

# 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







## 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

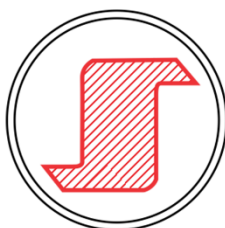


UNSYIAH



UPH

## DIDUKUNG OLEH



**BMPTTSSI**  
Badan Musyawarah  
Pendidikan Tinggi Teknik Sipil  
Seluruh Indonesia

*fib*  
CEB • FIP  
Indonesia





### 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







**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. 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](http://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., Widiyanti, 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 (CO<sub>2</sub>) Emissions in Concreting of Reinforced Concrete, The 5<sup>th</sup> 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., Widiyanti, 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 (CO<sub>2</sub>) Emissions in Concreting of Reinforced Concrete, The 5<sup>th</sup> 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.

Widiyanti, I., Tamin, R. Z., **Marzuki, P.F.,** Wiratmaja, I.I. (2018), Development of Civil Engineers' Certification System Evaluation Model, 3<sup>rd</sup> 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 2<sup>nd</sup> 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 Marzuki<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kelompok 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.



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 UNKNOWNSDAN 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





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</i> (BIM) 4D Menggunakan <i>Program</i> Tekla <i>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





**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	<i>Review</i> 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, Fakhruddin dan Andrew Oktavianto Gosal</i>	737
ST - 12	Pengaruh Tinggi Sepatu Kolom Terhadap Perilaku Sambungan Kolom Pracetak-Pondasi <i>Fakhruddin, 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</i> (NFRP) 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	<i>Review</i> 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

---





ST – 03

## HERITAGE BUILDING RETROFITTING

Junaedi Utomo<sup>1</sup>, Hermawan<sup>2</sup> dan Daniel Hartono<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Staf Pengajar Teknik Sipil, Fakultas Teknik,  
Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Sleman  
Email: junaedi.utomo@uajy.ac.id

<sup>2</sup>Staf Pengajar Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik  
Soegijapranata, Semarang  
Email: hermawan.mrk@gmail.com

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

### ABSTRAK

Saat ini banyak *cultural heritage buildings* yang terbengkalai atau dialih fungsikan. Usia *heritage buildings* lebih dari 50 tahun, bahkan ada yang lebih dari 100 tahun yang dibangun dengan bahan yang tersedia saat itu yaitu dari kombinasi pasangan bata dan kayu sehingga kekuatan dan kemampuan layan *heritage buildings* sudah mengalami penurunan karena usia, cuaca, bencana alam dan sebab-sebab lain. Disamping keterbatasan pemilihan material, keterbatasan teknologi yang tersedia saat itu juga membatasi sistem struktur yang bisa dipakai. Saat bangunan dirancang, ketentuan perancangan bangunan tahan gempa belum ada atau masih dalam tahap yang sangat awal. Oleh karena itu revitalisasi *heritage buildings*, terutama dari kekuatan bangunan menahan beban lateral dan kemampuan layan bangunan, menjadi penting terutama dari aspek preservasi. Dalam makalah ini strategi dan teknik *retrofitting* untuk meningkatkan ketangguhan *heritage buildings* untuk struktur dari pasangan bata, kayu, beton-bertulang dan baja akan dibahas dan diuraikan.

Kata kunci: Bencana, *Heritage Building*, Preservasi, *Retrofitting*

### 1. PENDAHULUAN

*Heritage buildings* seperti kota tua di Jakarta, Semarang atau tempat lain perlu diwariskan ke generasi yang akan datang dalam kondisi baik, tanpa kehilangan nilai-nilai yang dikandungnya. Preservasi terhadap *heritage buildings* sangat perlu dilakukan. Prinsip-prinsip modern ilmu teknik sipil dapat diaplikasikan pada *heritage buildings* yang pada umumnya mempunyai *performance problems*. Investigasi terhadap berbagai kondisi *distress* yang mempengaruhi kinerja bangunan dan langkah-langkah *retrofitting*, untuk meningkatkan umur pakai *heritage buildings*, akan dibahas dan diuraikan dalam makalah ini.

### 2. TUJUAN RETROFITTING

*Heritage buildings* memerlukan *retrofitting* bila mengalami: (1) Pemakaian bangunan yang tidak benar, (2) Modifikasi struktur yang mengarah ke *design flaws*, (3) Abai terhadap pemeliharaan, (4) Umur tua material, dan (5) Kerusakan akibat bencana (gempa, angin, banjir, api atau sebab lain).

Tujuan *retrofitting* adalah meningkatkan kinerja bangunan: (1) Meningkatkan umur pakai bangunan, dan (2) Mendapat keuntungan lain, misal bangunan menjadi lebih tangguh (*resilience*).

Ekspektasi terhadap pelaku *retrofitting*: (1) Paham tentang konsep desain struktur, dan (2) Mempunyai pengetahuan dasar tentang material struktur, sifat-sifat mekanik material dan metoda konstruksi.

### 3. KARAKTERISTIK HERITAGE BUILDINGS

Karakteristik *heritage buildings* antara lain:



- Lebih masif dari bangunan modern, ada banyak dinding-dinding penyekat (*crosswalls*) yang jaraknya tidak lebih dari 6 m.
- Dibangun dengan material getas, sehingga perilaku inelastik material tidak dapat dimanfaatkan.
- *Mechanical properties* dari material adalah *given*, kita tidak dapat, misalnya, menggunakan *high strength mortar* dan *high strength bricks* kecuali membongkar dan membangun ulang (sebagai langkah terakhir).
- Memanfaatkan efek pelengkung untuk menahan gaya gravitasi dengan kekuatan desak (untuk dinding bata).
- Rancangan bangunan fokus pada geometri dan estetika, kurang perhatian pada *detailing for structural integrity*.
- *Reliability assesment* dapat dilakukan terhadap kondisi struktur saat ini, memodelkannya untuk keperluan analisis dan menentukan pilihan-pilihan metoda perbaikan dan perkuatan saat merencanakan *retrofitting*.

#### 4. RELIABILITY ASSESSMENT

*Reliability assesment* diperlukan saat merancang *retrofitting*. Hasil evaluasi struktur dipakai sebagai *technical basis* untuk *retrofitting* dan juga untuk menghindari cacat-cacat desain yang tidak terdeteksi.

*Reliability assesment* sederhana dapat dilakukan berdasarkan pengetahuan dan pengalaman personal dari satu atau lebih evaluator. Asesmen dilakukan terhadap laik pakai pada kondisi layan dan asesmen terhadap kekuatan masing masing elemen. Evaluator bekerja dengan mengacu standar tertentu. Keakuratan hasil evaluasi struktur tergantung pada kepakaran evaluator. Untuk *heritage buildings*, gambar-gambar strukturnya sering sudah tidak ada. Bila gambar struktur tidak tersedia maka investigasi lapangan intensif harus dilakukan. Bila ada modifikasi struktur karena alih fungsi bangunan, perlu dikaji metoda konstruksi yang diperlukan agar modifikasi dapat dikerjakan.

#### 5. KONSEP DESAIN STRUKTUR MODERN

Praktik perancangan bangunan modern dapat dijadikan acuan *retrofitting* pada *heritage buildings*:

- *Detailing for structural integrity*

Merupakan kunci dalam *retrofitting*. *Structural integrity* tidak boleh dikompromi. *Building integrity* dapat ditingkatkan dengan perbaikan *detailing* untuk menghindari keruntuhan progresif bangunan. Baja adalah material daktil yang sering dimanfaatkan sebagai batang tarik untuk *retrofitting*.

- Memanfaatkan daktilitas material

Tidak dapat dimanfaatkan sepenuhnya karena *heritage buildings* menggunakan material getas yang kemampuan deformasi di luar batas liniernya sangat kecil. Perancangan bangunan tahan gempa modern memerlukan mekanisme keruntuhan daktil untuk mendisipasi energi gempa melalui sendi-sendi plastis yang hanya bisa dicapai kalau struktur memakai material daktil.

- Peran dan fungsi diafragma, *chords* dan *collectors*.

Konsep diafragma, *chords* dan *collectors* kemungkinan besar belum dikenal saat *heritage buildings* dibangun. Sebaiknya dilakukan kajian:

1. Apakah lantai bangunan berperan sebagai diafragma kaku atau diafragma fleksibel ?
2. Apakah ada balok- balok lantai tegak lurus arah beban lateral yang berfungsi sebagai *chords*, juga apakah ada balok lantai yang menyalurkan gaya lateral akibat gempa atau angin dari lantai ke penahan gaya lateral vertikal yang posisinya searah dengan gaya lateral ?

#### 6. PERTIMBANGAN DALAM RETROFITTING

Beberapa pertimbangan saat merancang *retrofitting*, antara lain:

1. Perkuatan elemen vs. Perkuatan sistem struktur
  - Elemen yang diidentifikasi bila sudah tidak memenuhi persyaratan keamanan harus diperkuat.
  - Perkuatan sistem struktur keseluruhan tidak boleh terabaikan. Perkuatan sambungan antar elemen sangat berpengaruh terhadap *structural integrity*.



2. Perkuatan lokal vs. Perkuatan global
  - Perkuatan lokal untuk elemen tertentu hanya boleh dilakukan bila dampaknya tidak berpengaruh pada kinerja struktur secara keseluruhan.
  - Bila kekuatan lateral sistem struktur yang ada terlalu lemah untuk memenuhi persyaratan deformasi lateral akibat beban gempa, maka perkuatan untuk sistem struktur keseluruhan perlu dilakukan.
3. *Earthquake resistant strengthening*
  - Bagian bagian lemah dari struktur harus diperkuat. Detil perkuatan digambar dengan jelas dan dipastikan dapat dilaksanakan sesuai rencana.
  - *Backup* terhadap struktur masonri dapat dipertimbangkan misalnya dengan memasang *damper*, bresing dan dinding geser beton.
  - Elemen vertikal harus menerus untuk menjamin transfer beban lateral tidak mengalami gangguan.
  - Distribusi kekakuan dan kekuatan merata sepanjang tinggi bangunan. Tujuan *retrofitting* adalah bangunan tidak runtuh saat dilanda gempa kuat. *Retrofitting* meningkatkan resiliensi dan durabilitas bangunan.

## 7. STRATEGI SAAT MERANCANG *RETROFITTING*

Strategi diperlukan sebagai langkah awal saat untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan

- Akumulasi *settlement* bangunan (bila ada) perlu dipantau. Bila laju penurunan tidak stabil maka *retrofitting* struktur atas bangunan tidak dapat dikerjakan.
- Semua gejala kerusakan pada *heritage buildings* harus diperiksa di lapangan. Tingkat keparahan kerusakan dipilah-pilah dengan memeriksa hasil inspeksi bangunan: kerusakan mana saja yang dampaknya minor atau signifikan terhadap keamanan struktur.
- Perbaikan retak pada dinding. Retak terjadi akibat *settlement*, perubahan temperatur, beban atau dari bencana alam (gempa). Retak pada dinding perlu diperiksa terhadap lebar, panjang, arah, pola, stabilitas retak. Retak pada dinding berpengaruh terhadap daya dukung, kinerja layan dan durabilitas dari dinding bata. Retak diperbaiki dengan *grouting* atau dengan injeksi *epoxy*. Retak pada dinding yang masih aktif harus dipantau berkala dan dicari penyebabnya.
- Jangan sampai perbaikan yang dilakukan menimbulkan *stiffness discontinuity* terhadap perpindahan lateral.
- Memanfaatkan teknologi seismik baru.

## 8. PROSEDUR DALAM *RETROFITTING*

1. Pemeriksaan sifat mekanik material struktur
 

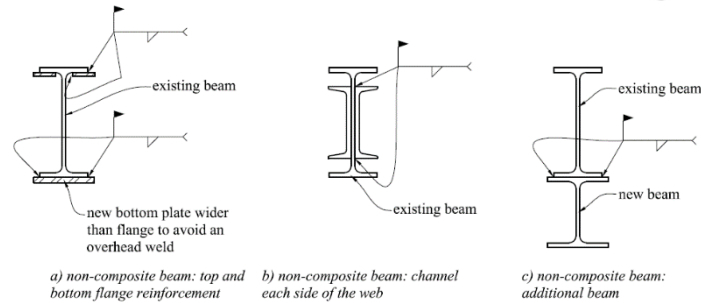
Bila ada keraguan terhadap kekuatan material maka uji kekuatan diperlukan
2. Asesmen terhadap *structural vulnerability* dan *safety*
  - *Vulnerability assessment*: evaluasi kondisi layan bangunan dengan memeriksa penampakan tiap elemen dan sistem struktur
  - *Safety assessment*: evaluasi kekuatan elemen dan sistem struktur melalui analisis struktur dan analisis tampang dengan mengacu standar tertentu
3. Membuat skema *retrofitting*

Detil rencana *retrofitting*, dibuat dengan pertimbangan komprehensif terhadap: kondisi layan bangunan yang diharapkan, *future life-cycle* bangunan, kondisi pelaksanaan, biaya *retrofitting*, dan lain lain.
4. *Retrofitting construction drawings*

Dibuat mengacu pada skema *retrofitting* dan mempertimbangkan isu-isu keamanan saat *retrofitting* dikerjakan. Isu keamanan misalnya perlu perkuatan sementara selama pelaksanaan *retrofitting*.
5. Inspeksi saat pelaksanaan
  - Menyelesaikan masalah yang muncul
  - Pemeriksaan terhadap stabilitas struktur selama pelaksanaan

## 9. RETROFITTING STRUKTUR BAJA

*Retrofitting* struktur baja relatif mudah dilakukan. Banyak pilihan untuk perkuatan pada struktur baja eksisting, misalnya untuk perkuatan balok baja beberapa pilihan ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Pilihan perkuatan balok pada struktur baja eksisting (Aghayere & Vigil, 2020).

Komponen baja baru yang ditambahkan ke komponen baja lama umumnya disambung dengan las dan baut. Pengelasan perlu dikerjakan ahlinya untuk mencegah fraktur getas dan retak pada sambungan las. Sambungan baut pada struktur baja eksisting menimbulkan kesulitan tersendiri saat pembuatan lubang-lubang baut. Spesifikasi baja umum saat ini (ASTM) A6 menentukan persentase maksimum dari logam *alloy* seperti *Carbon* (C), *Copper* (Cu), *Vanadium* (V), *Nickel* (Ni), *Molybdenum* (Mo), *Chromium* (Cr), *Manganese* (Mn), dan *Silicon* (Si) pada baja struktur. Dalam spesifikasi, persentase berat dari masing-masing elemen kimia ini digabung dan menghasilkan konten persentase karbon ekivalen (CE) yang nilainya dihitung dengan Persamaan 1 sebagai berikut:

$$CE = C + (Cu+Ni)/15 + (Cr+Mo+V)/5 + (Mn+Si)/6 \leq 0.5 \quad (1)$$

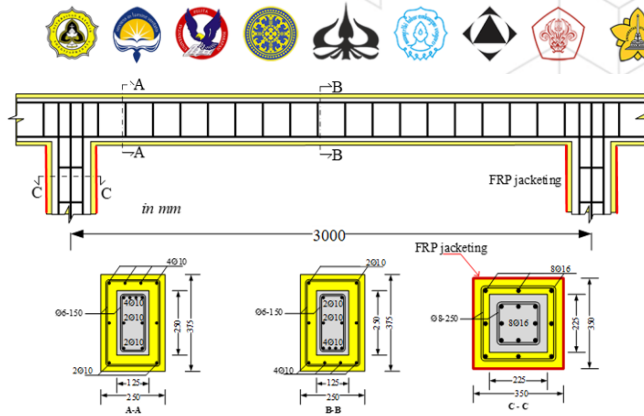
Bila mutu baja lama tidak diketahui, perlu dilakukan uji material untuk mengetahui persentase berat masing-masing elemen kimia dalam baja tersebut untuk memastikan apakah sambungan las bisa dipakai untuk *retrofitting*. Bila kandungan karbon ekivalennya lebih kecil dari 0.5% maka baja lama tersebut dapat disambung dengan las,

Selain bangunan bersejarah, *retrofitting* juga dapat dilakukan untuk bangunan baja yang relatif belum lama umur pakainya yaitu bangunan baja yang dulunya dirancang sesuai peraturan tahanan gempa saat itu (misalnya bangunan yang dirancang tahun 1970 – 1985). Untuk jenis bangunan baja ini *retrofitting* diarahkan untuk meningkatkan kinerja bangunan agar sesuai dengan peraturan yang berlaku saat ini. *Retrofitting* sering dilakukan dengan bantuan perangkat lunak khusus, misalnya Perform3D.

## 10. RETROFITTING STRUKTUR BETON BERTULANG

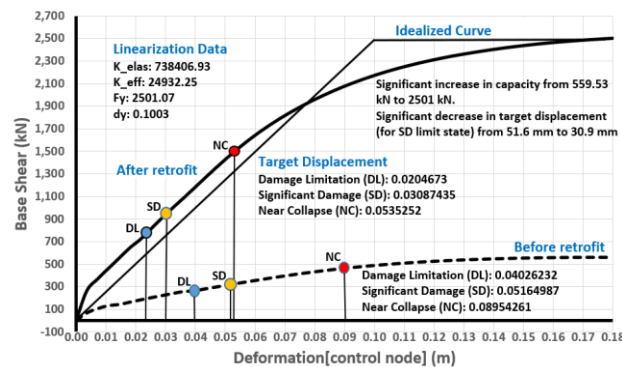
Bangunan beton bertulang bersejarah, termasuk bangunan beton bertulang yang dirancang di era tahun 1970 – 1985 tidak mempunyai kinerja seismik sesuai ketentuan yang berlaku saat ini. Dengan teknologi yang ada saat itu bangunan-bangunan ini menggunakan tulangan polos dengan jarak sengkang yang renggang karena konsep pengekangan inti beton belum dikenal. *Retrofitting* dapat dilakukan salah satunya dengan *jacketing* beton bertulang pada balok dan kolom. Bila diperlukan perkuatan tambahan (misal pada perkuatan kolom) masih tersedia pilihan untuk menambah perkuatan dengan *Fiber Reinforced Polymer* (FRP). Contoh perkuatan pada struktur beton bertulang ditunjukkan oleh Gambar 2.





Gambar 2. Contoh retrofitting dengan jacketing beton-bertulang dan FRP

Saat ini kekuatan *jacketing* beton-bertulang dan FRP dapat dilakukan dengan bantuan perangkat lunak khusus misalnya SeismoBuild 2020. Dari perangkat lunak ini akan dihasilkan kurva kapasitas struktur dengan tiga nilai target perpindahan yaitu: *Damage Limitation* (DL), *Significant Damange* (SD) dan *Near Collapse* (NC). Dari dua kurva kapasitas struktur yang diperoleh (yaitu kurva kapasitas sebelum dan sesudah retrofit) kinerja bangunan dapat dievaluasi. Kinerja struktur bagus bila nilai posisi DL, SD dan NC ada pada bagian linier dari kurva kapasitas setelah retrofit. Juga jarak antara posisi SD dan NC tidak boleh terlalu dekat, bila terlalu dekat berarti peralihan dari posisi *Significant Damage* (SD) dan *Near Collapse* (NC) ada perlu perpindahan kecil (berbahaya). Contoh kurva kapasitas sebelum dan sesudah retrofit hasil dari SeismoBuild 2020 ditunjukkan oleh Gambar 3.



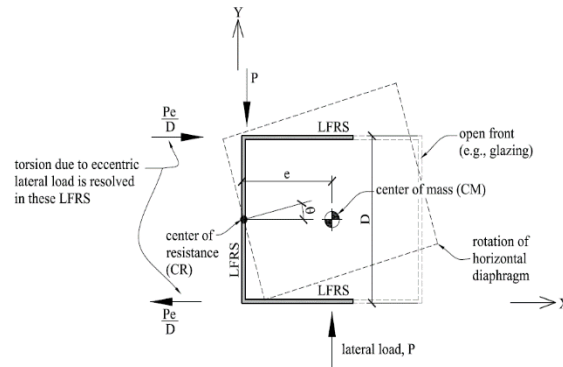
Gambar 3. Contoh kurva kapasitas struktur beton-bertulang sebelum dan sesudah retrofit.

## 11. RETROFITTING STRUKTUR MASONRI

*Heritage Buildings* banyak yang dibangun dengan material getas dari yaitu dinding dari pasangan bata merah (masonri). Karena dinding bata kuat menahan desak dan lemah dalam menahan tarik, dipakai banyak sekat-sekat dinding bata (*crosswalls*) agar lentur, yang menyebabkan tarik, tidak dominan. Bentuk pelengkung dimanfaatkan untuk menyalurkan beban gravitasi menjadi gaya desak. Saat melakukan *reliability assessment* untuk merancang *retrofitting* perlu diperiksa apakah dinding-dinding bata merah, termasuk dinding penyekat, tidak mengalami tegangan tarik saat menahan beban gravitasi dan beban lateral. Analisis struktur dilakukan dengan prinsip elastik karena model konstitutif material getas sering diasumsikan linear dan tidak mempunyai *plastic plateau*. Struktur masonri adalah struktur sangat kompleks, masih perlu informasi dan pengetahuan baru untuk sepenuhnya memahami perilaku struktur masonri saat mendapat beban gempa.

Salah satu penyebab dari buruknya perilaku *heritage buildings* adalah kurangnya peran diafragma untuk menyalurkan beban-beban gempa ke dinding-dinding bata penahan beban lateral. Lantai kayu pada *heritage buildings* yang ada di zona rawan gempa, perlu diperiksa kualitas pengerjaan lantai, terutama detail-detail pengangkuran elemen lantai kayu pada dinding bata. Bila terjadi alih fungsi bangunan dengan bukaan didepan (untuk restoran dan kafe misalnya) dengan tiga sisi penahan beban lateral, lantai kayu tanpa *topping* beton, yang banyak ditemui pada *heritage buildings*, tidak dapat berfungsi sebagai diafragma kaku. Lantai kayu berfungsi sebagai diafragma fleksibel yang tidak dapat menyalurkan gaya-gaya yang timbul akibat torsi tingkat sehingga struktur menjadi tidak stabil karena tidak ada *lateral load path* untuk mentransfer

beban lateral  $P$  ke sistem penahan beban lateral (LFRS) vertikal di sisi kiri dinding eksterior seperti ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 4. Bukaannya bagian depan dengan 3 sisi penahan lateral (LFRS) (Aghayere & Vigil, 2020).

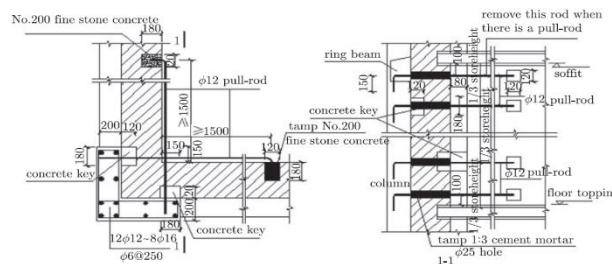
Perkuatan untuk meningkatkan integritas struktur dinding bata merah harus menjadi perhatian utama:

- Perkuatan dengan kolom beton bertulang, balok ring dan batang tarik baja sangat efektif untuk meningkatkan integritas struktur.
- Bila jarak antar dinding bata untuk menahan beban gempa terlalu besar ( $\geq 6$  m), perlu dinding bata tambahan untuk membantu menahan gaya gempa, dengan perkuatan yang sama, agar lentur tidak dominan.
- Bila struktur dinding bata merah tidak mempunyai balok ring, *retrofitting* dapat dilakukan dengan menambah balok ring
- *Chords* dan *collectors*

Konsep *chords* dan *collectors* kemungkinan besar belum dikenal saat *heritage buildings* dibangun. Sebaiknya dilakukan pemeriksaan apakah ada balok-balok lantai tegak lurus arah beban lateral yang berfungsi sebagai *chords*, juga apakah ada balok lantai yang menyalurkan gaya lateral akibat gempa atau angin dari lantai ke penahan gaya lateral vertikal yang posisinya searah dengan gaya lateral.

Perkuatan untuk meningkatkan integritas struktur masonry telah dikembangkan untuk bangunan bersejarah di China (2010), beberapa perkuatan akan ditunjukkan:

**a. Perkuatan pada sudut bangunan (Gambar 5)**

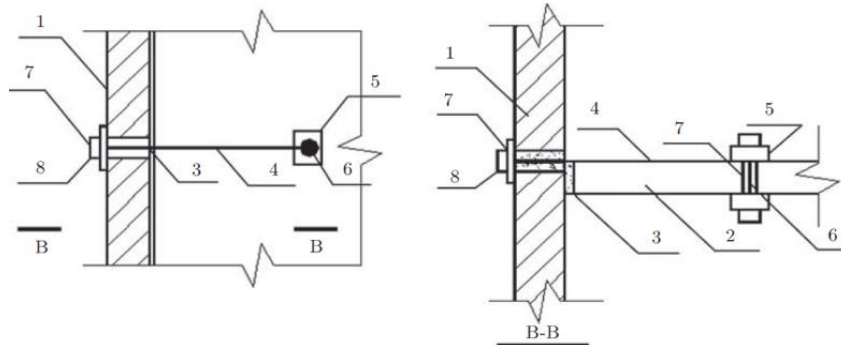


Gambar 5. Perkuatan kolom beton bertulang pada sudut bangunan (*Retrofitting of building structures*, Xilin Lu (editor), 2010)





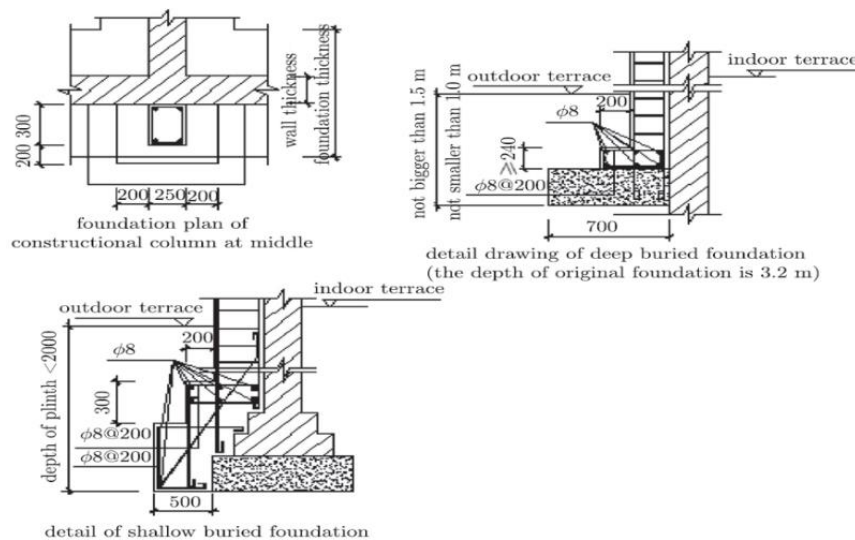
e. **Retrofitting sambungan dinding luar dan lantai** (Gambar 9)



1. exterior wall; 2. reinforced concrete slab; 3. cracks between wall and slab (filled with mortar);
4. tie rod welded on steel plate; 5. steel plate; 6. screw bolt; 7. portholes in the wall and the floor (filled with mortar after putting the tie rod and screw bolt); 8. tightened by screw nut.

Gambar 9. *Retrofitting sambungan dinding luar dan pelat lantai beton* (*Retrofitting of building structures*, Xilin Lu (editor), 2010)

f. **Retrofitting pondasi tambahan** (Gambar 10)



Gambar 10. *Retrofitting pondasi tambahan untuk perkuatan atas* (*Retrofitting of building structures*, Xilin Lu (editor), 2010)

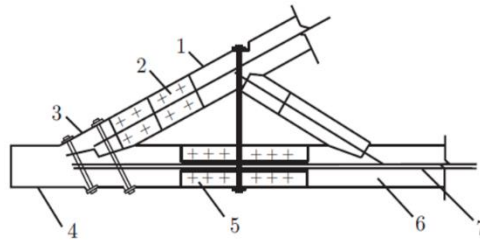
## 12. RETROFITTING STRUKTUR KAYU

- Struktur kayu pada umumnya tidak mengalami kerusakan parah akibat gempa besar.
- Struktur kayu pada bangunan lama yang kayunya mengalami pelapukan/pembusukan/dimakan rayap, retak, deformasi dan cacat-cacat lain perlu diperkuat.
- Penting dijaga agar *loadpath* gaya-gaya lateral akibat beban gempa tidak terputus.

Perkuatan difokuskan pada: (1) Perkuatan sambungan, dan (2) Perkuatan untuk meningkatkan integritas struktur.



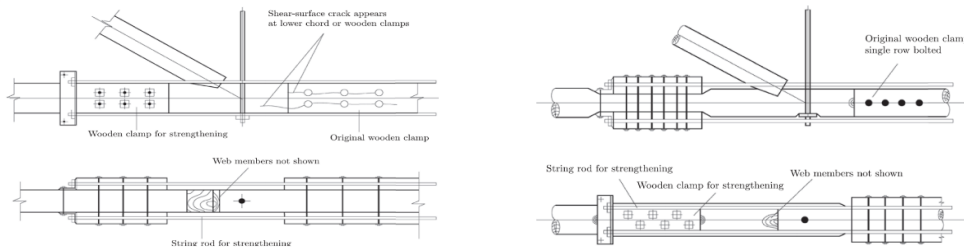
a. **Retrofitting pada sambungan lapuk (Gambar 11)**



1. original upper chord; 2. newly added clamps; 3. new upper chord segment; 4. new lower chord segment; 5. newly added steel clamps; 6. original lower chord; 7. axis of refined gross cross section.

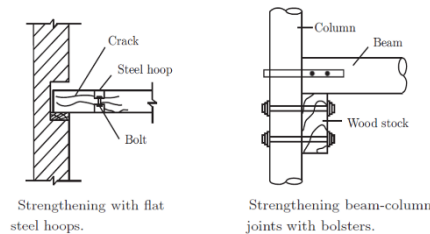
Gambar 11. *Retrofitting pada sambungan kayu yang mengalami pelapukan (Retrofitting of building structures, Xilin Lu (editor), 2010)*

b. **Perkuatan sambungan batang tarik (Gambar 12)**



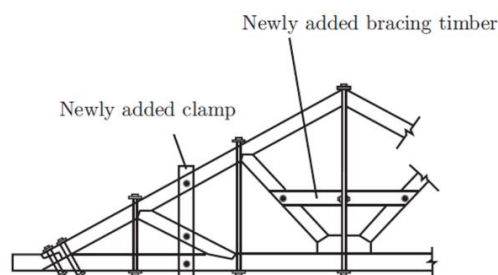
Gambar 12. *Perkuatan sambungan batang tarik (Retrofitting of building structures, Xilin Lu (editor), 2010)*

c. **Perkuatan pertemuan pelat lantai kayu dan balok kayu dengan kolom (Gambar 13)**



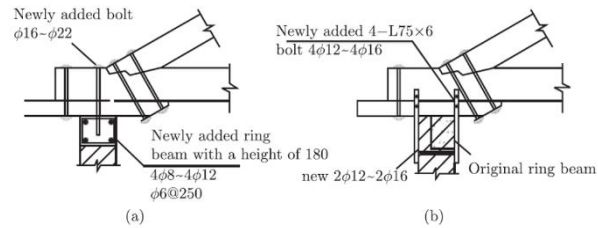
Gambar 13. *Perkuatan pertemuan pelat lantai kayu dan balok beton dengan kolom (Retrofitting of building structures, Xilin Lu (editor), 2010)*

d. **Perkuatan kuda-kuda rangka kayu (Gambar 14)**



Gambar 14. *Strengthening of upper chord and diagonal web members with clamps (Retrofitting of building structures, Xilin Lu (editor), 2010).*

e. Perkuatan pada dukungan kuda-kuda atap (Gambar 15)



Gambar 15. Strengthening of supports of wooden roof trusses (*Retrofitting of building structures*, Xilin Lu (editor), 2010).

### 13. KESIMPULAN

Dari uraian tentang teknik *retrofitting* struktur baja, beton bertulang, masonri dan kayu yang sering dipakai pada *heritage buildings* dapat ditarik beberapa *point* kesimpulan:

1. *Retrofitting* struktur baja relatif lebih mudah bila sambungan las antara elemen perkuatan dan elemen eksisting dapat dipakai. Sambungan las dapat dipakai bila kandungan karbon ekivalen dari baja eksisting lebih kecil dari 0.5%.
2. *Retrofitting* struktur beton bertulang dapat dilakukan dengan metoda *concrete jacketing* perkuatan dengan FRP. *Software* untuk merancang dan mengevaluasi kinerja struktur sudah tersedia.
3. *Retrofitting* struktur masonri dan kayu lebih rumit karena sifat dan perilaku material. Meskipun contoh-contoh detil sudah ada tetap diperlukan pemahaman perancang *retrofitting* terutama tentang *load-path* dan integritas struktur.

### DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_\_ (2010): *Retrofitting Design of Building Structures* / editor Xilin Lu, CRC Press.
- Aghayere, A. & Vigil, J. (2020): *Structural Steel Design*, Mercury Learning and Information
- Seismosoft 2020 SeismoBuild: *A Computer Program for Structural Assessment and Strengthening of Reinforced Concrete Framed Structures*. Available from URL: [www.seismosoft.com](http://www.seismosoft.com)