.Sc.), Department of Civil & Environmental Engineering, Michigan State University, Michigan, USA.
- 1989 Doctor of Philosophy in Structural Engineering (Ph.D.), Department of Civil & Environmental Engineering, Michigan State University, Michigan, USA.
- 1996 Post Doctor Program in Smart Materials & Smart Structures, College of Engineering, Michigan State University, Michigan, USA.

Pelatihan Internasional

- 1980 Hydraulic Structures, Concrete Arch & Gravity Dams, Nippon Koei Consulting Engineers, Tokyo, Japan.
- 1982 Earthquake Engineering for Structural Engineers, Japan International Cooperation Agency
- 1999 Assessment of Existing Highway Bridges, Monash University, Clayton, Australia

Organisasi Profesional

Himpunan Ahli Konstruksi Indonesia (Haki) – Ahli Utama
Asosiasi Ahli Rekayasa Gempa Indonesia (AARGI)
Persatuan Insinyur Indonesia (PII)



Ilmiah Paten

ID P0029758: Konstruksi Perkerasan dan Pondasi Dengan Sistem Cakar Ayam Modifikasi, solusi pada tanah lunak dan ekspansif, 2011

P00201802759: Tumpuan Klip Sementara Untuk Mengukur Gaya Tarik Kabel Jembatan, 2019

Publikasi

75 Paper di International Journal / Conference Proceedings (30 diantaranya Scopus Indexed)

175 Paper dalam jurnal / Prosiding Seminar Nasional

KoNTeKs . 15

Konferensi Nasional Teknik Sipil Ke-15

THE CONSTRUCTION INDUSTRY RECOVER,
REBUILD & RENEW IN THE PANDEMIC ERA



DAFTAR MAKALAH

A REKAYASA GEOTEKNIK

GT - 01	Analisis Ancaman Gerakan Tanah dan Kerusakan Lingkungan Pada Pembangunan Infrastruktur <i>Shortcut</i> <i>I Nengah Sinarta, Putu Ika Wahyuni, A.A Istri Wahyu Mahendrayani</i>	2
GT - 02	Estimasi Nilai <i>Suction</i> Pada Batas Plastis dan Batas Cair <i>Budijanto Widjaja, Stella Liviana, Martin Wijaya</i>	11
GT - 03	Analisis Lendutan <i>Rigid Pavement</i> Akibat Pengaruh <i>Sweeling Pressure</i> dengan Metode Elemen Hingga <i>Rojab Nurul Huda, Bambang Setiawan, dan Wibowo</i>	19
GT - 04	Metode Akurat Interpretasi Kontur Lapisan Pasir dengan Menggunakan Analisis <i>Surfer</i> Untuk Kajian Likuifaksi Pada <i>Sand Relief 3D Map Especially in The Coastal Zone</i> Kota Banda Aceh <i>Munirwansyah, M, Munirwan, R.P, Munirwan, H, Almira, Z</i>	26
GT - 05	Kajian Daya Dukung <i>Bore Pile</i> Pada Proyek Pembangunan Gedung Jendral Soedirman Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur <i>Ahmad dan Muhammad Noor Asnan</i>	34
GT - 06	Analisis Penanganan Longsor Tanah Lanau Kepasiran di Tegalalang, Gianyar, Bali <i>I Wayan Ariyana Basoka, I Ketut Yasa Bagiarta</i>	41
GT - 07	Evaluasi Potensi Likuifaksi dengan Aplikasi <i>App Inventor</i> <i>Daniel Hartanto, Widja Suseno, Yuli Yohanes dan Gabriel Jose</i>	49
GT - 08	Analisis Bangunan Miring Empat Lantai di Bangka Belitung Menggunakan Parameter Asumsi <i>Orlando, Gregorius Sandjaja Sentosa, Aniek Prihatiningsih, dan Alfred Jonathan Susilo</i>	62
GT - 09	Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kuat Tekan Bebas Campuran Tanah Lempung-Serat Sabut Kelapa <i>Anita Widianti, dan Hanung Adji Laksono</i>	72
GT - 10	Pengaruh Abu Tandan Sawit dan Semen Terhadap Nilai Kuat Geser Tanah Lempung <i>Muthia Anggraini, Alfian Saleh</i>	79
GT - 11	Penyelidikan Tanah Jalur Jalan I Gusti Ngurah Rai, Sunset Road, Pelabuhan Benoa dan Bandara I Gusti Ngurah Rai Bali <i>I Wayan Redana</i>	87
GT - 12	Analisis Daya Dukung dan Settlement Pada Pondasi <i>Bored pile</i> <i>Lydia Darmiyanti dan Moch Rizky Ramadhan</i>	94
GT - 13	Analisa Daya Dukung <i>Minipile</i> Pada Proyek Pembangunan <i>Taxiway</i> Bandara Aji Pangeran Tumenggung Pranoto Samarinda <i>Vebrian, Niswaton Arifah, Santi Yatnikasari, Muhammad Noor Asnan</i>	100
GT - 14	Kajian Longsor Kebun Kopi km 42 dengan Menggunakan Metode Kesetimbangan Batas <i>Mohammad Zico Bierhofa, Sriyati Ramadhani, Martini dan Kusnindar Abdul Chau</i>	108
GT - 15	Pengaruh Molaritas dan Substitusi Bubuk Cangkang Telur Terhadap Nilai Kuat Tarik Belah Tanah Lanau dengan Stabilisasi Geopolimer-Abu Terbang <i>Willis Diana, Edi Hartono dan Serina Desylvia Triwidayarsi</i>	117



B. INFRASTRUKTUR DAN LINGKUNGAN

LK - 01	Sintesis Bangunan Pengolahan dan Instalasi Pengelolaan Air Limbah Kelapa Sawit <i>Rina Marina Masri, Iskandar Muda Purwaamijaya, Kathlien Nurfajrin dan Ryan Nizar</i>	126
LK - 02	Prioritas Pemeliharaan Bangunan Gedung Berbasis <i>Analytical Hierarchy Process</i> <i>Iskandar Muda Purwaamijaya, Muhammad Arik Farhan Fuadi, Rina Marina Masri dan Fairuz Salwa</i>	137
LK - 03	Penilaian Status Keberkelanjutan Pada Keseimbangan Air Tanah Dangkal di Kawasan Pemukiman Jakarta, Indonesia <i>Erna Savitri</i>	149
LK - 04	Penentuan Prioritas Strategi Kebijakan Konservasi Air Tanah Untuk Keberlanjutan Keseimbangan Air Tanah di Kawasan Pemukiman <i>Erna Savitri</i>	160

C. KEAIRAN

KA – 02	Analisis <i>Depth-Area-Duration</i> dengan HEC-RAS 2D Dalam Penentuan Infrastruktur Pengendalian Banjir di Banjir Sungai Pedolo <i>Kadek Windy Candrayana, I Nengah Sinarta, dan Cokorda Agung Yujana</i>	172
KA – 03	Gerusan Lokal Pada Pilar Jembatan Akibat Banjir Bandang (<i>Flash Flood</i>) yang Mengangkut Sedimen dan Debris <i>Maimun Rizalihadi</i>	183
KA – 04	Pemodelan Fisik Pengaruh Tinggi Pasang Surut Terhadap Kecepatan Aliran di Muara Sungai <i>Imam Rohani, Daeng Paroka, Muhammad Arsyad Thaha, Mukhsan Putra Hatta</i>	194
KA – 05	Prioritas Pemeliharaan Bangunan Gedung Berbasis <i>Analytical Hierarchy Process</i> <i>Iskandar Muda Purwaamijaya, Muhammad Arik Farhan Fuadi, Rina Marina Masri dan Fairuz Salwa</i>	202
KA – 06	Identifikasi Kondisi Saluran <i>Drainase</i> Jalan Terhadap Indeks Kerusakan Perkerasan Lentur Dengan Metode <i>Pavement Condition Index</i> Pada Ruas Jalan <i>Bypass</i> Gempol Kabupaten Pasuruan Jawa Timur <i>Faradillah Saves, Nurani Hartatik dan Ahnaf Sururi</i>	214
KA – 08	Kajian Teknis Stabilitas Kolam Pengendap Pada Area Penambangan PT. AFB di Kabupaten Morowali, Sulawesi Tengah <i>Muh. Saleh Thalib, Setiyawan dan Yuli Asmi Rahman</i>	226



D. MANAJEMEN DAN REKAYASA KONSTRUKSI

MK - 01	Identifikasi Faktor Keterlambatan Pada Tahap <i>Procurement</i> di Masa Pandemi <i>Coronavirus Disease-19</i> Pada Proyek Konstruksi <i>Yemima Theofanny, Caecilia Prayitna Welend, Hermawan, Jati Dwi Hatmoko</i>	241
MK - 02	Analisis Kesiapan Penyedia Jasa Dalam Upaya Peningkatan Kualitas Produk Konstruksi <i>Albani Musyafa</i>	248
MK - 03	Manajemen Konflik Rencana Anggaran Biaya Dalam Membangun Sarana Umum dengan Sistem Gotong Royong <i>Edison Hatoguan Manurung, Abdul Mubarak dan Charles Sitindaon</i>	255
MK - 04	Pengaruh Perubahan Desain Separator Lift Pada Tahap Konstruksi Terhadap Biaya Konstruksi (Studi Kasus Pembangunan Gedung di Jl. M.H. Thamrin, Jakarta) <i>Alip Prajoko, Edison Hatoguan Manurung dan Akhmad Dofir</i>	260
MK - 05	Pengaruh Pandemi COVID-19 Pada Pelaksanaan Proyek Konstruksi Bangunan: Persepsi Kontraktor	266
MK - 06	Kajian Faktor yang di Pertimbangkan Dalam Penyediaan Alat Berat <i>Excavator</i> di Kota Banda Aceh <i>Ricky Reja Pahlevie, Mubarak, Fachrurrazi</i>	274
MK - 07	Analisis Perbandingan Dampak Pandemi Covid-19 Pada Kontraktor Berskala Besar dan Kecil di Kota Jabodetabek <i>Felix Hidayat, Nathaniel Wijaya, Muchammad Sarwono Purwa Jayadi</i>	282
MK - 08	Studi Awal Efisiensi Penggunaan 5D-BIM Terhadap Volume Material dan Estimasi Biaya Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus Rumah Tinggal 2 Lantai) <i>A. Christopher Dwi B, Daniel Suryo Wasono, Hermawan, Jati Utomo Dwi Hatmoko</i>	292
MK - 09	Studi Awal Pemodelan <i>Building Information Modeling (BIM) 4D</i> Menggunakan <i>Program Tekla Structures</i> Berbasis <i>Life Cycle</i> (Studi Kasus Pada Proyek X di Yogyakarta) <i>Amelia Putri Sabela, Luthfi Nindyapradana, Hermawan, Jati Utomo Dwi Hatmoko</i>	302
MK - 10	Pengaruh <i>Hard Skill</i> dan <i>Soft Skill</i> Dalam Kesuksesan Proyek Konstruksi <i>I Nyoman Yudha Astana, GAP. Candra Dharmayanti, Ni Made Indah Virgayanti</i>	313
MK - 11	Penanganan Dampak Ancaman Gelombang Kedua COVID-19 dalam Sektor Konstruksi di Indonesia <i>Desiderius Viby Indrayana, Abdurrahim Rafsanjani</i>	320
MK - 12	Identifikasi Peran dan Kebutuhan Informasi <i>Stakeholders</i> Utama Dalam Pengembangan SITIKI <i>Jonathan dan Muhamad Abduh</i>	328
MK - 13	Pengaruh Kompetensi Terhadap Kinerja Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kota Tanjungpinang Dalam Implementasi <i>E-Procurement</i> <i>Dede Fajarnadi Candra</i>	339
MK - 14	Analisis dan Pengendalian Risiko Kerja Pada Pelaksanaan Proyek Bendungan Sidan di Badung, Bali <i>Dewa Ketut Sudarsana, Ida Bagus Rai Adnyana, I Gusti Made Putra Wedhana</i>	347
MK - 15	Proyek Konstruksi Pada Masa Pandemi Covid-19: Studi Terhadap Kebijakan Bagi Pekerja Konstruksi <i>Ryandika, Meifrinaldi</i>	356

MK – 16	Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) Pada Pekerjaan <i>Runway</i> Bandara Buntu Kunik Kabupaten Tana Toraja <i>Eka Priska Kombong, Parea Rusan Rangan, Henrianto Masiku, Jacob Bokko, Decalice Sandagallang, Marselina Indrisari</i>	366
MK – 17	Penerapan <i>Value Engineering</i> (VE) Pembangunan Irradiator Gamma Serbaguna Kapasitas 2 MCi <i>Jasman, dan Mardiaman</i>	375
MK – 18	Kesesuaian Standar Perencanaan Gedung dan Jembatan Pada Proyek Strategis Nasional Stasiun Manggarai Jakarta <i>Ferry Hermawan1, Himawan Indarto2, Muhrozi2, Novita Bertiani Ndeo2 dan Alliza Nanda El Husna</i>	387
MK – 20	Evaluasi Kinerja Sumber Daya Manusia Pada Proyek Gedung Apartemen 31 Sudirman <i>Suites</i> di Masa Pandemi Covid 19 <i>Ayu Sari Pasinggi, Josefina Ernestine. Latupeirissa, Meti</i>	397
MK – 22	Kajian Faktor-Faktor Keberhasilan Hubungan Kerjasama Kontraktor dengan Subkontraktor/Pemasok (Studi Kasus: Proyek Konstruksi di DKI Jakarta dan Jawa Barat) <i>Sabela Putri Sexa dan Biemo W. Soemardi</i>	406
MK – 23	Kajian Penerapan Teknologi Oleh Kontraktor Dalam Menghadapi Kondisi Pandemi Covid-19 <i>Rika Permatasari, Ignatius Mahardika, dan Biemo W. Soemardi</i>	417
MK – 24	Studi Literatur Kontrak Lumsum Berdasarkan Standar Pemerintah Indonesia dan FIDIC <i>Ritman Miko Hartanto, Jack Widjajakusuma dan Manlian Ronald Simanjuntak</i>	428
MK – 25	Studi Literatur Pengelolaan Risiko Pelaksanaan Proyek Bangunan Pantai Terhadap Kinerja Waktu Pelaksanaan <i>Marchin Alfredo, Jack Widjajakusuma</i>	435
MK – 26	Kajian Pengembangan Tolok Ukur Jalan Tol Hijau Baru di Indonesia <i>Kevin Andika Hartono dan Iris Mahani</i>	443
MK – 27	Umur Layan Cat di Indonesia: Kajian Literatur <i>Brigitta Petra Kartika Narindri</i>	455
MK – 29	Analisa Percepatan Proyek Menggunakan Metode <i>Crashing</i> dengan Alternatif Penambahan Tenaga Kerja atau Durasi Kerja <i>Andy Putra Rambe, Syahrizal dan Bunga Violita</i>	464
MK – 30	Analisis Percepatan Waktu Penyelesaian Proyek Menggunakan Metode <i>Fast-Track</i> dan <i>Crash Program</i> <i>Andy Putra Rambe, Ihda Mariani, Syahrizal</i>	471
MK – 31	Penerapan <i>Forensic Engineering</i> Pada Heritage Building (Studi Kasus: Kantor OJK Regional 3, Jawa Tengah dan D.I. Yogyakarta) <i>Hermawan, Junaedi Utomo, Daniel Hartono, Albertus Kriswandhono, Yohanes Khrisna Hadi Putra, Michael Sandjaya Yulianto</i>	482
MK – 32	<i>Branding</i> Pasar Tradisional Indonesia Sebagai Upaya Peningkatan Daya Saing Infrastruktur <i>Ferry Hermawan, Lius Catur Adiputro, Mariawati Manik, Rudi Yuniarto Adi</i>	490



MK - 33	Pengendalian Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Proyek Konstruksi <i>Ida Ayu Rai Wdhiawati</i>	497
MK - 36	Perbandingan Analisis Kelayakan Investasi Perumahan Di Kawasan Cileunyi <i>Dafary Alkhalifa, Dewi Yustiarini, Rochany Natawidjana</i>	504
MK - 37	Implementasi <i>Last Planner System</i> Di Indonesia (Studi Kasus: 2 Perusahaan BUMN Konstruksi) <i>Ni Luh Ayu Indrayani, Budi Hasiholan, dan Muhamad Abduh</i>	513
MK - 38	Pengaruh Kompetensi dan Komitmen Manajer Proyek Terhadap Keberhasilan Proyek Konstruksi Gedung <i>G.A.P Candra Dharmayanti, I Nyoman Yudha Astana dan Ni Luh Made Ayu Mirayani Pradnyadari</i>	523
MK - 39	Identifikasi Faktor Penentu Rencana Pengadaan Peralatan Konstruksi <i>Mixer Truck</i> <i>Muhammad Helza Saiful, Mubarak, Fachrurrazi</i>	533
MK - 40	Kajian <i>Benchmarking</i> Penerapan <i>Value Engineering</i> Untuk Industri Konstruksi Indonesia <i>Andrew Ng, Reini D. Wirahadikusumah, dan Budi Hasiholan</i>	542
MK - 41	Analisis Pencegahan Risiko Desain yang Tidak Sempurna Pada Kontrak Lumsum Melalui Implementasi BIM <i>Bustani, Jack Wdjajakusuma</i>	553
MK - 42	Optimalisasi Waktu Pemasangan Dinding Bata dengan Alat Bantu Spesi (Studi Kasus: Cluster XYZ Serpong Tangerang) <i>Mulyadi Sugih Dharsono, Van Basten, dan Bima Johan</i>	562
MK - 43	Identifikasi Pemborosan Proyek Konstruksi: Studi Kasus Pada Sebuah Kontraktor Gedung <i>I Made Bayu Purnama</i>	572
MK - 44	Faktor-Faktor Dominan yang Mempengaruhi Pembengkakan Biaya Pembangunan Gedung <i>Nurisra, Mahmuddin, Khairunnisa Putritami Saiful</i>	582
MK - 45	Profil Kinerja Konsultan Konstruksi Selama Pandemi Covid-19 di Kota Banda Aceh <i>T. M. Fadhil Azhari, Cut Zukhrina Oktaviani, Mubarak</i>	589
MK - 46	Manajemen Integrasi Direktori <i>Online</i> Sebagai Media Penghubung Jasa Dalam Mendukung Kepuasan Pelanggan <i>Anastasia Marjorie, Jack Wdjajakusuma</i>	597

E MATERIAL

MT – 02	Pengaruh Bahan Tambah Lem Beton Untuk Perbaikan Kegagalan Struktur Balok Beton Akibat Tarik Belah dan Lentur <i>Djoko Suwarno, Yoga Priyantono, Ariya Ferdian Nalendra, Widija Suseno</i>	607
MT – 03	Analisa Pengaruh Pemanfaatan Limbah Keramik Pada Campuran <i>Self Compacting Concrete</i> (SCC) <i>Anik Kustirini, Adolf Situmorang, Diah Setyati B. dan Bambang Purnijanto</i>	613
MT – 04	Pemanfaatan Limbah Pome Pada Lapisan <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i> (AC-WC) <i>Alfian Saleh, Muthia Anggraini, Fadrizal Lubis</i>	619
MT – 05	Tinjauan Sifat Fisik dan Mekanis Kayu Galam (<i>Malaluca Cajuputi</i>) Sebagai Balok Perancah Pengecoran Beton <i>Anang Akbar Arha, Ari Atfhin, Muhammad Noor Asnan, Farkhan Musyadad</i>	626
MT – 06	Kajian Kuat Tekan dan Absorpsi Beton dengan Bahan Tambah <i>Damdex</i> <i>Djoko Suwarno, Iqlauzal Zuhul Zenidane, Dany Aji Laksono, Yohanes Yuli Mulyanto</i>	633
MT – 07	Pemanfaatan <i>High Density Polyethylene</i> (HDPE) Sebagai <i>Additive</i> Pada Kuat Tarik Belah Beton Mutu Tinggi <i>Keumala Citra Sarina Zein, Wahyuni, Ulul Azmi</i>	641



F. REKAYASA STRUKTUR

ST – 01	Pengembangan Program CST dengan Octave Untuk Pengajaran Metode Elemen Hingga <i>Yoyong Arfiadi</i>	650
ST – 02	Optimasi Substitusi Agregat Halus dari Genteng Terhadap Nilai Karakteristik Beton dan Mortar <i>Ignatius Sudarsono, O Suharyono, Eko Wahyu U</i>	660
ST – 03	<i>Heritage Building Retrofitting</i> <i>Junaedi Utomo, Hermawan dan Daniel Hartono</i>	668
ST – 04	Analisis Perilaku Struktur <i>Pile Slab</i> Akibat Beban Tsunami (Studi Kasus: Jalan Tol Bali Mandara) <i>Gede Pringgana, Made Sukrawa, Naufal Firdaus Sandy Kusuma</i>	678
ST – 05	Review Perilaku Struktur Sambungan Balok Lantai Kayu LVL Sengon <i>A. A. Anindya, A. Awaludin, I. Irawathi</i>	688
ST – 06	Kapasitas Maksimum Balok Beton Bertulang yang Diperkuat dengan <i>Natural Fiber Reinforced Polymer</i> Berbahan Serat Abaka <i>Taufiq Saidi, Muttaqin Hasan, Zahra Amalia dan Nazira Suha Al Bakri</i>	694
ST – 07	Pengaruh Jenis Perekat <i>Natural Fiber Reinforced Polymer</i> Terhadap Kapasitas Maksimum Perkuatan Balok Beton Bertulang <i>Taufiq Saidi, Muttaqin Hasan, Zahra Amalia dan Rahmi Rabaiyani Joda</i>	702
ST – 08	Analisis Kinerja Struktur Rangka Beton Bertulang dengan <i>Inverted V-Braced</i> Menggunakan Metode <i>Pushover Analysis</i> <i>Laura Aulia, Gati Annisa Hayu</i>	709
ST – 09	Penilaian Kerentanan Bangunan Pada Daerah Terkena Tsunami di Kota Banda Aceh <i>Zu Irfan, Abdullah, Azmeri, Moch. Afifuddin</i>	721
ST – 10	Bahan Pasangan Dinding Menggunakan Bekas Bongkaran Bangunan dengan Lem Putih PVAc Sebagai Bahan Perekat <i>I Nyoman Arya Thanaya, I Nyoman Karnata Mataram, I Nyoman Agus Mahendra</i>	727
ST – 11	Perkuatan Lentur Balok Beton Bertulang dengan Mortar Geopolimer <i>Rita Irmawaty, Fakhrudin dan Andrew Oktaviyanto Gosal</i>	737
ST – 12	Pengaruh Tinggi Sepatu Kolom Terhadap Perilaku Sambungan Kolom Pracetak-Pondasi <i>Fakhrudin, Rita Irmawaty dan Rudy Djamaluddin</i>	745
ST – 13	Perbandingan Kurva Bahaya Gempa dengan Menggunakan <i>Probabilistic Seismic Hazard Analysis</i> dan Simulasi Monte Carlo <i>Richard Frans dan Yoyong Arfiadi</i>	753
ST – 14	Pengaruh Jenis Serat Alam <i>Natural Fiber Reinforced Polymer (NFRP)</i> Pada Perkuatan Balok Beton Bertulang <i>Muttaqin Hasan, Taufiq Saidi, Zahra Amalia dan Shafira Salsabila</i>	763
ST – 15	Analisis Pengaruh Kelangsingan Struktur Terhadap Perilaku Dinamis Struktur Gedung Beton Bertulang <i>I Ketut Sudarsana, I Gede Gegiranang Wiryadi, Gede Pringgana dan Alfa M. Wahyuni Sinaga</i>	770
ST – 16	<i>Assesment</i> dan Pemeriksaan Detail Bangunan Gedung Eksisting Pasca Gempa <i>Shyama Maricar, Anwar Dolu dan Agus Rivani</i>	781
ST – 17	Review Perilaku Lantai Komposit Beton Pracetak-Kayu <i>Wlment Febri Ginting, Ali Awaludin, Inggar Septhia Irawathi</i>	790

ST - 18	Perilaku <i>Joint</i> Balok Kolom Standar PBI 1971 Terhadap Beban Siklik Setelah Perbaikan dengan Bahan Ferosemen <i>Zardan Araby, Samsul Rizal, Abdullah, Mochammad Afifuddin</i>	798
ST - 19	Pengaruh Gaya Aksial Tekan Terhadap Perilaku Kolom <i>Nuraji</i>	806



G. REKAYASA TRANSPORTASI

TR – 01	Studi Penggunaan LWD Laboratorium Sebagai Alternatif Alat Uji Nilai Modulus Resilien Pada Campuran <i>Asphalt</i> Beton <i>Lucky Caroles, Siegfried, dan Irma N Guntur</i>	817
TR – 02	Persepsi Masyarakat Terdampak Pembangunan Jalan Tol (Studi Kasus: Kabupaten Sragen) <i>A R Indra Tjahjani, Nuryani Tinumbia, dan Jonbi</i>	827
TR – 03	Perancangan Petunjuk Pelaksanaan (SOP) Berdasarkan Rencana Pembangunan Jalan di Provinsi Banten <i>Faradila Afrilia Jatnika, Juang Akbardin, Rochany Natawidjana dan Nanang Dalil Herman</i>	836
TR – 04	Pengaruh Penambahan Limbah Plastik <i>Polypropylene</i> (PP) Terhadap Karakteristik <i>Marshall</i> <i>Hery Awan Susanto, Karina Merdiana</i>	847
TR – 05	Penilaian Aspek Ruang Dalam Penetapan Prioritas Penanganan Kerusakan Jembatan <i>Anang Mulyawan, Tony Judiantono, R. Didin Kusdian</i>	855
TR – 06	Analisis Karakteristik Pengguna Angkutan <i>Online</i> di Kota Palembang Pada Masa Pandemi Covid-19 <i>Yunita Mentari dan Imam Basuki</i>	865
TR – 07	Studi Laboratorium Pengaruh Perubahan Suhu Terhadap Modulus Resilien Campuran HRS-Base <i>Zepnat Kambu, Lucky Caroles, dan Irma N Guntur</i>	875
TR – 08	Analisis Dampak Covid-19 Terhadap Pelayaran di Indonesia <i>Abimanyu Swastika Putera</i>	882
TR – 09	Pengaruh Kesesuaian Mutu Pekerjaan Terhadap Kesuksesan Proyek Jalan di Provinsi Banten <i>Edo Nofri Anggara, Juang Akbardin, Rochany Natawidjana dan Nanang Dalil Herman</i>	888
TR – 10	Kajian <i>Experiment</i> Variasi <i>Asphalt</i> Bitumen Terhadap <i>Asphalt</i> Beton (Laston) AC-BC (Studi Kasus AMP Sempangnge (Impa-Impa) Sengkang Kab.Wajo) <i>Rahmawati, Hendro Widarto, Nurul Khafidah Amir</i>	900
TR – 11	Kajian Kebutuhan Masyarakat Terhadap Ojek <i>Online</i> di Kapaten Pringsewu <i>Devi Oktarina, Heni Lestyowati, Mira Wfsman, Dewi Fadilasari dan Karlia D</i>	913
TR – 12	Analisis Tingkat Kepuasan Pengguna Terhadap Parkir Mobil Bandara Halim Perdanakusuma <i>Ni Luh Putu Shinta Eka Setyarini, M.I. Dewi Linggasari, Rakhmat Thabroni</i>	920



MK – 31

PENERAPAN *FORENSIC ENGINEERING* PADA *HERITAGE BUILDING* (STUDI KASUS: KANTOR OJK REGIONAL 3, JAWA TENGAH DAN D.I. YOGYAKARTA)

Hermawan¹, Junaedi Utomo², Daniel Hartono³, Albertus Kriswandhono⁴, Yohanes Khrisna Hadi Putra⁵, Michael Sandjaya Yulianto⁶

¹Staf Pengajar Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang
Email: hermawan.mrk@gmail.com

²Staf Pengajar Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya
Yogyakarta, Sleman
Email: jun.utomo@gmail.com

³Mahasiswa S2 KK Rekayasa Geoteknik, FTSL, Institut Teknologi
Bandung, Bandung
Email: danielhar33@gmail.com

⁴Founder, Ertim Conservation Institute, Semarang
Email: kris.makriya@gmail.com

⁵Direktur, Ertim Conservation Institute, Semarang
Email: yohanes.khrisna.hadi.putra@gmail.com

⁶Mahasiswa Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang
Email: michaelsandjaya01@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu syarat bangunan dapat dikategorikan sebagai bangunan *heritage* ialah berusia lebih dari 50 tahun. Dengan demikian bangunan *heritage* merupakan sebuah warisan yang perlu untuk dijaga dan dilestarikan sehingga nilai tersebut tetap dapat terjaga. Oleh karenanya *forensic engineering* berperan sangat penting pada pelestarian bangunan *heritage*. Penyelidikan terhadap bangunan *heritage* harus dilakukan secara berhati-hati karena usia bangunan yang sudah tua sehingga memungkinkan untuk terjadi pelemahan elemen-elemen arsitektural maupun struktural. Karena usia bangunan yang sudah cukup tua maka seringkali terdapat beberapa tantangan diantara lain keterbatasan data terkait material yang digunakan, dokumen proyek asli. Selain itu keterbatasan dalam melakukan konservasi bangunan *heritage* yaitu adalah kurangnya *code* yang dapat digunakan sebagai acuan dalam penyelidikan, analisis maupun penanganan. Untuk dapat menentukan penanganan yang paling optimal pada sebuah bangunan *heritage* maka diperlukan pengumpulan data-data dengan berbagai metode pendokumentasian seperti penggunaan *drone*, *terrestrial laser scanner*, pencatatan manual, foto digital, *total station*, uji sondir, dan pengujian material. Setelah data-data dikumpulkan maka dapat dilakukan analisis secara menyeluruh dengan berdasarkan prinsip *engineering*. Tahap analisis data yang dilakukan diantara lain tahap analisis terhadap elemen-elemen arsitektural lalu analisis terhadap kinerja struktur bangunan dalam sebuah integritas struktur. Metode penanganan bangunan *heritage* harus dilakukan dengan berhati-hati agar tidak menimbulkan kerusakan yang lebih parah serta tidak merubah nilai dari bangunan *heritage* tersebut. Dengan demikian untuk menentukan metode dari penanganan bangunan *heritage* perlu diambil kesetimbangan antara perlindungan terhadap aspek signifikan dengan peraturan-peraturan yang berlaku.

Kata kunci: *Forensic Engineering*, *Heritage Building*, Penyelidikan

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan *American Society of Civil Engineers* (2012), *forensic engineering* dapat didefinisikan sebagai sebuah usaha menerapkan prinsip-prinsip *engineering*, edukasi dan pengetahuan pada permasalahan yang terjadi yang mana kewajiban hukum harus ditentukan di dalam sebuah forum yang legal *Forensic*

engineering telah menjadi penilaian secara menyeluruh perlu dilakukan pada sebuah bangunan yang mengalami kegagalan struktur untuk dapat mengetahui faktor-faktor penyebab kegagalan struktur. Tujuan penilaian kinerja bangunan secara menyeluruh yaitu agar dapat memfungsikan kembali atau bahkan mengembalikan bangunan tersebut. Menurut *American Society of Civil Engineers* (2012), *forensic engineering* merupakan sebuah metode yang digunakan untuk melakukan penyelidikan terhadap terjadinya kegagalan maupun permasalahan kinerja dengan berdasarkan pada prinsip-prinsip *engineering*. *Forensic engineer* harus memiliki pemahaman mengenai permasalahan teknis, profesionalitas, etis, legalitas, kontraktual dan penerapan bisnis yang dapat memiliki peran di dalam terjadinya sebuah kegagalan sehingga *forensic engineer* dapat melakukan penyelidikan terhadap faktor-faktor penyebab terjadinya sebuah kegagalan dengan maksud agar dapat melakukan identifikasi penyebab kegagalan dan untuk membantu melakukan mitigasi terhadap dampak dari kegagalan yang terjadi (*American Society of Civil Engineers*, 2012). Dengan demikian untuk melakukan penyelidikan bangunan harus dilakukan dengan prinsip *engineering* yaitu dengan pengumpulan data-data terkait, melakukan pengujian laboratorium, lalu melakukan analisis berdasarkan data-data yang telah dikumpulkan dan berdasarkan pengujian laboratorium sehingga keputusan dapat diambil dengan berdasarkan data yang valid dan dapat dipercaya.

Investigasi *forensic engineering* memiliki tujuan yaitu untuk melakukan identifikasi pada kesalahan pada desain dan pelaksanaan konstruksi suatu komponen struktur dengan tujuan untuk dapat mengetahui solusi yang tepat pada permasalahan yang ada sehingga dapat mengembalikan keamanan serta kinerja dari suatu komponen struktur dengan mengupayakan sedemikian rupa agar dapat meminimalisir *waste* ekonomi dan sumber daya (Carrasquillo dan Rothstein, 2018). Dengan demikian agar seorang *engineer* dapat mengidentifikasi sebuah permasalahan serta mengusulkan upaya-upaya perbaikannya diperlukan beberapa kompetensi yang spesifik pada bidang *forensic engineering*. Menurut ASCE (2012), berikut beberapa usulan kompetensi yang diperlukan oleh seorang *forensic engineer*.

- a. Memahami permasalahan yang terjadi serta dapat memberikan usulan solusi dari konteks investigasi,
- b. Dapat menyediakan penjelasan yang dapat dipercaya atas penyelidikan yang telah dilakukan secara jelas,
- c. Memahami objektivitas,
- d. Memahami bias yang terjadi serta dapat mengatasi dampak bias tersebut.

Berdasarkan UNESCO, *heritage* merupakan warisan masa lalu yang kemudian dijalani saat ini dan bahkan menjadi warisan untuk masa yang akan datang sehingga nilai tersebut tidak akan dapat digantikan oleh sumber daya apapun. Karena cagar budaya memiliki sebuah nilai yang tidak dapat digantikan maka cagar budaya menjadi sangat penting untuk dijaga dan dilestarikan. Oleh karenanya cagar pengertian serta kriteria mengenai cagar budaya perlu diperjelas yang mana telah diatur di dalam UU No.11 Tahun 2010. Berdasarkan UU No 11 Tahun 2010 kriteria cagar budaya dibagi menjadi 5 yaitu:

- a. Benda
- b. Bangunan
- c. Struktur
- d. Situs
- e. Kawasan

Menurut UU No.11 Tahun 2010 Benda, bangunan, atau struktur dapat diusulkan sebagai Benda Cagar Budaya, Bangunan Cagar Budaya, Struktur Cagar Budaya apabila memenuhi kriteria:

- a. Berusia 50 (lima puluh) tahun atau lebih;
- b. Mewakili masa gaya paling singkat berusia 50 (lima puluh) tahun;
- c. Memiliki arti khusus bagi sejarah, ilmu pengetahuan, pendidikan, agama, dan/atau kebudayaan; dan
- d. Memiliki nilai budaya bagi penguatan kepribadian bangsa.

Salah satu upaya untuk dapat mencegah penyalahgunaan cagar budaya maka cagar budaya tersebut perlu didaftarkan sebagai bagian dari cagar budaya di Indonesia yang mana telah diatur di dalam Undang-Undang. Setiap tahun tentunya akan terdapat potensi dan indikasi bertambahnya bagi sebuah bangunan yang akan dinyatakan sebagai bangunan *heritage*. Data jumlah penetapan objek cagar budaya nasional per tahun berdasarkan penetapan UU No.11 Tahun 2010 di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Jumlah penetapan objek cagar budaya nasional per tahun di Indonesia
(Sumber: Diolah dari <http://cagarbudaya.kemdikbud.go.id/rekap>)

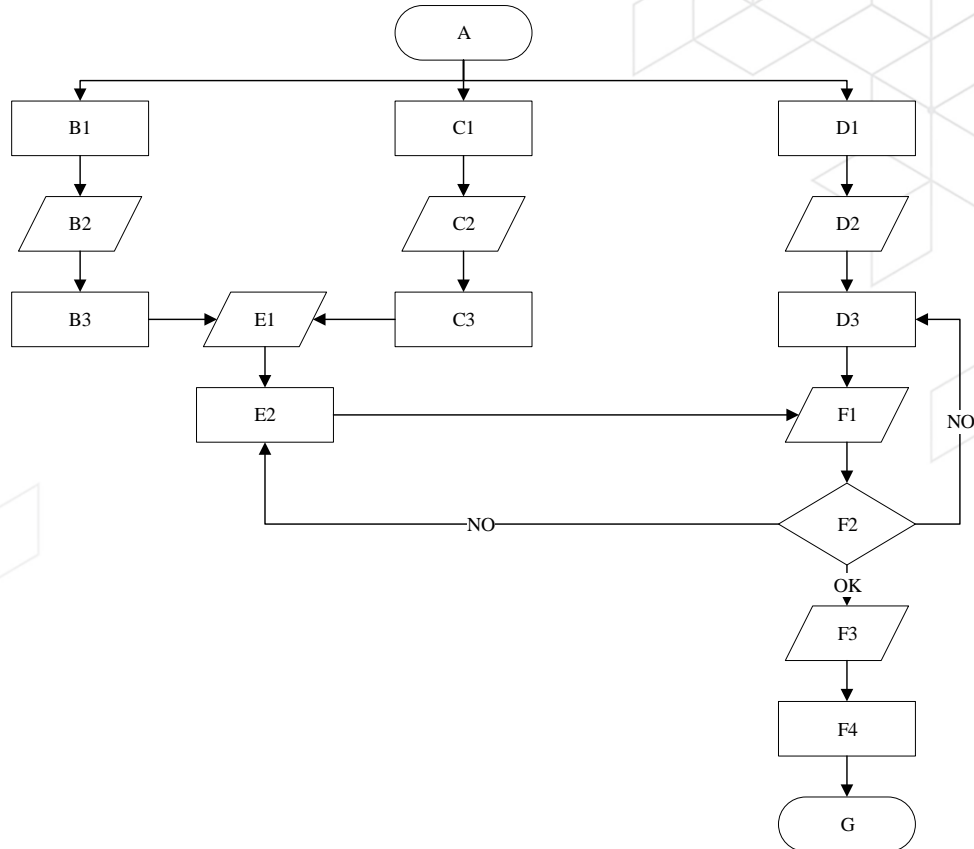
Berdasarkan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Sekretariat Jenderal Pusat Data dan Teknologi Informasi (2020), terdapat beberapa tantangan dalam melakukan upaya pelestarian cagar budaya di antara lain:

- a. Jumlah tenaga ahli cagar budaya yang memiliki kompetensi sebagai konservator cagar budaya,
- b. Kerusakan beberapa bangunan cagar budaya,
- c. Kurangnya pemahaman masyarakat terhadap bangunan cagar budaya.

Dalam melakukan konservasi bangunan *heritage*, *forensic engineering* memiliki kontribusi yang cukup dominan sehubungan dengan usia bangunan *heritage* yang cukup tua yaitu lebih dari 50 tahun bahkan ratusan tahun. Penerapan *forensic engineering* dalam konservasi bangunan *heritage* yaitu dengan penyelidikan secara menyeluruh untuk mengumpulkan data-data yang diperlukan untuk menganalisis kinerja struktur bangunan. Dengan usia bangunan cagar budaya yang umumnya lebih dari 50 tahun maka penyelidikan harus dilakukan secara berhati-hati karena terdapat beberapa kemungkinan rusaknya bangunan. Karena usia bangunan yang sudah tua sehingga data-data teknis seringkali cukup sulit untuk ditemukan sehingga diperlukan penyelidikan dan pengujian dengan berhati-hati. Pengujian yang perlu untuk dilakukan di antara lain adalah pengujian dari material struktur karena faktor usia dapat menyebabkan melemahnya struktur seperti pelapukan pada struktur kayu. *Forensic engineering* pada bangunan *heritage* akan melibatkan tidak hanya bidang ilmu sipil namun juga bidang ilmu arsitektural, bidang ilmu arkeologi dan bahkan keilmuan sejarah yang diperlukan untuk melakukan *historical investigation*.

2. METODE

Agar penyelidikan dapat berhasil dilakukan dengan mengikuti prinsip-prinsip *forensic engineering* dan tanpa mengganggu kinerja struktur bangunan maka diperlukan penyusunan metode yang paling sesuai dengan kondisi di lapangan. Berdasarkan Laporan 1 Kajian Perbaikan Bangunan Cagar Budaya Kantor OJK Regional 3, Jawa Tengah dan D.I.Yogyakarta Tahun 2020 (2020), metode yang dilakukan untuk melakukan penyelidikan pada studi kasus yaitu terdiri dari tiga metode pengumpulan data yaitu observasi, survei (merekam, mendokumentasi, dan mendeskripsikan), serta *test pit*. Metode dokumentasi perlu disampaikan secara khusus dikarenakan hasil dari dokumentasi tersebut akan digunakan sebagai rekaman arkeologi untuk bahan menginterpretasi nilai serta kondisi keutuhan dari objek tinggalan. Adapun bagan alir dari metode penyelidikan bangunan *heritage* pada studi kasus diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan alir penyelidikan

(Sumber: Diolah dari Laporan 1 Kajian Perbaikan Bangunan Cagar Budaya Kantor OJK Regional 3, Jawa Tengah dan D.I.Yogyakarta Tahun 2020, 2020)

Keterangan:

- A : Memulai survei dan pendokumentasian objek
- B1 : Melakukan identifikasi kondisi, pemindaian dan pengukuran
- B2 : Melakukan rekap hasil identifikasi, pengolahan hasil pemindaian-pengukuran, analisis kerusakan
- B3 : Penilaian kondisi eksisting
- C1 : Pendekatan arkeologi bangunan
- C2 : Melakukan analisis otentisitas bentuk dan bahan
- C3 : Melakukan penilaian kondisi arsitektural Bangunan Cagar Budaya
- D1 : Melakukan inspeksi kondisi struktural
- D2 : Pemodelan struktur bangunan
- D3 : Melakukan penilaian dari aspek kelayakan struktur
- E1 : Prioritas penanganan elemen arsitektural
- E2 : Rekomendasi pada elemen yang terpilih
- F1 : Keseimbangan antara rekomendasi penanganan arsitektur dan *assessment* struktur
- F2 : Bila sudah setimbang dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya, namun apabila belum setimbang maka dilakukan revisi kembali ke tahapan E2 dan D3
- F3 : Melakukan analisis hasil F1 terhadap aspek kelayakan PBJ pelaksanaan fisik dan penyesuaiannya, produksi DED
- F4 : Produk konsultan untuk diserahkan
- G : Penyerahan produk konsultan kepada PPK

3. PEMBAHASAN

Bangunan Lembaga Otoritas Jasa Keuangan (OJK) Regional III merupakan bangunan bekas rumah yang telah berdiri sejak tahun 1876. Bangunan ini terdiri dari bangunan utama yang terhubung dengan 2 bangunan paviliun yang telah ditetapkan sebagai Bangunan Cagar Budaya dalam SK Walikotamadya Kepala Daerah Tingkat II Semarang dengan nama Balai Prajurit. Kompleks bangunan ini mulai difungsikan sebagai kantor



Lembaga OJK KR III pada tahun 2016 dan telah memiliki sebagai aset Lembaga di Tahun 2018. Karena bangunan berada pada

Kondisi iklim tropis dengan usia bangunan yang sudah mencapai lebih dari 50 tahun sehingga ketahanan material bahan penyusun mengalami pelemahan (Laporan 1 Kajian Perbaikan Bangunan Cagar Budaya Kantor OJK Regional 3, Jawa Tengah dan D.I.Yogyakarta Tahun 2020, 2020). Sehubungan dengan penetapan kompleks sebagai Bangunan Cagar Budaya sehingga terdapat konsekuensi hukum apabila terjadi kerusakan pada objek tersebut sehingga dalam penyelidikan, perlu pertimbangan yang matang agar tidak merusak nilai dari bangunan.

Berdasarkan Laporan 1 Kajian Perbaikan Bangunan Cagar Budaya Kantor OJK Regional 3, Jawa Tengah dan D.I.Yogyakarta Tahun 2020 (2020), pada tahap penyelidikan terdapat beberapa metode penyelidikan yang dilakukan diantara lain:

a. Pencatatan manual

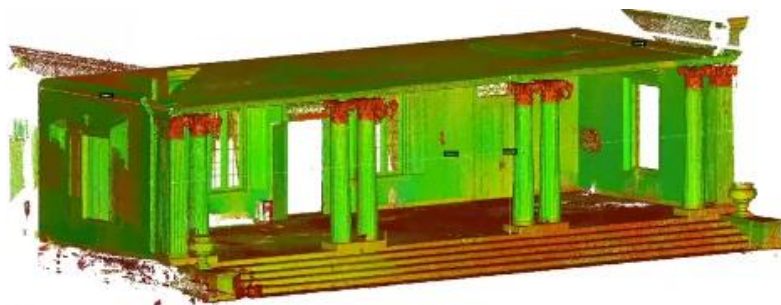
Metode pendokumentasian ini dilakukan dengan menggunakan alat untuk mencatat pada umumnya yaitu: pensil, *ballpoint*, dan buku catatan. Pendokumentasian dilakukan dengan melihat secara langsung objek di lapangan lalu dilakukan penggambaran dalam bentuk catatan dan gambar/sketsa. Pencatatan harus dilakukan dengan teliti dan detail sehingga dapat melakukan pencatatan setiap detail-detail temuan yang diperlukan untuk melakukan analisis pada bangunan yang ada di lapangan.

b. Foto digital

Peralatan yang digunakan pada metode pendokumentasian foto digital adalah dengan kamera manual maupun kamera digital untuk memperoleh gambar-gambar di lapangan. Terdapat beberapa peralatan penunjang untuk melakukan metode ini yaitu seperti skala batang, penggaris skala, arah utara, dan papan informasi situs. Beberapa gambar yang harus diambil seperti tangga, ornament, kondisi struktur harus diambil dengan jelas dan informatif sehingga dapat memperoleh data kondisi faktual di lapangan yang jelas.

c. *Terrestrial Laser Scanning* (TLS)

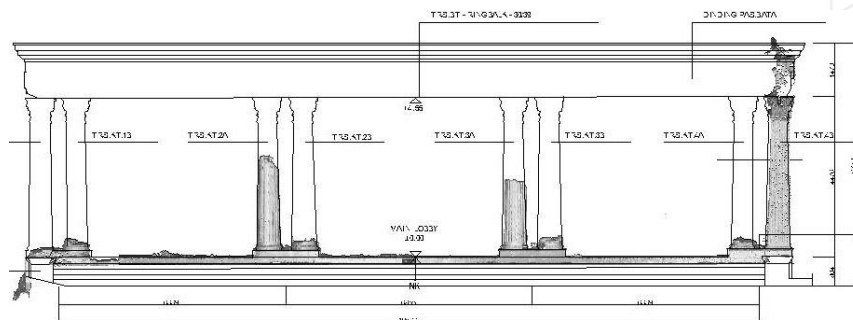
Pada umumnya metode perekaman dengan alat *terrestrial laser scanner* disebut dengan *3D laser scanning*. Metode ini telah banyak dimanfaatkan di Indonesia untuk melakukan pendokumentasian berbagai Bangunan Cagar Budaya seperti Candi Borobudur, Candi Gedongsongo, dan Benteng Vredenburg. Cara kerja *terrestrial laser scanner* yaitu menggunakan sistem pemindaian laser sehingga dapat memperoleh data koordinat permukaan objek pada arah (x,y,z) berdasarkan kondisi faktual di lapangan. Data rekaman dari alat tersebut berupa koordinat titik yang biasanya disebut dengan *point cloud* dapat ditampilkan dalam tampilan 3 dimensi dan dapat diolah dengan menggunakan program CAD. Metode pendokumentasian ini memiliki kelebihan yang data yang diperoleh memiliki akurasi yang cukup tinggi sehingga dapat digunakan untuk melakukan identifikasi bentuk luar dan dalam dari Bangunan Cagar Budaya. Hasil dari *3D scanning* dengan menggunakan alat *terrestrial laser scanner* yang dilakukan pada Kantor OJK KR III Jawa Tengah & D.I.Yogyakarta sebelum roboh dapat dilihat pada Gambar 3.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3. Gambar Kondisi Teras Depan Sebelum dan Sesudah Bagian Atap Hingga Sebagian Kolom Mengalami Keruntuhan: (a) Hasil Pemindaian Pada Teras Depan Sebelum Runtuh (Sumber: Dokumentasi ERTIM *Conservation Institute*, 23 Juli 2020); (b) Dokumentasi *Aerial Drone Survey* Saat Bagian Atap dan Sebagian Kolom Runtuh (Sumber: Dokumentasi ERTIM *Conservation Institute*, 28 Juli 2020); (c) Hasil *Superimposed* antara Data *Raster* Sebelum Runtuh dengan Hasil Pemindaian Setelah Runtuh (Sumber: Dokumentasi ERTIM *Conservation Institute*, 2020)

d. *Aerial drone survey*

Untuk dapat mendokumentasikan dari jarak yang cukup jauh maka metode ini adalah metode yang paling dapat digunakan apabila dibandingkan dengan ketiga metode lainnya. Alat yang digunakan pada Kantor OJK KR III yaitu adalah *Unmanned Air Vehicle* (UAV) atau yang biasanya disebut dengan *drone*. UAV Dilengkapi dengan sensor seperti satelit, setelah data diambil menggunakan UAV data kemudian diolah dengan menggunakan perangkat komputer.

e. *Hammer test*

Salah satu parameter yang diperlukan untuk melakukan analisis kinerja struktur bangunan yaitu adalah kuat tekan dari material tersebut. Dengan menggunakan alat *hammer test* dapat diperoleh data kekuatan material berdasarkan kondisi faktual di lapangan.

f. *Total station*

Total station merupakan alat yang digunakan untuk melakukan survei koordinat, mengukur sudut horizontal maupun sudut vertikal. Sehingga dengan menggunakan alat ini, maka dapat diperoleh hasil berupa jarak, sudut kemiringan antar titik survei dimana dengan menggunakan alat ini dapat diperoleh data yang akurat, lebih cepat dan lebih mudah untuk digunakan.

g. Uji sondir

Pengujian sondir merupakan pengujian yang berdasarkan pada kondisi tanah secara faktual di lapangan sehingga dapat diperoleh data parameter tanah tiap lapisan. Data parameter tanah juga diperlukan untuk digunakan sebagai salah satu data untuk analisis struktur pondasi. Selain itu jenis-jenis tanah tiap lapisan dapat diinterpretasikan dari hasil parameter tanah dengan pengujian sondir yang diinterpretasikan dengan metode stratifikasi tanah yang ada.

h. Pengujian material

Salah satu pengujian material yang digunakan yaitu adalah material cat, material kayu, spesi kolom yang



digunakan pada bangunan. Untuk dapat memperoleh sampel maka dilakukan pengelupasan sampel untuk kemudian dilakukan pengujian berdasarkan sampel yang telah diambil. Tujuan pengambilan sampel yaitu adalah mendapat bahan-bahan dari komposisi material awal yang digunakan. Sampel yang diambil untuk dilakukan pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengambilan sampel material

(Sumber: Diolah dari Laporan 1 Kajian Perbaikan Bangunan Cagar Budaya Kantor OJK Regional 3, Jawa Tengah dan D.I.Yogyakarta Tahun 2020, 2020)

Setelah data-data berdasarkan pendokumentasian dan pengujian telah diperoleh maka dilakukan analisis pada data-data yang ada. Sebelum menentukan metode penanganan pada bangunan *heritage*, maka perlu diketahui terlebih dahulu faktor-faktor penyebab terjadinya penurunan kualitas material melalui pengujian-pengujian serta analisis berdasarkan pengujian yang dilakukan sehingga dapat diambil keputusan Teknik dan metode penanganan yang paling optimal. Pada bangunan ini terdapat dua tahap analisis yang dilakukan yaitu analisis deskriptif untuk melakukan penilaian terhadap kondisi faktual setiap elemen arsitektural setelah melalui pendekatan arkeologi bangunan dan keandalan struktur bangunan. Setelah analisis dilakukan maka dilakukan penyusunan prioritas dan metode penanganan yang akan dilakukan terhadap bangunan dan elemen-elemen arsitektural yang ada. Kemudian analisis berikutnya yaitu kombinasi antara metode anastilosis dan pemodelan struktural. Anastilosis merupakan sebuah Teknik pembangunan kembali atau pemugaran dari reruntuhan bangunan dengan mengupayakan sedemikian rupa agar dapat menggunakan kembali elemen-elemen arsitektural yang asli semaksimal mungkin pada bangunan yang akan dilakukan pemugaran Metode anastilosis digunakan agar dapat mengetahui peluang suatu elemen arsitektural sampai kepada material-material penyusun yang ada yang dapat dimanfaatkan kembali maupun terdapat material-material yang harus diganti dengan material yang baru. Pemodelan struktur dilakukan agar dapat mengetahui kestabilan dari elemen-elemen arsitektural dan material penyusun eksisting maupun pengganti dalam sebuah integritas struktur (Laporan 1 Kajian Perbaikan Bangunan Cagar Budaya Kantor OJK Regional 3, Jawa Tengah dan D.I.Yogyakarta Tahun 2020, 2020). Setelah kedua pendekatan tersebut dilakukan, maka akan dihasilkan penilaian atas kondisi yang ada di lapangan untuk dapat memutuskan metode penanganan yang paling optimal.

Keputusan yang diambil harus mampu berada pada kesetimbangan antara melindungi elemen signifikan sekaligus tidak bertentangan dengan persyaratan hukum yang berlaku. Selain itu sebuah penanganan fisik pada bangunan *heritage* cenderung membutuhkan biaya yang cukup mahal karena beberapa faktor yaitu faktor resiko, faktor kompleksitas dan kualitas serta persetujuan dari penyandang dana sehingga diperlukan sebuah tinjauan kelayakan. Tahapan awal analisis menggunakan pendekatan arkeologi bangunan dan aspek keandalan struktur bangunan. Pendekatan arkeologi dilakukan dengan cara mengamati aspek otentisitas bentuk dan bahan pada bagian-bagian bangunan dimana terdapat empat tujuan dari pendekatan arkeologi bangunan yaitu untuk melakukan klarifikasi sejarah konstruksi sebuah tinggalan struktur. Kedua yaitu untuk mengetahui usia bangunan dan fase-fase perkembangan bangunan. Ketiga adalah untuk melakukan rekonstruksi fungsi awal dan perubahan sebuah bangunan. Kemudian tujuan yang keempat adalah untuk mengidentifikasi teknologi pembangunan dan ancaman kerusakan yang dihadapi. Aspek keandalan struktur dapat diketahui dengan melakukan identifikasi kekuatan dari material-material penyusun dan analisis struktural. Data mengenai komposisi material penyusun dapat diperoleh dengan pengujian bahan dengan cara destruktif maupun dengan cara non destruktif. Data-data seperti mekanika struktur, daya dukung tanah dan kekuatan material juga dibutuhkan untuk melakukan penilaian pada kondisi struktural bangunan (Laporan 1 Kajian Perbaikan Bangunan Cagar Budaya Kantor OJK Regional 3, Jawa Tengah dan D.I.Yogyakarta Tahun 2020, 2020).

4. DISKUSI

Bangunan *heritage* merupakan bangunan dengan usia lebih dari 50 tahun sehingga akan menimbulkan berbagai tantangan. Tantangan dalam penanganan bangunan *heritage* diantara lain:

- a. keterbatasan informasi mengenai kualitas dan jenis material yang digunakan pada saat awal pembangunan,
- b. Keterbatasan informasi atas dokumen asli proyek pembangunan
- c. Material yang telah berumur cukup tua sehingga dapat mengalami kerusakan yang cukup parah sehingga harus melakukan penyelidikan maupun pada saat penanganan secara berhati-hati sehingga tidak menimbulkan kecelakaan kerja,
- d. Harus memperbaiki bangunan namun tidak merubah nilai dari bangunan *heritage*,
- e. Keterbatasan *code* yang dapat digunakan sebagai acuan untuk penyelidikan maupun untuk melakukan analisis kinerja struktur bangunan *heritage*.

Sehingga dengan berbagai keterbatasan tersebut perlu dilakukan upaya-upaya untuk dapat memberikan penilaian-penilaian dengan prinsip *forensic engineering* yang berdasarkan data yang valid dan dapat dipercaya. Oleh karenanya diperlukan berbagai macam metode pengujian serta metode pendokumentasian agar dapat melakukan analisis yang dapat dipercaya dan berdasarkan pada data yang dapat dipercaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Carrasquillo, R.L., Rothstein, D. (2018): *Forensic Engineering, a Tool for Solving Problems?, Proceedings of The Eighth Congress on Forensic Engineering*, Austin, Texas, Virginia, American Society of Civil Engineers 639-647
- Ertim Conservation Insitute, (2020): Dokumentasi *Aerial Drone Survey* Saat Bagian Atap dan Sebagian Kolom Runtuh
- Ertim Conservation Insitute, (2020): Hasil Pemindaian Pada Teras Depan Sebelum Runtuh.
- Ertim Conservation Insitute, (2020): Hasil *Superimposed* antara Data *Raster* Sebelum Runtuh dengan Hasil Pemindaian Setelah Runtuh
- Forensic Engineering* diperoleh dari situs internet: <https://www.asce.org/forensic-engineering/forensic-engineering-division/>. Diunduh pada tanggal 30 Juli 2021.
- Forensic Practices Committee Technical Council on Forensic Engineering of the American Society of Civil Engineers*, (2012): *Guidelines for Forensic Engineering Practice*, American Society of Civil Engineers, Virginia.
- Hermawan., Kriswandhono, A., Utomo, J., Putra, Y.K.H., Hartono D., Priyagus, R., Bonang, G.A., Zaenudin, D. (2020): Laporan 1 Kajian Perbaikan Bangunan Cagar Budaya Kantor OJK Regional 3, Jawa Tengah dan D.I.Yogyakarta (tahun 2020).
- Rekap Tahunan diperoleh dari situs internet: <http://cagarbudaya.kemdikbud.go.id/rekap>. Diunduh pada tanggal 4 Agustus 2021.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2020 tentang Cagar Budaya
- World Heritage* diperoleh dari situs internet: <https://whc.unesco.org/en/about/>. Diunduh pada tanggal 30 Juli 2021.