

LAPORAN HIBAH TERAPAN



PENGEMBANGAN ELEMEN STRUKTUR BETON PRATEGANG PRACETAK UNTUK GEDUNG BERTINGKAT TINGGI DAN JALAN LAYANG PADA WILAYAH GEMPA

TIM PENGUSUL

Ketua :

- **Dr. Ir. Dwi Dinariana, M.T** **0305076903**

Anggota :

- **Suwito, S.T., PhD** **0310036702**
- **Dr. Ir. Hari Nugraha Nurjaman, M.T.** **0305036902**

UNIVERSITAS PERSADA INDONESIA Y.A.I

2021

**HALAMAN PENGESAHAN
PROGRAM RISET KEILMUAN**

Judul Riset : Pengembangan Elemen Struktur Beton Prategang Pracetak Untuk Gedung Bertingkat Tinggi Dan Jalan Layang Pada Wilayah Gempa.

Nama Rumpun Ilmu : Teknik Sipil
SKEMA RISET : Hibah Penelitian Terapan

Ketua Periset:

- a. Nama Lengkap : Dr. Ir. Dwi Dinariana, M.T
- b. NIDN/~~NIDK~~ : 0305076903
- c. Jabatan Fungsional : -
- d. Program Studi : Magister Teknik Sipil
- e. Nomor HP : 0812 2346 9477.
- f. Alamat surel (e-mail) : dwidinariana@yahoo.com

Anggota Periset (1)

- a. Nama Lengkap : Suwito, S.T., PhD
- b. NIDN/~~NIDK~~ : 0310036702
- c. Perguruan Tinggi : Universitas Agung Podomoro
- d. Prodi : Manajemen Rekayasa dan Konstruksi

Anggota Periset (2)

- a. Nama Lengkap : Dr. Ir. Hari Nugraha Nurjaman, M.T.
- b. NIDN/~~NIDK~~ : 0305036902
- c. Perguruan Tinggi : Universitas Persada Indonesia Y.A.I
- d. Prodi : Magister Teknik Sipil

Anggaran : Rp. 238.432.000

Jakarta, 25 November 2021

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



(Dr. Ir. Fitri Suryani, M.T.)
NIDN : 0031126720

Ketua Periset



(Dr. Ir. Dwi Dinariana, M.T.)
NIDN ; 0305076903

Menyetujui,
Direktur LPPM UPI Y.A.I



(Dr. Sularso Budi Laksono, M.Kom)
NIDN : 0329056602

Ringkasan penelitian tidak lebih dari 500 kata yang berisi latar belakang penelitian, tujuan dan tahapan metode penelitian, luaran yang ditargetkan, serta uraian TKT penelitian yang diusulkan.

RINGKASAN

Latar belakang penelitian ini adalah kebutuhan teknologi pembangunan yang berkelanjutan di Indonesia. Indonesia adalah negara yang terletak di jalur cincin api, yang menyebabkan banyaknya kejadian gempa. Pada saat ini, banyak hasil pembangunan yang sudah dilakukan dengan biaya investasi yang besar, mengalami kerusakan akibat berbagai kejadian gempa. Kerusakan tersebut mengakibatkan bangunan tidak berfungsi, dan untuk memperbaikinya memerlukan waktu dan biaya yang besar. Teknologi tahan gempa kinerja tinggi akan menjamin keberlanjutan investasi pembangunan, terutama pada bangunan gedung bertingkat tinggi dan jalan layang, karena tetap dapat berfungsi dengan baik selama masa layan bangunan.

Tujuan khusus penelitian adalah menghasilkan teknologi pembangunan tahan gempa kinerja tinggi yang menggunakan elemen beton pracetak dan prategang. Material beton adalah material yang bahan pembentuknya keseluruhannya ada di Indonesia. Metoda beton pracetak adalah metoda produksi dan pelaksanaan konstruksi beton yang kontrol kualitasnya baik, dapat diproduksi massal dengan cepat, biaya yang ekonomis, dan bersifat konstruksi hijau. Teknologi prategang adalah suatu teknologi yang dapat menyambung elemen-elemen pracetak sehingga dapat memperoleh kinerja tahan gempa yang tinggi.

Tahapan metoda penelitian dibagi menjadi tiga tahap. Pada tahap pertama (2021) dikembangkan model, perencanaan dan pengujian tahan gempa elemen pracetak prategang untuk bangunan gedung bertingkat tinggi. Pada tahap kedua (2022) dikembangkan model, perencanaan dan pengujian tahan gempa elemen pracetak prategang untuk jalan layang. Pada tahap ketiga (2023) dilakukan penerapan pada proyek jalan layang dan bangunan gedung bertingkat tinggi yang dikerjakan oleh perusahaan mitra penelitian

Keluaran yang ditargetkan adalah teknologi tahan gempa kinerja tinggi untuk bangunan gedung bertingkat tinggi dan jalan layang yang menggunakan elemen beton pracetak dan prategang. Teknologi ini harus sudah teruji tahan gempa di laboratorium sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berlaku. Teknologi ini juga didaftarkan patennya di Direktorat Jenderal Hak atas Kekayaan Intelektual (HKI). Diseminasi teknologi ini dilakukan dalam bentuk sosialisasi serta publikasi prosiding dan jurnal internasional. Prosiding yang direncanakan adalah di World Conference of Earthquake Engineering (WCEE) 2021 di Sendai, Jepang. Teknologi ini akan dibuatkan Standar Nasional Indonesia serta buku panduan perencanaan dan pelaksanaan agar dapat dilakukan dengan tepat oleh publik yang akan menerapkannya.

Tingkat kesiapan teknologi yang dicapai pada akhir tahun ketiga adalah TKT 6. TKT 6 ini bisa dicapai karena adanya kerjasama dengan mitra. Mitra perusahaan telah menyatakan bersedia menerapkan teknologi ini pada proyek pembangunan yang dikerjakan. Percobaan penerapan akan menjadi demonstrasi model atau prototipe sistem/subsistem dalam lingkungan yang relevan.

Kata kunci maksimal 5 kata

Kinerja; prategang; gedung; jalan layang.

Latar belakang penelitian tidak lebih dari 500 kata yang berisi latar belakang dan permasalahan yang akan diteliti, tujuan khusus, dan urgensi penelitian. Pada bagian ini perlu dijelaskan uraian tentang spesifikasi khusus terkait dengan skema.

LATAR BELAKANG

Indonesia adalah negara yang terletak di jalur cincin api, yang menyebabkan banyaknya kejadian gempa, yang mengakibatkan banyak kerusakan bangunan dan korban jiwa. Hasil pembangunan yang sudah dilakukan dengan biaya investasi yang besar, sering menjadi tidak berfungsi, dan untuk memperbaikinya memerlukan waktu dan biaya yang besar. Bahan bangunan yang umum digunakan di Indonesia adalah bahan beton. Teknologi bangunan beton selama ini umumnya masih konvensional, yang pada pelaksanaannya sulit untuk dijamin kualitas dan kesesuaiannya dengan persyaratan perencanaan bangunan tahan gempa. Penggunaan teknologi beton pracetak sudah mulai diterapkan pada bangunan gedung dan jalan layang. Pada beberapa kejadian gempa maksimal seperti di Palu (2018), kinerja bangunan dengan teknologi beton pracetak memang memenuhi persyaratan, yaitu rusak berat namun tidak runtuh (*near collapse*). Kinerja seperti ini, kedepannya perlu ditingkatkan mengingat bangunan gedung sangat terganggu fungsinya.

Tujuan khusus penelitian adalah menghasilkan teknologi pembangunan tahan gempa kinerja tinggi yang dengan menggunakan bahan dan teknologi yang ada di Indonesia dengan biaya yang ekonomis. Kinerja tinggi berarti bangunan dapat tetap melayani fungsinya selama masa layannya selama 50 tahun, walaupun terkena gempa kuat (*immediate occupancy*). Kinerja tinggi ini lebih baik dari yang disyaratkan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI 2847:2013)¹, yaitu kerusakan terkontrol yang tidak membahayakan nyawa (*Life Safety*) pada beban gempa rencana dan rusak berat namun tidak runtuh (*near collapse*) pada beban gempa maksimal (beban gempa dengan perioda ulang 2500 tahun). Teknologi ini juga harus mengantisipasi cara perbaikan struktur yang mudah, jika bangunan terkena gempa rencana.

Urgensi penelitian adalah kebutuhan akan teknologi bangunan tahan gempa kinerja tinggi untuk mengantisipasi percepatan pembangunan dari investasi langsung yang digagas Pemerintah. Investasi langsung secara besar-besaran diperlukan untuk mendorong pertumbuhan ekonomi Indonesia. Investasi langsung memerlukan dukungan fisik berupa bangunan gedung dan infrastruktur seperti jalan layang. Fasilitas fisik ini harus mempunyai kinerja tinggi agar dapat tetap dapat berfungsi jika terjadi gempa rencana, sehingga kegiatan investasi tidak terganggu.

Spesifikasi khusus dari teknologi yang dikembangkan adalah elemen yang terbuat dari beton pracetak dan prategang. Material beton adalah material yang bahan pembentuknya keseluruhannya ada di Indonesia. Metoda beton pracetak adalah metoda produksi dan pelaksanaan konstruksi beton yang kontrol kualitasnya baik, dapat diproduksi massal dengan cepat, biaya yang ekonomis, dan bersifat konstruksi hijau. Teknologi prategang adalah suatu teknologi yang dapat menyambung elemen-elemen pracetak sehingga dapat memperoleh kinerja tahan gempa yang lebih tinggi dibanding beton pracetak yang disambung dengan berbagai detail non prategang. Pada bangunan bertingkat tinggi, sambungan prategang ini dapat dipakai untuk menyambung balok ke kolom dan sambungan vertikal antar dinding. Pada jalan layang, sambungan prategang dapat dipakai untuk menyambung segmen-segmen pracetak kolom dan pier.

Tinjauan pustaka tidak lebih dari 1000 kata dengan mengemukakan *state of the art* dan peta jalan (*road map*) dalam bidang yang diteliti. Bagan dan *road map* dibuat dalam bentuk JPG/PNG yang kemudian disisipkan dalam isian ini. Sumber pustaka/referensi primer yang relevan dan dengan mengutamakan hasil penelitian pada jurnal ilmiah dan/atau paten yang terkini. Disarankan penggunaan sumber pustaka 10 tahun terakhir.

TINJAUAN PUSTAKA

State of the art.

Perencanaan bangunan terhadap beban gempa mempunyai keunikan dibanding beban-beban lain seperti beban mati, beban hidup dan beban angin. Beban-beban non gempa umumnya besar dan waktunya bisa dipastikan. Beban gempa besarnya bisa sangat bervariasi dan waktu kedatangannya tidak bisa diprediksi. Sifat beban gempa ini membuat strategi perancangan bangunan tahan gempa harus secara kreatif mempertimbangan keamanan, keekonomisan, dan keberlanjutan. Pemahaman ilmiah manusia terhadap mekanisme terjadinya gempa relatif masih baru. Penelitian mengenai gempa baru serius dilakukan sejak gempa menghancurkan kota San Francisco 1906. Saat ini teori mekanisme gempa yang banyak diyakini adalah teori tektonik lempeng terkait dengan struktur bumi itu sendiri. Struktur bumi sebagian besar terdiri dari lava yang terbungkus dengan lempeng tektonik tipis. Arus konveksi panas yang selalu berputar menyebabkan lempeng tektonik selalu dalam kondisi bergerak. Gerakan ini menimbulkan interaksi antar lempeng yang dinamis, sehingga akan menjadi sumber gempa yang secara terus menerus terjadi di bumi. Sifat gempa ini sudah bisa dimodelkan dengan teori statistik dan probalistik, yang secara praktis didefinisikan sebagai beban gempa dengan perioda ulang tertentu. Gempa dengan perioda ulang pendek bebannya kecil, sedangkan gempa dengan perioda ulang panjang bebannya besar. Jika beban gempa relatif sudah disepakati pendefinisianannya, strategi dan konsep perencanaan bangunan gempa sangatlah bervariasi. Konsep bangunan tahan gempa yang sekarang menjadi landasan berbagai regulasi di dunia termasuk Indonesia, dikenal sebagai perencanaan berbasis kinerja (SNI 1726:2012)². Konsep ini lahir tahun 1990-an, sebagai penyempurnaan konsep terdahulu dikenal sebagai konsep desain kapasitas atau lebih populer/dikenal sebagai konsep kolom kuat balok lemah (*strong column weak beam*). Konsep desain kapasitas lahir di Selandia Baru tahun 1960an dan diadopsi Amerika Serikat tahun 1971. Konsep menjadi populer karena dapat secara cerdas menyeimbangkan antara konsep keamanan dan keekonomisan. Struktur dirancang terhadap gempa dengan perioda ulang pendek, namun detail konstruksi dapat direncanakan untuk menyerap energi gempa yang berlebih jika terjadi gempa dengan perioda ulang panjang. Strategi ini akan menghasilkan struktur yang ekonomis, namun tetap aman walaupun terjadi gempa kuat karena struktur diijinkan mengalami kerusakan tapi tidak mengalami keruntuhan. Konsep ini mengalami ujian signifikan pada dua gempa kuat di California yaitu Northridge dan Loma Prieta. Korban jiwa memang sedikit, namun bangunan-bangunan yang rusak umumnya tidak dapat menjalankan fungsinya (*business interruptable*). Perbaikan bangunan untuk mengembalikan fungsinya sering rumit secara teknis, memerlukan waktu lama dan biaya besar, sehingga terkadang terpaksa bangunan dibongkar. Masyarakat California lalu menuntut para ahli konstruksi untuk mengembangkan regulasi, konsep, dan teknologi lebih baik dari desain kapasitas. Konsep perencanaan berbasis kinerja, disepakati untuk bangunan dengan fungsi tertentu ada target kinerja tertentu yang harus dicapai. Secara umum, ada 3 (tiga) target kinerja standar bangunan setelah terkena gempa, yaitu kinerja dapat segera dimanfaatkan (*immediate occupancy*), kinerja rusak yang tidak membahayakan nyawa (*life safety*), dan kinerja rusak berat tapi tidak runtuh (*near collapse*). SNI menyepakati untuk bangunan umum kriteria kinerja adalah *life safety* pada beban gempa rencana dan *near collapse* pada beban gempa maksimum.

Roadmap Penelitian.

Pengusul mempunyai anggota peneliti yang mempunyai rekam jejak melakukan penelitian dan pengembangan konstruksi pracetak tahan gempa dari tahun 1995. Penelitian tersebut dibuat menjadi tesis magister pada tahun 1997 (Nurjaman, 1997)³ dan disertasi tahun 2002 (Nurjaman, 2002)⁴. Pada proses penelitian ini pengusul pernah mendapat dukungan dari Hibah Bersaing dan Riset Unggulan terpadu. Publikasi internasional dilakukan pada prosiding International Conference on Advancement in Design, Construction, Construction Management and Maintenance of Building Structure di Bali Indonesia tahun 2002 (Nurjaman *et.al.*, 2002)⁵. Hasil penelitian dan pengembangan ini diterapkan pada pembangunan rumah susun program pemerintah seluruh Indonesia sejak tahun 1995. Sejak tahun 2004 dimana terjadi bencana gempa dan tsunami di Aceh, Indonesia mengalami serangkaian gempa kuat di berbagai daerah. Pengusul melakukan penelitian terhadap sejumlah rumah susun yang dibangun dengan sistem pracetak, yang dipublikasikan pada prosiding internasional di World Conference of Earthquake Engineering (WCEE) 2008 di Beijing Tiongkok (Nurjaman *et.al.*, 2008)⁶. Hasil penelitian menunjukkan kinerja yang sesuai dengan konsep perencanaan dan pengujian yang berlaku pada masa itu. Mulai tahun 2010, pengusul merangkum seluruh evaluasi tersebut dengan membuat 3 Standar Nasional Indonesia (SNI) terkait konstruksi pracetak tentang bangunan gedung (SNI 7832:2017, SNI 7833:2012, SNI 7834:2012)^{7,8,9}. Sejak tahun 2013 pengusul melakukan penelitian dan pengembangan sistem pracetak kinerja tinggi dengan sambungan prategang paskatarik tanpa lekatan balok ke kolom pada sistem rangka. Ide pengembangan didasarkan presentasi kinerja sistem ini pada gempa kuat di Selandia Baru (Pampanin, 2012)¹⁰. Penelitian didukung salah satunya oleh Penelitian Unggulan Strategis Nasional tahun 2014 – 2015. Penelitian ini menghasilkan beberapa publikasi jurnal internasional, yaitu di Elsevier Procedia Engineering pada tahun 2014 (Nurjaman *et.al.*, 2014)¹¹, International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET) pada tahun 2017 (Suprpto *et.al.*, 2017)¹², International Journal of Earth Sciences and Engineering (IJESE) pada tahun 2018 (Nurjaman *et.al.*, 2018)¹³ dan prosiding WCEE 2017 di Santiago Chile (Nurjaman *et.al.*, 2017)¹⁴, penerapan produk pada konstruksi seperti kantor, rumah sakit, rumah susun, rumah toko, rumah tunggal, serta SNI khusus untuk sistem ini (SNI 8367:2017)¹⁵.

Pengusul pada proposal ini mengajukan usulan penelitian terapan sistem pracetak kinerja tinggi berbagai tipe konstruksi lain untuk mendapatkan varian teknologi yang lebih luas. Tahun pertama (2021) diusulkan variasi penggunaan sambungan balok ke kolom sistem rangka dengan sambungan prategang yang lebih dominan, untuk meningkatkan kinerja dari sistem yang sudah ada sebelumnya. Publikasi penelitian tahun pertama direncanakan pada prosiding WCEE 2021 Sendai Jepang. Produk hasil penelitian ini juga direncanakan untuk didaftarkan ke Direktorat Jenderal Hak atas Kekayaan Intelektual dalam bentuk paten sederhana, dilakukan penelitian contoh penerapan di bangunan. Tahun kedua (2022) diusulkan sambungan prategang pada komponen pracetak vertikal, yaitu dinding pracetak untuk bangunan gedung dan pier pracetak untuk jalan layang. Publikasi penelitian tahun kedua direncanakan di International Journal of Earth Sciences and Engineering (IJESE) tahun 2022, Produk hasil penelitian direncanakan didaftarkan ke Direktorat Jenderal Hak atas Kekayaan Intelektual dalam bentuk paten sederhana dan dilakukan penelitian contoh penerapan di proyek jalan layang. Hasil penelitian tahun pertama direncanakan dibuatkan draft Standar Nasional Indonesia. Tingkat kesiapan teknologi yang dicapai akhir tahun ketiga adalah TKT 6, karena pengembangan akan lengkap dan memenuhi syarat melalui pengujian dan demonstrasi dalam aplikasi sebenarnya.

Metode atau cara untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan ditulis tidak melebihi 600 kata. Bagian ini dilengkapi dengan diagram alir penelitian yang menggambarkan apa yang sudah dilaksanakan dan yang akan dikerjakan selama waktu yang diusulkan. Format diagram alir dapat berupa file JPG/PNG. Bagan penelitian harus dibuat secara utuh dengan penahapan yang jelas, mulai dari awal bagaimana proses dan luarannya, dan indikator capaian yang ditargetkan. Di bagian ini harus juga mengisi tugas masing-masing anggota pengusul sesuai tahapan penelitian yang diusulkan.

METODE

Ruang lingkup penelitian dibatasi pada pengembangan teknologi terapan bangunan tahan gempa kinerja tinggi dengan batasan sebagai berikut :

1. Subyek Penelitian adalah pemangku kepentingan (stakeholder) yang dilibatkan sistem ini laboratorium uji tahan gempa di Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, Badan Standard Nasional, Direktorat Jenderal Hak atas Kekayaan Intelektual, dan mitra perusahaan yang menerapkan teknologi yang dikembangkan.
2. Studi kasus pada penelitian pada 3 (tiga) jenis sambungan komponen pracetak dengan prategang yaitu sambungan balok ke kolom pada sistem rangka untuk bangunan gedung bertingkat tinggi dengan prategang dominan, sambungan antar dinding pracetak secara vertikal pada sistem dinding pemikul untuk bangunan bertingkat tinggi, dan sambungan antar segmen pier secara vertikal untuk jalan layang.
3. Lokasi penelitian di Jakarta, analisis hasil data pengujian tahan gempa di Bandung, pembuatan draft SNI di Bandung, pembuatan SNI di Jakarta, pembuatan buku panduan di Jakarta, pengujian penerapan di pabrik pracetak dan konstruksi di jalan layang.
4. Pengumpulan data penelitian dengan studi banding, data dari model numerik, data pengujian tahan gempa, dan penelitian penerapan di lapangan untuk mendukung pengembangan teknologi sampai data penelitian dengan kompilasi hasil akuisisi data survey diolah di Jakarta.
5. Waktu penelitian yang diajukan adalah 3 tahun.

Metode Pengambilan Data.

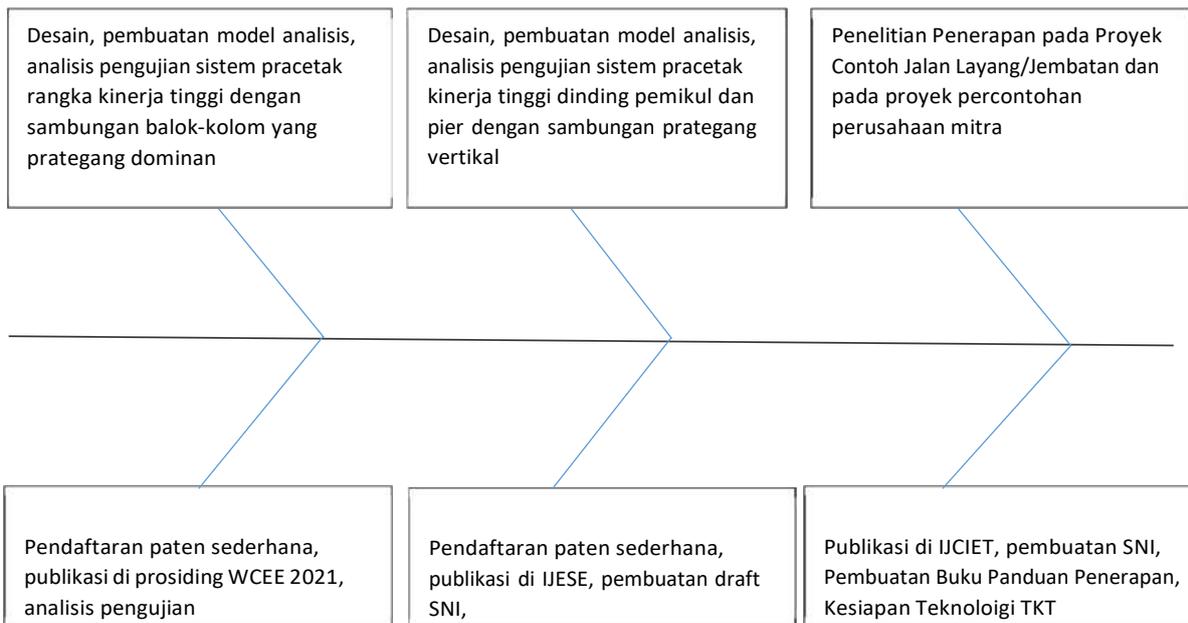
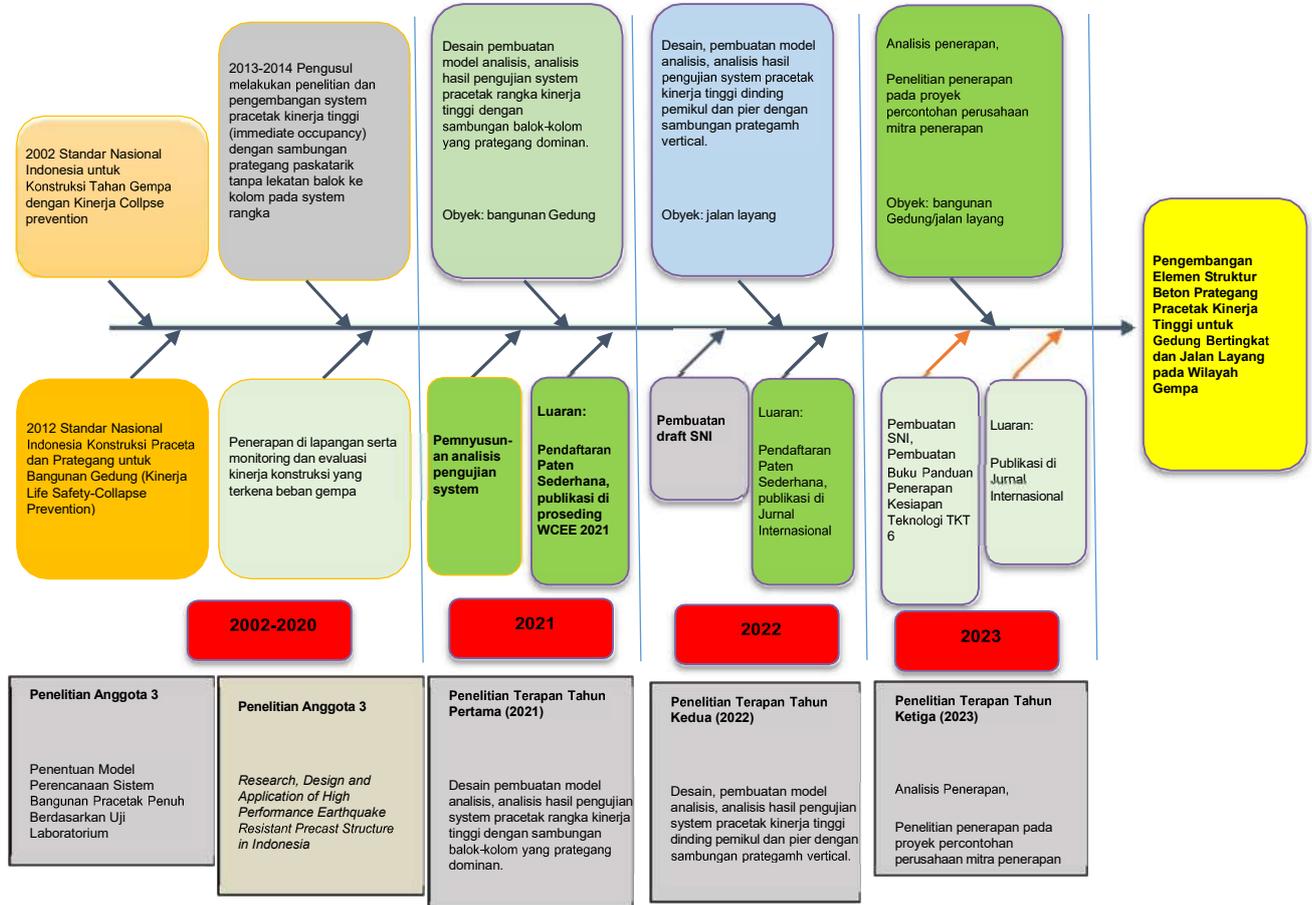
1. Metode studi banding
2. Metoda pengamatan diatas meja (*desk work observation*)
3. Metoda pengamatan eksperimental
4. Metoda pengamatan uji prototipe

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metoda kuantitatif yang terdiri langkah-langkah sebagai berikut.

1. Pengumpulan standar perencanaan tahan gempa terkait dengan teknologi yang dikembangkan, baik yang sudah ada di Indonesia, maupun standar luar negeri yang belum diadopsi di Indonesia.
2. Merencanakan detail teknologi yang dikembangkan berdasarkan studi banding di luarnegeri serta material dan teknologi lokal yang sudah ada di Indonesia. Detail teknologi ini dapat segera didaftarkan di Direktorat Jenderal HKI dalam bentuk paten sederhana
3. Membuat model matematik dan model numerik untuk menguji kehandalan teknologi secara *desk work* berdasarkan code yang berlaku.
4. Analisis hasil data uji tahan gempa di laboratorium untuk menguji model matematik dan model numerik berdasarkan code yang berlaku.
5. Uji penerapan di lapangan, mulai dari produksi elemen dalam skala 1 : 1 sampai penerapan di proyek percontohan.
6. Pembuatan Standar Nasional Indonesia dan Buku Panduan Perencanaan dan Penerapan Teknologi.

ROADMAP PENELITIAN

DWI DINARIANA DKK (UNIVERSITAS PERSADA INDONESIA YAI)



Data-data yang diperoleh dari studi banding luar negeri dan bahan dan teknologi dianalisis untuk pengembangan detail teknologi yang dikembangkan. Dasar analisis adalah syarat minimal teknis dari Standar Nasional Indonesia, aspek kemudahan produksi dan pelaksanaan, dan aspek ekonomis. Detail teknologi lalu diuji dengan model matematik dan model numerik untuk mendapatgambaran kehandalan teknologi. Analisis numerik dilakukan dengan piranti lunak. Jika secara analisis desk work sudah menunjukkan kehandalan detail teknologi, pengujian dilanjutkan secara eksperimental. Analisis pengujian dilakukan berdasarkan kriteria persyaratan minimal dalam SNI verifikasi eksperimental, dan perbandingan dengan model matematik dan model numerik. Jika detail teknologi sudah teruji secara eksperimental, maka dilakukan analisis pada proses penerapan di lapangan. Analisis meliputi indeks tenaga kerja, indeks peralatan, kemudahan pelaksanaan, produktifitas teknologi dan analisis ekonomi berdasarkan metoda *Life Cycle Cost*, serta membuat standar *project planning and controlling*

Dr. Ir. Dwi Dinariana,MT. mengkoordinasikan seluruh kegiatan penelitian. Secara khusus melakukan penelitian pada aspek teknis pelaksanaan dan kajian ekonomis produk. Analisis meliputi indeks tenaga kerja, indeks peralatan, kemudahan pelaksanaan, produktifitas teknologi dan analisis ekonomi berdasarkan metoda *Life Cycle Cost* serta membuat standar *project planning and controlling*. Dr. Ir. Suwito secara khusus melakukan pemodelan matematis dan simulasi komputer, melakukan perencanaan struktur, menyusun Standar Nasional Indonesia, dan menyusun buku panduan perencanaan dan penerapan teknologi. Dr. Ir. Hari Nugraha Nurjaman,MT. melakukan kegiatan pengujian tahan gempa untuk membuktikan kinerja struktur. Kegiatan meliputi penyusunan rencana pengujian, penentuan standard pengujian, pelaksanaan pengujian, evaluasi hasil pengujian.

Jadwal penelitian disusun dengan mengisi langsung tabel berikut dengan memperbolehkan penambahan baris sesuai banyaknya kegiatan.

JADWAL

| Tahun Ke 1 | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|--|
| No | Nama Kegiatan | Bulan | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| 1 | Studi literatur tentang standard teknis, teknologi terkait sistem pracetak tahan gempa kinerja tinggi berbentuk rangka | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Desain teknologi produk sistem rangka tahan gempa kinerja tinggi dengan sambungan balok ke kolom dengan sistem prategang yang dominan | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Proses penyusunan draft sampai dengan pendaftaran paten sederhana produk | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Pembuatan model matematis, model numerik, simulasi komputer, proposal metoda perencanaan | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Analisis hasil data pengujian tahan gempa | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Publikasi di prosiding WCEE 2021 | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Perencanaan teknologi kombinasi sistem pracetak berbentuk rangka dan dinding pemikul pada bangunan bertingkat tinggi | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Laporan akhir penelitian tahun 1 dengan luaran produk sistem rangka tahan gempa kinerja tinggi dengan sambungan balok ke kolom dengan sistem prategang yang dominan. | | | | | | | | | | | | | |

C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

STUDI LITERATUR

Konsep desain gempa tradisional yang menyatakan bahwa struktur boleh rusak asalkan tidak runtuh jika terkena gempa rencana mulai dipandang tidak sesuai lagi dengan tuntutan masyarakat saat ini. Pengalaman akan banyaknya bangunan yang mengalami kerusakan berat (memerlukan biaya besar untuk perbaikan atau tidak dapat diperbaiki) akibat gempa Loma Prieta (1989) dan Northridge (1994) di Amerika Serikat dan Selandia Baru tahun 2010-2011 menyebabkan banyak pemilik dan pengguna bangunan protes akan kinerja bangunan yang terkena gempa kuat. Hal ini mendorong dikembangkannya filosofi desain baru dalam bentuk “bangunan tidak boleh rusak berat walaupun terkena gempa kuat”. Salah satu alternatif untuk mendukung filosofi desain gempa baru ini adalah menggunakan sistem struktur beton pracetak pemikul beban gempa.

Secara umum, sistem struktur beton pracetak pemikul gempa diklasifikasikan dalam 2 tipe, yaitu sistem emulatif dan *jointed*. Sistem pracetak emulatif didesain dan didetailkan agar mempunyai kinerja yang menyerupai sistem beton bertulang konvensional dalam hal kekuatan, kekakuan dan disipasi energi. Sistem struktur pracetak *jointed* menggunakan konsep sistem sambungan yang berbeda dengan sistem sambungan emulatif [1]. Sistem sambungan struktur pracetak *jointed*/non-emulatif yang mempunyai potensi untuk digunakan dalam sistem struktur pemikul gempa kinerja tinggi.

Sistem struktur beton pracetak penahan gempa berkinerja tinggi merupakan konsep yang pertama kali dikembangkan oleh peneliti gabungan antara Amerika dan Jepang dalam program penelitian *PREcast Seismic Structural Systems* (PRESS) (1994-2002) [2-5] dan juga peneliti di Selandia Baru [6,7] pada akhir 1990. Konsep ini kemudian dikembangkan juga oleh peneliti dan praktisi di negara-negara lain termasuk di Indonesia [8-11] yang berlanjut hingga menghasilkan system dengan nama PRESSINDO [12,13]. Pengembangan system pracetak penahan gempa terus dilakukan di Indonesia [14-17]. Penggunaan sistem sambungan non-emulatif memerlukan validasi pengujian berdasarkan peraturan SNI 7834:2012 [18].

Alternatif lain yang berpotensi untuk menghasilkan sistem struktur dengan kinerja tinggi terhadap gempa dalam kaitannya dengan sistem pracetak adalah sistem struktur yang mengkombinasikan antara struktur beton pracetak dengan *base isolation*. Teknologi *base isolation* telah terbukti dapat mengurangi secara signifikan beban gempa yang diterima oleh struktur yang dilengkapi dengan *base isolation*, terutama untuk struktur yang mempunyai periode struktur yang tidak terlalu besar. Beberapa studi telah dilakukan untuk mengkombinasikan sistem beton pracetak dan teknologi base isolation [19,20] dan memberikan hasil yang menjanjikan dalam hal menghindari pemenuhan persyaratan daktilitas. Permasalahan yang perlu diatasi antara lain isu *initial cost* dan *life cycle cost*. Based on [19] biaya tambahan awal yang diperlukan untuk menambahkan base isolation adalah antara 1-2%, yang merupakan nilai yang cukup menarik dari segi *life cycle cost*

DESAIN TEKNOLOGI

Kriteria Keandalan Sistem Struktur

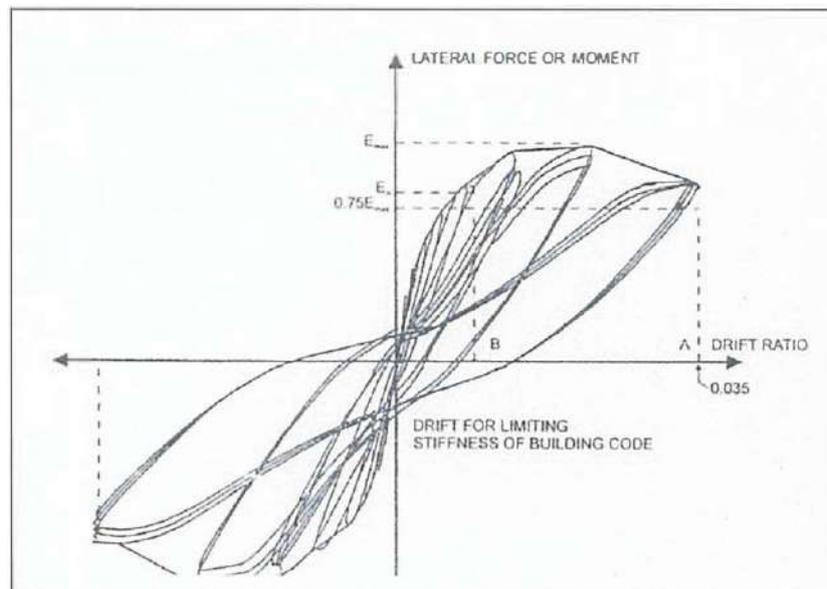
Secara umum keandalan sambungan komponen pracetak diperiksa melalui uji pembebanan bolak-balik dua arah pseudo dynamic. Hysteresis Loop beban lateral dan perpindahan dijadikan parameter kualitatif dan kuantitatif sebagai tolok ukur daktilitas. Parameter kuantitatif yang diperoleh dari hysteresis loop adalah daktilitas elemen (μ), energi disipasi (W_d), degradasi kekuatan dan kekakuan sambungan.

Pembebanan yang diberikan untuk pengujian keandalan sambungan pada umumnya adalah pembebanan horisontal siklik dua arah pseudo dynamic. Penilaian keandalan berdasarkan parameter kualitatif dan kuantitatif dari hysteresis loop beban lateral dan perpindahan. Parameter kualitatif yang didapat dari hysteresis loop adalah stabilitas kekuatan, kekakuan, energi disipasi dan beberapa parameter non dimensional lainnya.

Salah satu kriteria keandalan yang dapat digunakan sebagai referensi dalam menilai keandalan struktur pracetak adalah kriteria yang ditetapkan dalam SNI 7834:2012 Metode uji dan kriteria penerimaan sistem struktur rangka pemikul momen beton bertulang pracetak untuk bangunan gedung. SNI 7834:2012 mensyaratkan benda uji harus diberikan pembebanan dengan riwayat perpindahan sekurang-kurangnya tiga siklus lengkap dan harus dirancang dengan konsep "Kolom Kuat Balok lemah", tahanan minimum (E_n) harus tercapai sebelum rasio simpangannya 2,00 % serta tahanan lateral maksimum tidak boleh melebihi nilai $\lambda \cdot E_n$ (λ = faktor kuat lebih kolom).

Selain itu, benda uji harus memenuhi kriteria kestabilan, rasio disipasi energi serta kriteria kekakuan. Penjelasan ketiga kriteria tersebut adalah sebagai berikut:

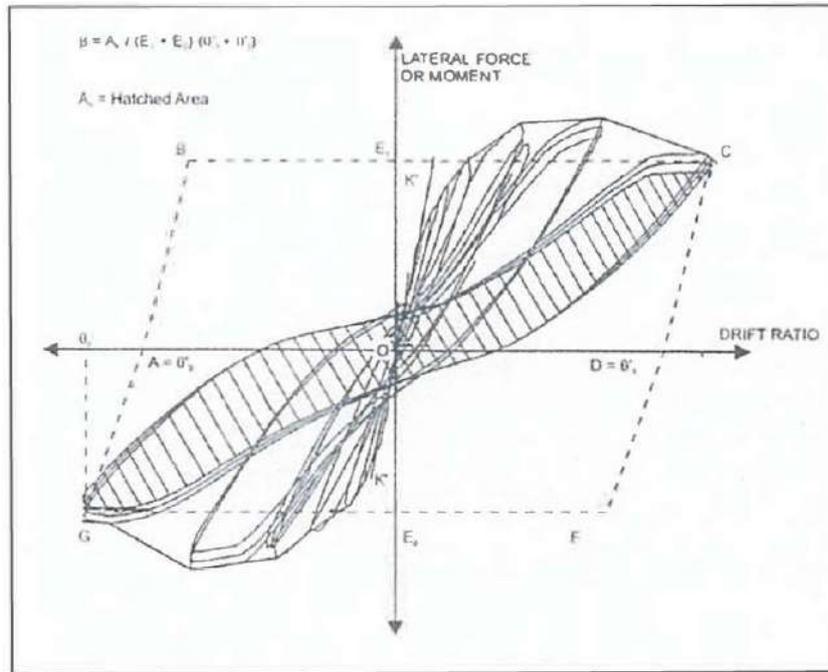
1. Nilai beban lateral pada akhir siklus pembebanan (drift ratio 3,50 %, siklus ke-3) harus lebih besar dari 75 % nilai beban maksimum.



Gambar Nilai 75 % Behan Lateral Maksimum

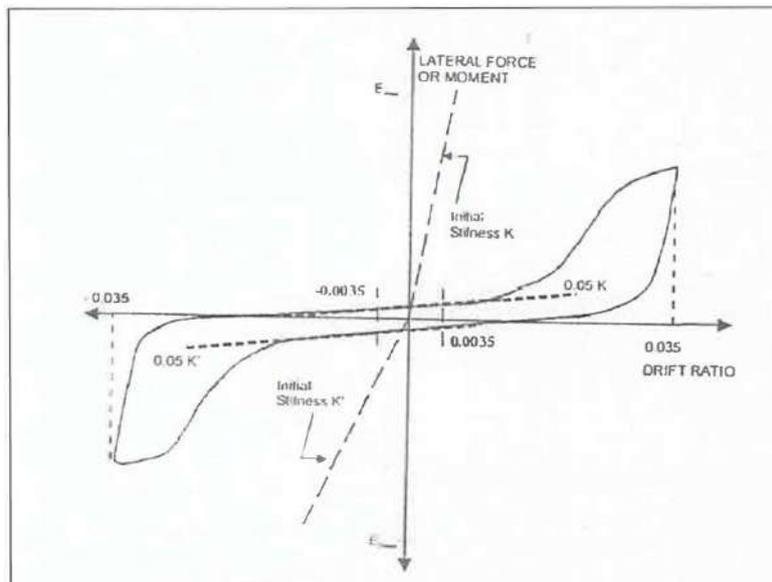
2. Nilai ratio disipasi energi relatif (P) harus lebih besar dari 0,125. Nilai rasio disipasi energi relatif adalah nilai perbandingan antara luas yang dibentuk oleh hysteretic loop

pada story drift 3,50% siklus ke-3 dengan luas jajaran genjang yang dibentuk dari perpotongan ujung hysteretic loop pada story drift 3,50% siklus ke-3 dengan garis yang sejajar dengan gradien pada siklus pertama story drift 0,2 % pada setiap arah pembebanan.



Gambar Nilai Disipasi Energi Relatif

3. Perbandingan nilai gradien hysteresis loop siklus ke-3 story drift 3,50% yang dibatasi limit -0,35% dan +0,35% harus lebih besar atau sama dengan 0,05 kali nilai gradien awal modul struktur pada siklus pembebanan pertama.



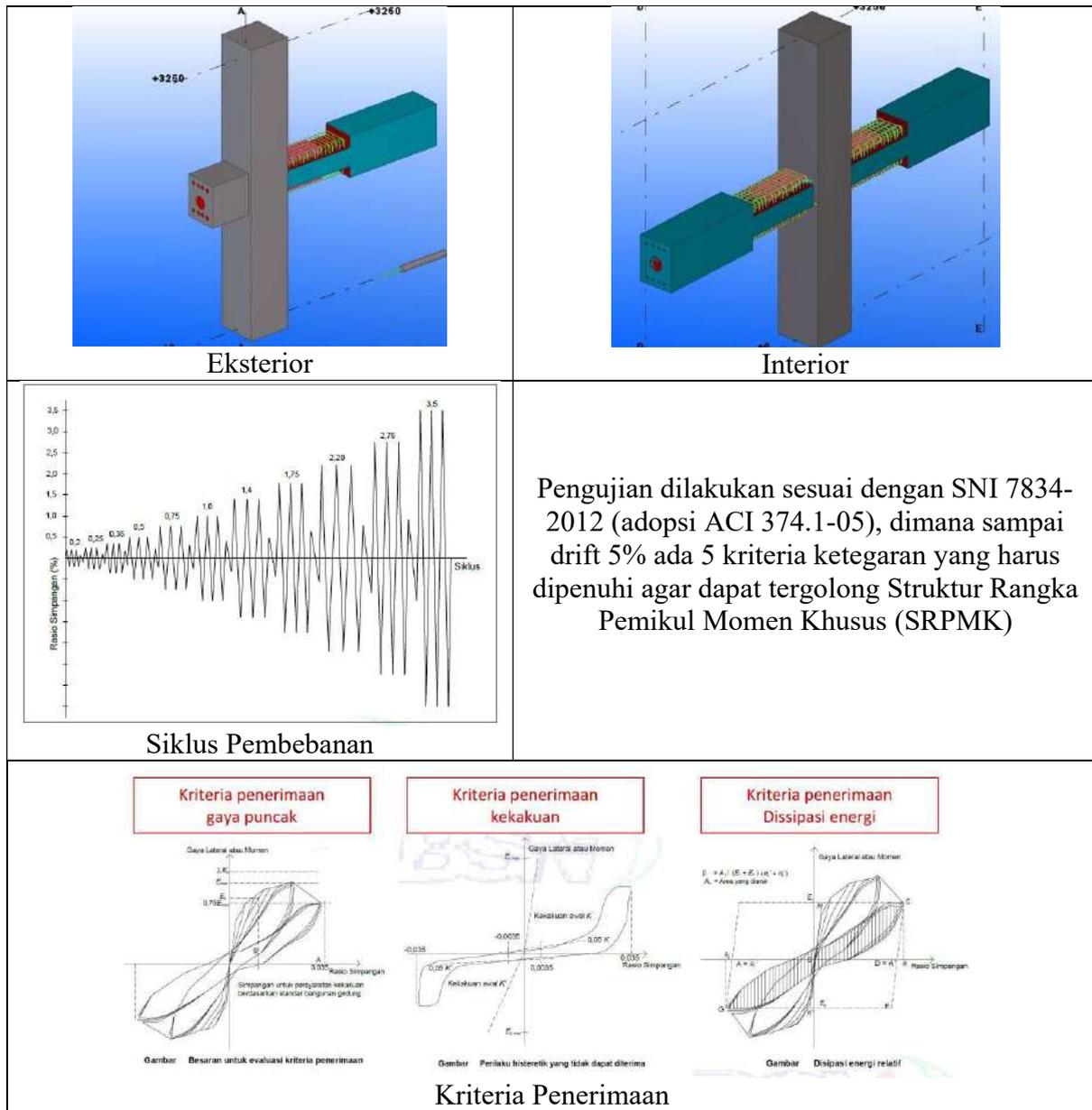
Gambar Nilai Gradien Kurva

Kriteria Kebutuhan Data Hasil Pengujian

Dari data hasil pengujian yang telah dilakukan untuk mengetahui tingkat keandalan suatu sistem struktur beton panel pracetak yang direncanakan meliputi pengujian komponen dan sambungan. Apabila komponen struktur telah dapat diperkirakan dan diketahui dengan baik perilaku dan kekuatannya maka pengujian cukup dilakukan pada sambungan. Dimensi benda uji apabila memungkinkan sesuai dengan peralatan pengujian yang tersedia sebaiknya dibuat dalam skala 1 : 1, sehingga dapat dianalisis langsung tanpa teori model. Dengan benda uji berskala 1 : 1 maka jumlah benda uji yang diambil cukup satu benda uji untuk tiap dimensi dan lokasi sambungan namun dengan pemasangan jumlah sensor yang representatif.

PROGRAM PENGUJIAN DAN DATA HASIL PENGUJIAN

Modul Join Balok-Kolom, Siklus Pembebanan dan Kriteria Penerimaan



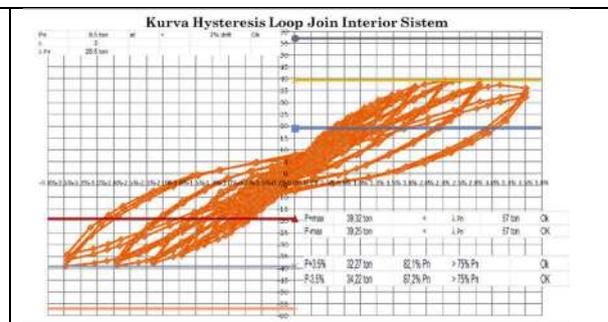
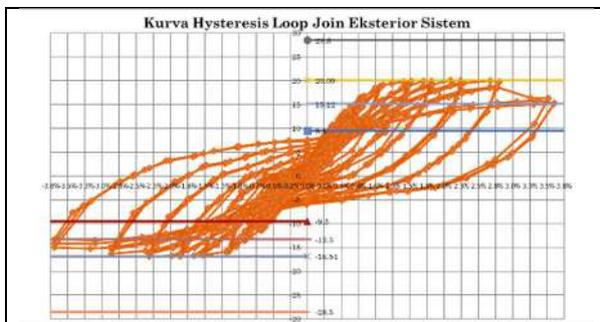


Eksterior



Interior

Data Hasil Pengujian Join Balok-Kolom



Contoh SPRMK (lulus 3.5%)

Persyaratan kekuatan:

| | | |
|-----------------|---|-------------|
| E maks (+) | = | 33.83 ton |
| E dirn 3.5% (+) | = | 31.47 ton |
| E dirn 3.5% (-) | = | 0.93 > 0.75 |
| E maks (-) | = | 33.46 ton |
| E dirn 3.5% (-) | = | 31.44 ton |
| E maks (-) | = | 0.94 > 0.75 |

Persyaratan kekakuan:

| | | |
|-----------|---|-------------|
| Desak (+) | = | 0.72 |
| | > | 0.06 |
| Tarik (-) | = | 0.22 |
| | > | 0.03 > 0.00 |

Persyaratan disipasi energi:

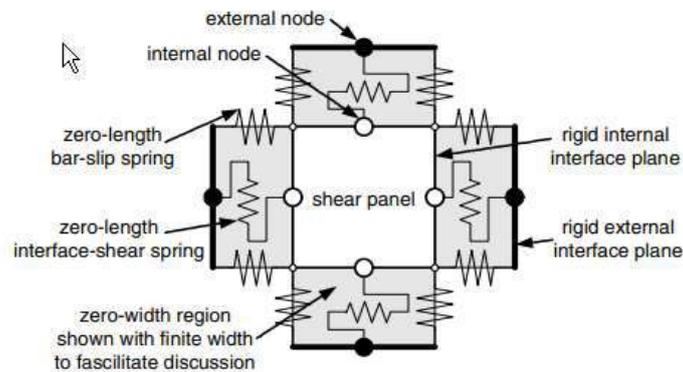
| | | |
|---|---|--------------|
| Disipasi energi relatif (β = A _h / (P _h × Δ)) | > | 0.125 |
| A _h | = | 4056.82 |
| (P _h × Δ) | = | 8741.047 |
| β | = | 0.46 > 0.125 |

PEMBUATAN MODEL NUMERIK DAN METODE DESAIN

Model Numerik

Model numerik join balok-kolom yang akan digunakan adalah model numerik join balok-kolom yang dikembangkan oleh Lowes dkk. [21], sebuah model join balok-kolom untuk mensimulasi respons rangka beton bertulang terhadap beban gempa. Model ini telah

diimplementasikan dalam OpenSees [22], kerangka kerja piranti lunak untuk simulasi respons sistem struktur dan geoteknik yang terkena beban seismik.



Model join balok-kolom

Motode Desain

Secara garis besar, metode desain yang diajukan adalah sebagai berikut:

1. Dari data hasil pengujian yang telah dilakukan, maka akan dilakukan pemodelan numerik join balok-kolom untuk menghasilkan keluaran model numerik yang mendekati data-data hasil pengujian.
2. Setelah model numerik suatu join balok-kolom sudah berhasil ditentukan, maka model numerik tersebut akan digunakan untuk analisis dan desain struktur keseluruhan

PENDAFTARAN PATEN SEDERHANA

Struktur Dinding Pemikul Beton Bertulang Pracetak Dengan Sistem Sambungan Tendon Pascatarik Tanpa Lekatan

Invensi ini mengenai Struktur Dinding Pemikul Beton Bertulang Pracetak Dengan Sistem Sambungan Tendon Pascatarik tanpa Lekatan, lebih khusus lagi, invensi ini berhubungan dengan sistem struktur yang digunakan untuk bangunan bertingkat yaitu struktur pracetak dinding pemikul beton bertulang yang dibuat dengan pracetak dimana komponen dinding beton bertulang akan disambung menggunakan tendon pascatarik tanpa lekatan secara vertikal. Komponen struktur dinding pemikul pracetak harus disediakan lubang saat fabrikasi sesuai jumlah dan posisi sesuai perencanaan studi kasus proyek yang dikerjakan untuk elemen batas dan elemen badan dinding pracetak. Tendon pascatarik tanpa lekatan dipasang dilapangan pada posisi lubang yang tersedia dan dilakukan penarikan kemudian dikunci dengan blok angkur pada komponen dinding terakhir yang dipasang pada lantai atas.

Bidang Teknik Invensi

Invensi ini mengenai Struktur Dinding Pemikul Beton Bertulang Pracetak Dengan Sistem Sambungan Tendon Pascatarik tanpa Lekatan, lebih khusus lagi, invensi ini berhubungan dengan sistem struktur yang digunakan untuk bangunan bertingkat yaitu struktur pracetak dinding pemikul beton bertulang dimana komponen dinding beton bertulang akan disambung menggunakan tendon pascatarik tanpa lekatan secara vertikal.

Latar Belakang Invensi

Invensi ini telah dikenal dan digunakan untuk konstruksi bangunan bertingkat dengan struktur pracetak yang menggunakan dinding geser atau dinding pemikul.

Invensi teknologi yang berkaitan dengan sistem sambungan struktur dinding pracetak pemikul beton bertulang, juga telah diungkapkan sebagaimana terdapat pada paten terkait sistem sambungan struktur dinding pracetak Nomor S00201905666 Tanggal 2019-07-05. dengan judul Struktur Dinding Pracetak Untuk Gedung Bertingkat Tinggi Dengan Sambungan Spiral pada Vertikal dan Sambungan Embedded Horizontal antar Panel. dimana diungkapkan komponen panel pracetak beton bertulang akan disambung secara horizontal menggunakan embedded dan sambungan secara vertikal menggunakan spiral, namun invensi tersebut masih terdapat kekurangan

yaitu karena mutu sambungan baja tulangan kurang lebih sama dengan mutu tulangan dinding yang akan disambung sehingga dibutuhkan sambungan vertikal yang cukup banyak.

Invensi lainnya sebagaimana diungkapkan pada paten terkait struktur dinding pracetak yang menggunakan sambungan pelat embedded untuk sambungan antar panel dan pondasi. Nomor IDS000003580 tanggal 2021-01-26. dengan judul Struktur Dinding Pracetak Yang Dilengkapi dengan Pelat Tertanam untuk Penyambungan antar Dinding dan dengan Pondasi. dimana diungkapkan struktur dinding pracetak menggunakan pelat embedded baik sambungan antar panel secara horizontal maupun terhadap pondasi. Namun demikian invensi yang tersebut diatas masih mempunyai kelemahan-kelemahan dan keterbatasan yang antara lain adalah sistem ini hanya dapat digunakan pada struktur bangunan tidak bertingkat karena tidak terdapat sambungan antar panel secara vertikal. Selanjutnya Invensi yang diajukan ini dimaksudkan untuk mengatasi permasalahan yang dikemukakan diatas dengan cara sambungan struktur dinding pemikul vertikal menggunakan tendon pascatarik tanpa lekatan, dimana mutu baja prategang jauh lebih tinggi dari baja tulangan sehingga jumlah sambungan akan lebih sedikit dan lebih efisien.

Uraian Singkat Invensi

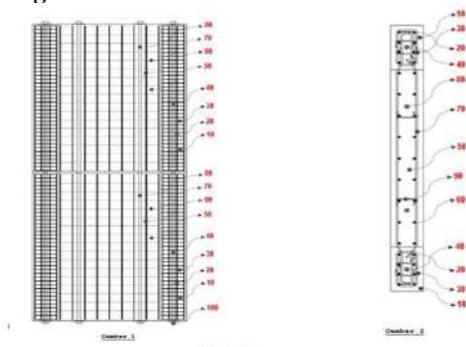
Tujuan utama dari invensi ini adalah untuk mengatasi permasalahan yang telah ada sebelumnya khususnya pada sambungan vertikal dinding menggunakan tendon pascatarik tanpa lekatan, dimana suatu Struktur Dinding Pemikul Beton Bertulang Pracetak Dengan Sistem Sambungan Tendon Pascatarik tanpa Lekatan sesuai dengan invensi ini terdiri dari:

- Struktur pracetak dinding pemikul dengan material beton dan tulangan baja baik tulangan longitudinal maupun tulangan transversal;
- Dinding pracetak merupakan dinding geser beton bertulang yang terdapat elemen batas diujung nya ataupun tidak;
- Tendon pascatarik tanpa lekatan yang terdiri dari baja prategang mutu tinggi yang digunakan sebagai sambungan vertikal.

Yang dicirikan dengan sambungan vertikal dinding pemikul yang menggunakan tendon pascatarik tanpa lekatan. Tujuan lain dari invensi ini adalah untuk mendapatkan sistem struktur dinding pemikul beton bertulang untuk bangunan bertingkat yang sambungan vertikal nya dapat lebih efisien.

Tujuan dan manfaat-manfaat yang lain serta pengertian yang lebih lengkap dari invensi berikut ini sebagai perwujudan yang lebih disukai dan akan dijelaskan dengan mengacu pada gambar-gambar yang menyertainya.

Uraian Singkat Gambar



Gambar 1, adalah gambar pandangan trasparan sisi samping dari Struktur Dinding Pemikul Beton Bertulang Pracetak Dengan Sistem Sambungan Tendon Pascatarik tanpa Lekatan sesuai dengan invensi ini.

Gambar 2, adalah gambar detail penampang Struktur Dinding Pemikul Beton Bertulang Pracetak Dengan Sistem Sambungan Tendon Pascatarik tanpa Lekatan sesuai dengan invensi ini.

Uraian Lengkap Invensi

Invensi ini akan secara lengkap diuraikan dengan mengacu kepada gambar-gambar yang menyertainya. Mengacu pada Gambar 1 dan Gambar 2, yang memperlihatkan gambar detail secara lengkap Struktur Dinding Pemikul Beton Bertulang Pracetak Dengan Sistem Sambungan Tendon Pascatarik tanpa Lekatan Struktur Dinding Pemikul Beton Bertulang Pracetak Dengan Sistem Sambungan Tendon Pascatarik tanpa Lekatan yang terdiri dari dinding pracetak beton bertulang elemen batas (10) dengan tulangan longitudinal batas (20) serta tulangan transversal batas (30) dan elemen badan (50) dengan tulangan longitudinal badan (60) dan tulangan transversal badan (70 & 90). Kedua elemen dinding akan disambung secara vertikal sebagaimana peruntukannya yaitu untuk bangunan bertingkat, sambungan vertikal menggunakan tendon pascatarik tanpa lekatan yang dipasang pada elemen batas dinding (40) dan tendon pascatarik tanpa lekatan yang dipasang pada elemen badan dinding (80). Tendon pascatarik tanpa lekatan (40 & 80) terdiri dari 7 (tujuh) buah baja tulangan prategang diameter 0.5” yang

dibungkus menjadi 1 (satu) tendon, pada ujung tendon setelah ditarik akan kunci menggunakan blok angkur (100) pada ujung terakhir pemasangan komponen dinding pemikul beton bertulang pracetak.

Mengacu pada gambar 1 hingga gambar 2, komponen struktur dinding pemikul beton bertulang pracetak sebelumnya di lakukan fabrikasi baik dipabrik maupun dilapangan, dimensi dinding baik elemen batas (10) yang terdiri dari tulangan longitudinal (20) dan tulangan transversal (30) maupun elemen badan (50) yang terdiri dari tulangan longitudinal (60) dan longitudinal (70 & 90) di desain oleh konsultan struktur sesuai kebutuhan berdasarkan studi kasus proyek yang dikerjakan. Saat fabrikasi harus disediakan lubang sebagai tempat sambungan vertikal tendon pascatarik tanpa lekatan baik untuk elemen batas (40) maupun sambungan vertikal untuk elemen badan (80) yang diperhitungkan sesuai kebutuhan studi kasus proyek yang dikerjakan. Selanjutnya dilapangan dilakukan pengangkatan dan pemasangan elemen dinding struktur pracetak dan harus di atur dan di pastikan supaya dinding atas dan bawah harus sejajar sehingga lubang antar dinding dapat sejajar dan pemasangan sambungan vertikal tendon pascatarik tanpa lekatan dapat dilakukan. Setelah pengaturan posisi selesai, dilakukan penarikan baja prategang pascatarik tanpa lekatan, dan setelah selesai tendon dikunci menggunakan blok angkur (100).

Dari uraian diatas jelas bahwa hasil dari invensi ini dapat memberi manfaat bagi pelaku konstruksi baik pelaksana maupun pemilik proyek karena secara praktis dan efisien karena sambungan yang lebih efisien dan cepat untuk dilaksanakan dan invensi ini benar-benar menyajikan suatu penyempurnaan yang sangat praktis khususnya pada sambungan vertikal dinding pracetak yang menggunakan tendon pascatarik tanpa lekatan.

Klaim

1. Suatu Struktur Dinding Pemikul Beton Bertulang Pracetak Dengan Sistem Sambungan Tendon Pascatarik tanpa Lekatan yang terdiri dari:

- a. Struktur pracetak dinding pemikul dengan material beton dan tulangan baja baik tulangan longitudinal maupun tulangan transversal;
- b. Dinding pracetak merupakan dinding geser beton bertulang yang terdapat elemen batas di ujungnya ataupun tidak;
- c. Tendon pascatarik tanpa lekatan yang terdiri dari baja prategang mutu tinggi yang digunakan sebagai sambungan vertikal.

Yang dicirikan dengan sambungan vertikal dinding pemikul yang menggunakan tendon pascatarik tanpa lekatan.

CONTOH PERHITUNGAN STRUKTUR PRACETAK PADA BANGUNAN GEDUNG

Disain perhitungan struktur pracetak pada bangunan gedung ini dilaksanakan dengan studi kasus pada pembangunan Apartemen Pancoran Riverside 2 Lokasi: Pancoran, Jakarta Selatan

1. Pendahuluan

| | |
|-------------------|---|
| Lokasi bangunan | : Pancoran, Jakarta Selatan. |
| Fungsi bangunan | : Bangunan Apartemen |
| Jumlah lantai | : 32 lantai, 6 lantai podium, dan 2 basement. |
| Tinggi bangunan | : 121.6 m |
| Struktur bangunan | : Beton bertulang precast. |

2. Peraturan – Peraturan Yang Dipergunakan Dalam Desain

Dasar – dasar peraturan yang digunakan dalam perencanaan ini adalah:

1. SNI 1727-2020, Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain
2. SNI 1726:2019, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung
3. SNI 2847-2019, Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan
4. SNI 6880:2016, Spesifikasi Beton Struktural
5. SNI 2052:2017, Baja Tulangan Beton
6. SNI 8460:2017, Persyaratan Perancangan Geoteknik

3. Mutu Material Yang Digunakan

Spesifikasi bahan yang digunakan adalah:

| | |
|---|--------------------------------------|
| 1. Tiang pancang | : f'c 45 Mpa |
| 2. Pile cap, tie beam, pelat lantai dasar | : f'c 30 Mpa |
| 3. Beton kolom dan shearwall | : f'c 50 Mpa |
| 4. Beton balok | : f'c 40 Mpa |
| 5. Beton pelat lantai HCS | : f'c 40 Mpa |
| 6. Baja tulangan | : BJTS 420, fy = 420 Mpa |
| 7. Strand | : ASTM A416 grade 270 Low Relaxation |
| 8. PC wire | : ASTM A421 low Relaxation |

4. Sistem Struktur Bangunan

Bangunan termasuk dalam kategori desain seismik KDS D, sehingga sistem struktur yang bisa dipakai berdasarkan tabel 12 SNI 1726:2019 adalah adalah: sistem ganda, gabungan dari struktur rangka pemikul momen khusus (SRPMK) dan dinding geser beton bertulang khusus

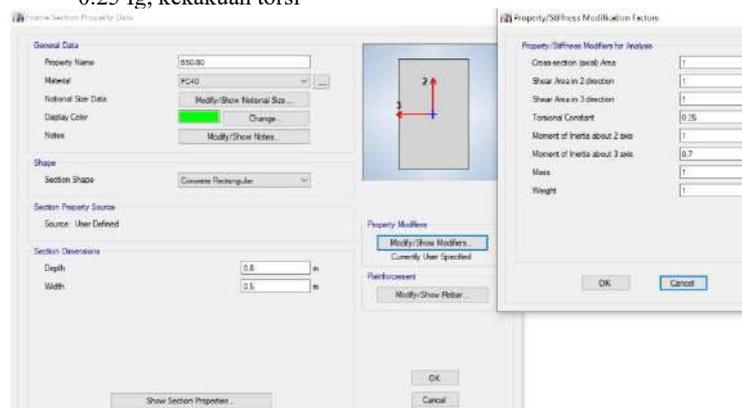
5. Metode Perencanaan Struktur Atas

Dalam perencanaan gedung ini dilakukan dengan analisis dinamik dengan langkah sebagai berikut:

- Melakukan pemodelan struktur secara 3 dimensi untuk mendapatkan periode getar struktur, bentuk ragam, factor partisipasi massa dan massa bangunan
- Menentukan jumlah ragam yang digunakan pada analisis agar tercapai partisipasi massa total dalam masing-masing arah minimal 90% dari massa total.
- Memasukkan respon spectrum yang sesuai dengan lokasi bangunan
- Kombinasikan perpindahan ragam dan gaya-gaya komponen menggunakan metode CQC / SRSS untuk menentukan perpindahan sistem dan gaya rencana
- Menghitung gaya geser dasar yang dihitung dengan metoda static ekivalen V_{statik} dengan mempertimbangkan batasan perioda $T=T_a C_u$
- Menghitung faktor skala pada masing-masing arah dengan membandingkan gaya geser dasar yang dihitung dengan metoda static ekivalen dan gaya geser yang didapat dari hasil analisis ragam, dengan perbandingan $100\% V_{statik}/V_{CQC} \geq 1.0$
- Menskalakan gaya geser hasil analisis ragam dengan mengalikannya dengan factor skala sehingga diperoleh gaya geser yang dipakai untuk desain, $V_{desain} = V_{CQC} \times \text{factor skala}$

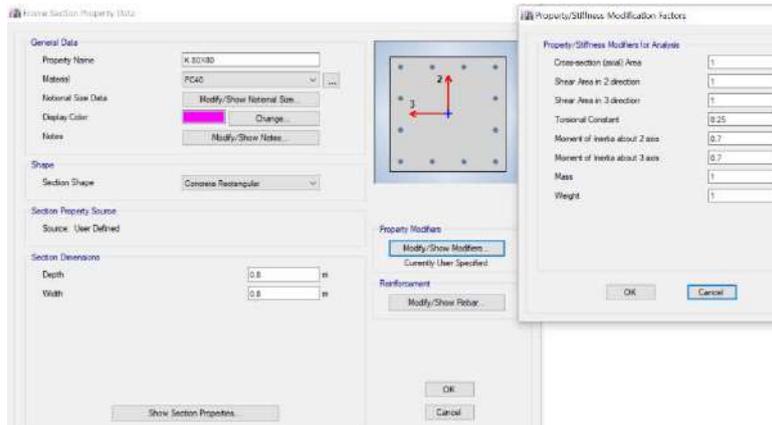
6. Pembebanan Dasar Dan Parameter Yang Dipakai Dalam Perencanaan

1. Beton bertulang $\gamma : 24.0 \text{ kN/m}^3$
2. baja struktural $\gamma : 78.5 \text{ kN/m}^3$
3. Beban hidup w_{II}
 - Ruang Bersama / fasilitas: 4.79 kN/m^2
 - Ruang hunian: 1.92 kN/m^2
 - Ruang parkir (mobil penumpang): 1.92 kN/m^2
4. Beban Super Dead load (SDL) : 1.5 kN/m^2
5. Beban dinding : 1.0 kN/m^2 , untuk partisi ruang dalam
: 24.0 kN/m^3 , untuk dinding façade pracetak
6. Parameter koefisien faktor reduksi untuk menentukan berat seismik efektif bangunan adalah (sesuai SNI 1726:2019):
 - Beban mati : 1.0
 - Beban hidup : 0.25
7. Parameter faktor reduksi kuat rencana (ϕ) yang digunakan dalam perencanaan komponen struktur (sesuai SNI 2847:2019) adalah:
 - Faktor reduksi lentur : 0.9
 - Faktor reduksi aksial : 0.65
 - Faktor reduksi geser : 0.75
8. Parameter efektifitas momen inerti untuk memperhitungkan kekakuan efektif elemen struktur (sesuai SNI 2847:2019):
 - Modulus elastisitas : $4700\sqrt{f_c'}$
 - Komponen Balok : $0.7 I_g$, kekakuan lentur (balok persegi)
 $0.25 I_g$, kekakuan torsi



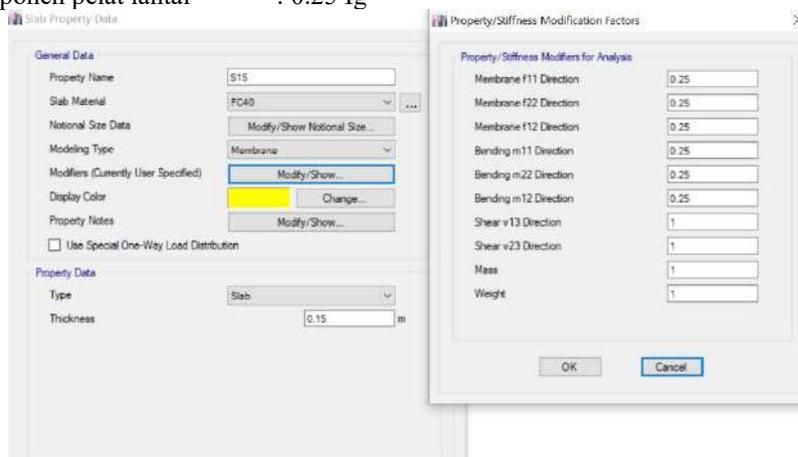
Gambar 6a. Pemodelan penampang balok

- Komponen Kolom : $0.7 I_g$, kekakuan lentur
 $0.25 I_g$, kekakuan torsi



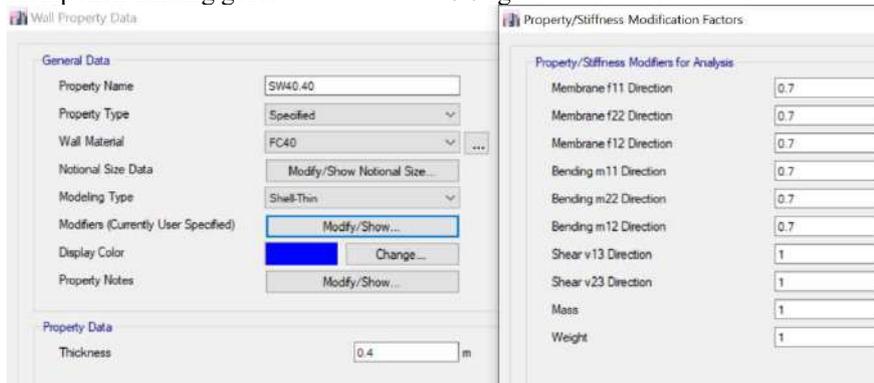
Gambar 6b. Pemodelan penampang kolom

- Komponen pelat lantai : 0.25 Ig



Gambar 6c. Pemodelan pelat lantai

- Komponen dinding geser : 0.7 Ig



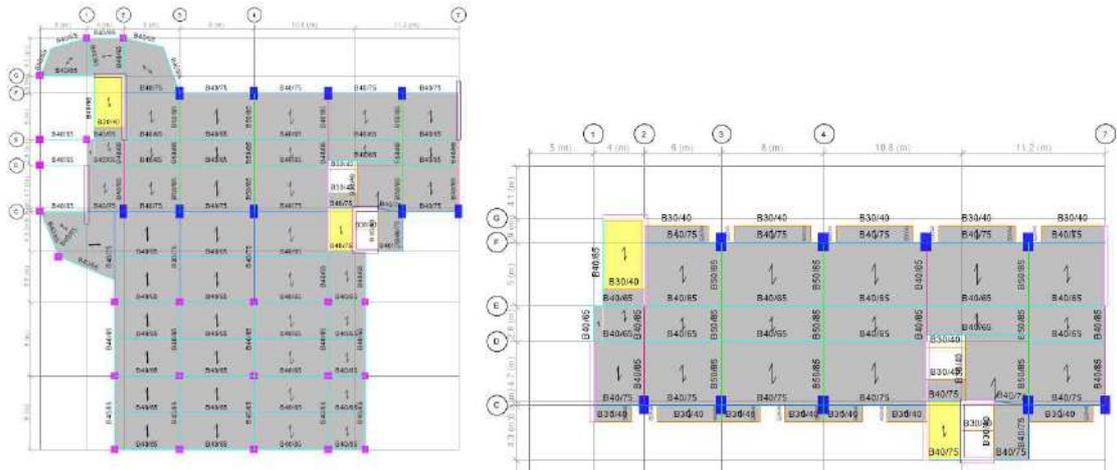
Gambar 6d. Pemodelan dinding geser

7. Pemodelan Struktur

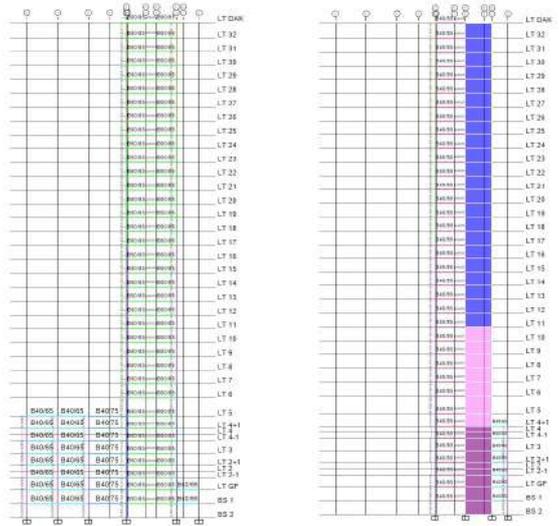
Analisis struktur Input geometri, massa bangunan dan model 3D dilakukan dengan bantuan program ETABS. Struktur atas gedung dianalisis secara 3-dimensi. Kolom dan balok dimodelkan menggunakan *frame element*, dinding geser menggunakan *shell* sedangkan pelat lantai dimodelkan menggunakan *membrane* dengan memperhitungkan pengaruh diafragma.

Beberapa hal yang menjadi perhatian utama terkait permodelan struktur adalah:

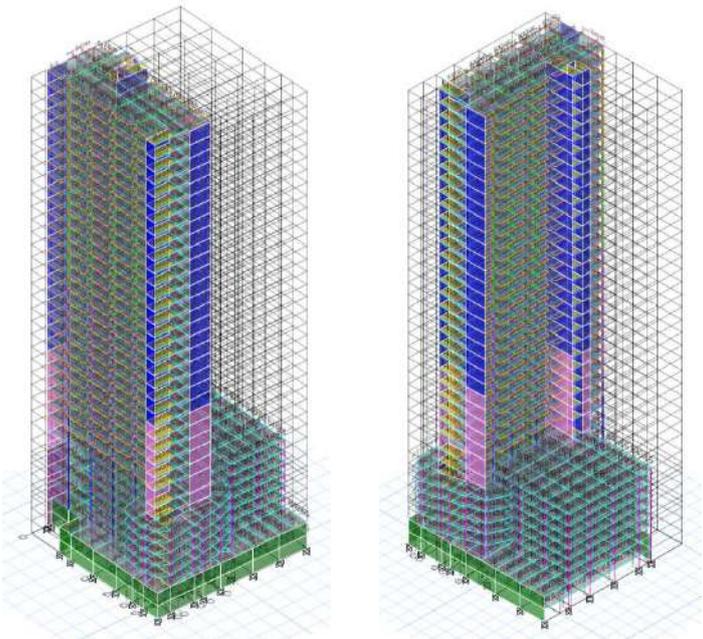
1. Perletakan kolom (*base of columns*) diasumsikan berupa perletakan jepit.
2. Pelat lantai diasumsikan sebagai *diafragma semi-kaku* pada bidangnya (*in plane*).



Gambar 7a - Model lantai tipikal



Gambar 7b - Potongan struktur

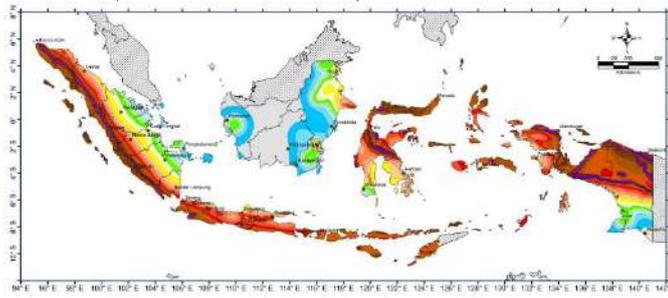


Gambar 7c - Model 3 dimensi

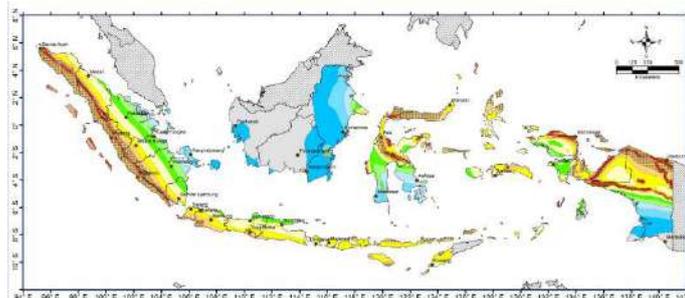
8. Penentuan Gaya Gempa Struktur

Untuk Peninjauan terhadap gaya gempa data-data yang dipakai adalah sebagai berikut:

- **Peta percepatan Batuan dasar** (sesuai SNI 1726:2019).



Gambar 8.1 - Peta Gempa Percepatan Batuan Dasar pada Periode Pendek



Gambar 8.2 - Peta Gempa Percepatan Batuan Dasar pada Periode 1 detik

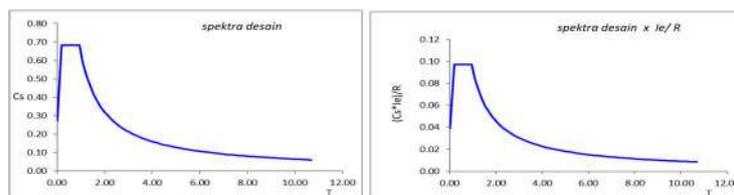
- **Kondisi Tanah**
Lokasi bangunan berada pada lokasi dengan kategori termasuk tanah lunak.
- **Kategori Resiko Bangunan Gedung**
Kategori resiko bangunan Gedung ditentukan berdasarkan fungsi atau penggunaan Gedung, yang ditentukan sesuai dengan SNI 1726:2019 tabel 3 dan tabel 4. Bangunan ini termasuk kategori resiko II dengan nilai faktor keutamaan gempa yang dipakai $I_e = 1.0$
- **Faktor Koefisien Modifikasi Respon R, Faktor Pembesaran Defleksi C_d dan Faktor Kuat Lebih Ω_0**
Faktor R, C_d dan Ω_0 ditentukan berdasarkan system struktur yang dipakai. Factor-faktor ini ditentukan sesuai dengan SNI 1726:2019 tabel 12. Sistem struktur yang dipakai adalah sistem ganda, gabungan rangka pemikul momen khusus dan dinding geser khusus, sehingga dipakai nilai faktor modifikasi respons, $R = 7$; faktor kuat lebih, $\Omega_0 = 2.5$; faktor pembesaran defleksi, $C_d = 5.5$

Dari beberapa parameter di atas dapat ditentukan grafik respon spektrum yang dipakai untuk perencanaan beban gempa bangunan. Berikut tabel parameter penentuan beban gempa desain:

Tabel 8 - Parameter beban gempa desain

| Parameter | Nilai |
|--------------------------------|---|
| Kategori Resiko | II |
| Faktor Keutamaan | $I_e = 1.000$ |
| Spektral Percepatan Terpetakan | $S_s = 0.823$ |
| | $S_1 = 0.394$ |
| Kelas Situs | SD |
| Koefisien kelas Situs | $F_a = 1.242$ |
| | $F_v = 2.424$ |
| Spektral Respon Percepatan | $SDS = 2/3 \times S_s \times F_a = 0.681$ |
| | $SD1 = 2/3 \times S_1 \times F_v = 0.637$ |

Grafik Respon Spektrum yang dipakai untuk wilayah Jakarta dengan kondisi tanah lunak untuk Gedung B:



Gambar 8b - Grafik respon spektrum gempa wilayah Jakarta, Tanah Lunak, gedung B

Tabulasi parameter desain dan penentuan beban gempa desain yang dipakai:

Tabel 8c.2 - Parameter desain dan gaya geser seismik desain

| Kategori Resiko | | II | |
|--------------------------------|--------------------------------------|----|---------|
| Faktor Keutamaan | I_a | = | 1.000 |
| Spektral Percepatan Terpetakan | S_a | = | 0.823 |
| | S_v | = | 0.394 |
| Kelas Situs | | = | SD |
| Koefisien kelas Situs | F_a | = | 1.242 |
| | F_v | = | 2.424 |
| Spektral Respon Percepatan | $S_{u2} = 2/3 \times S_s \times F_a$ | = | 0.681 g |
| | $S_{u1} = 2/3 \times S_s \times F_a$ | = | 0.637 g |
| Kategori Desain Seismik | K_{cs} | = | D |

| Sistem Struktur | | Sistem Ganda, Rangka Pemikul Momen Khusus dan Dinding Geser Beton Bertulang Khusus | |
|---|----------------------------|--|---------------------------------|
| Koefisien Modifikasi Respon | R | = | 7 |
| Dilatai Jarak Lebih Sistem | Δa | = | 2.5 |
| Faktor Pembesaran Deformasi | C_d | = | 5.5 |
| Periode Getar Struktur | T_a | = | 4.4922 |
| | T_b | = | 4.0571 |
| | T_c | = | 1.8658 |
| | $T_{max} = C_u \times T_a$ | = | 2.6121 |
| | $T_{terpakai}$ | = | 2.6121 |
| | $T_{terpakai}$ | = | 2.6121 |
| Koefisien Respon Seismik | G (persamaan 22) | = | $S_{u1}/(R \times I_a)$ = 0.097 |
| | G_x (persamaan 23) | arah x | $S_{u1}/(R \times I_a)$ = 0.035 |
| | G_y (persamaan 24) | arah y | $S_{u1}/(R \times I_a)$ = 0.035 |
| | $G_{terpakai}$ | arah x | $0.044 \times S_{u1}$ = 0.030 |
| | | arah y | 0.035 |
| | | arah y | 0.035 |
| Berat Seismik | | = | 32173.45 tonf |
| Gaya Geser Dasar Desain Minimum, $V = 0.05 \times C_u \times W$ | | arah x | 9336.08 kN |
| | | arah y | 9336.08 kN |
| Gaya Geser Dasar Terhitung Pada Model (analisis respon ragam) | | arah x | 5442.82 kN |
| | | arah y | 6142.01 kN |
| Faktor Skala Pada Model | | arah x = | 9336.08 / 5442.82 = 2.018 |
| | | arah y = | 9336.08 / 6142.01 = 1.788 |

9. Massa Bangunan (Berat Seismik) Dan Partisipasi Modal Struktur Atas
 Massa bangunan per lantai seperti terlihat pada tabel berikut :

Tabel 9a - Berat seismic per lantai

| Story | Diaphragm | Mass, tonf |
|--------|-----------|------------|
| LT DAK | D33 | 631.17 |
| LT 32 | D32 | 732.48 |
| LT 31 | D31 | 741.63 |
| LT 30 | D30 | 741.63 |
| LT 29 | D29 | 741.63 |
| LT 28 | D28 | 741.63 |
| LT 27 | D27 | 741.63 |
| LT 26 | D26 | 741.63 |
| LT 25 | D25 | 743.40 |
| LT 24 | D24 | 745.24 |
| LT 23 | D23 | 745.24 |
| LT 22 | D22 | 745.24 |
| LT 21 | D21 | 745.24 |
| LT 20 | D20 | 745.24 |
| LT 19 | D19 | 745.24 |
| LT 18 | D18 | 745.24 |
| LT 17 | D17 | 751.95 |
| LT 16 | D16 | 958.04 |

| LT 15 | D15 | 759.35 |
|--------|------|---------|
| LT 14 | D14 | 759.35 |
| LT 13 | D13 | 759.35 |
| LT 12 | D12 | 759.35 |
| LT 11 | D11 | 767.35 |
| LT 10 | D10 | 776.35 |
| LT 9 | D9 | 776.35 |
| LT 8 | D8 | 776.35 |
| LT 7 | D7 | 782.94 |
| LT 6 | D6 | 831.50 |
| LT 5 | D5 | 1261.63 |
| LT 4+1 | D4+1 | 1021.11 |
| LT 4 | D4 | 220.79 |
| LT 4-1 | D4-1 | 1054.53 |
| LT 3 | D3 | 2350.12 |
| LT 2+1 | D2+1 | 1055.28 |
| LT 2 | D2 | 220.79 |
| LT 2-1 | D2-1 | 1054.53 |
| LT 0P | D1 | 1755.11 |
| BS 1 | D-1 | 1527.39 |

Masa total = 32173.45 tonf

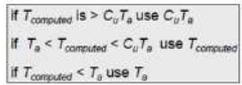
Partisipasi modal analisis sampai lebih besar dari 90% penyerapan gaya gempa dapat dilihat pada table berikut :

Tabel 9b - Partisipasi Modal

| Mode | Period | UX | UY | RZ |
|------|--------|-----|-----|-----|
| 1 | 4.492 | 55% | 0% | 6% |
| 2 | 4.057 | 0% | 51% | 4% |
| 3 | 3.121 | 2% | 3% | 33% |
| 4 | 1.420 | 12% | 0% | 0% |
| 5 | 1.076 | 0% | 12% | 2% |
| 6 | 0.880 | 1% | 2% | 9% |
| 7 | 0.764 | 6% | 0% | 0% |
| 8 | 0.535 | 5% | 0% | 2% |
| 9 | 0.487 | 0% | 4% | 2% |
| 10 | 0.434 | 1% | 3% | 7% |
| 11 | 0.382 | 2% | 0% | 0% |
| 12 | 0.308 | 1% | 0% | 3% |
| 13 | 0.284 | 0% | 3% | 0% |
| 14 | 0.273 | 0% | 3% | 5% |
| 15 | 0.230 | 1% | 0% | 0% |
| 16 | 0.196 | 0% | 0% | 3% |
| 17 | 0.186 | 0% | 3% | 0% |
| 18 | 0.184 | 1% | 0% | 1% |
| 19 | 0.155 | 1% | 0% | 0% |
| 20 | 0.138 | 0% | 0% | 2% |

10. Penentuan Periode Fundamental Struktur

Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.8.2 periode fundamental struktur T tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung C_u dari tabel 17 dan periode fundamental pendekatan T_a dihitung sesuai dengan pasal 7.8.2.1 SNI 1726:2012. $T_{max} = C_u \times T_a$



Tabel 10a - Tinggi bangunan per lantai Gedung

| Story | Height, m | Elevation, m |
|--------|-----------|--------------|
| LT DAK | 4 | 528.8 |
| LT 32 | 3.6 | 524.8 |
| LT 31 | 3.6 | 521.2 |
| LT 30 | 3.6 | 517.6 |
| LT 29 | 3.6 | 514 |
| LT 28 | 3.6 | 510.4 |
| LT 27 | 3.6 | 506.8 |
| LT 26 | 3.6 | 503.2 |
| LT 25 | 3.6 | 499.6 |
| LT 24 | 3.6 | 96 |
| LT 23 | 3.6 | 92.4 |
| LT 22 | 3.6 | 88.8 |
| LT 21 | 3.6 | 85.2 |
| LT 20 | 3.6 | 81.6 |
| LT 19 | 3.6 | 78 |
| LT 18 | 3.6 | 74.4 |
| LT 17 | 3.6 | 70.8 |
| LT 16 | 3.6 | 67.2 |

| | | |
|--------|-----|------|
| LT 15 | 3.6 | 63.6 |
| LT 14 | 3.6 | 60 |
| LT 13 | 3.6 | 56.4 |
| LT 12 | 3.6 | 52.8 |
| LT 11 | 3.6 | 49.2 |
| LT 10 | 3.6 | 45.6 |
| LT 9 | 3.6 | 42 |
| LT 8 | 3.6 | 38.4 |
| LT 7 | 3.6 | 34.8 |
| LT 6 | 4.8 | 31.2 |
| LT 5 | 3.2 | 27.6 |
| LT 4+1 | 3.6 | 24 |
| LT 4 | 3.6 | 21.6 |
| LT 4-1 | 3.2 | 20 |
| LT 3 | 3.2 | 16.8 |
| LT 2+1 | 3.6 | 13.2 |
| LT 2 | 3.6 | 12 |
| LT 2-1 | 3.2 | 10.4 |
| LT 0P | 3.6 | 7.2 |
| BS 1 | 3.6 | 3.6 |

Perioda getar alami bangunan dari hasil analisis ETABS adalah sebagai berikut:

Tabel 10b - Perioda getar Gedung

| TABLE: Modal Periods And Frequencies | | | | | |
|--------------------------------------|------|--------|-----------|----------|------------------------------------|
| Case | Mode | Period | Frequency | CircFreq | Eigenvalue |
| | | sec | cyc/sec | rad/sec | rad ² /sec ² |
| Modal 1 | | 4.492 | 0.22 | 1.40 | 1.96 |
| Modal 2 | | 4.057 | 0.25 | 1.55 | 2.40 |
| Modal 3 | | 3.121 | 0.32 | 2.01 | 4.05 |
| Modal 4 | | 1.420 | 0.70 | 4.42 | 19.57 |
| Modal 5 | | 1.076 | 0.93 | 5.84 | 34.12 |
| Modal 6 | | 0.880 | 1.14 | 7.14 | 50.96 |
| Modal 7 | | 0.764 | 1.31 | 8.22 | 67.56 |
| Modal 8 | | 0.535 | 1.87 | 11.74 | 137.89 |
| Modal 9 | | 0.487 | 2.05 | 12.89 | 166.21 |
| Modal 10 | | 0.434 | 2.30 | 14.48 | 209.66 |
| Modal 11 | | 0.382 | 2.62 | 16.43 | 270.00 |
| Modal 12 | | 0.308 | 3.25 | 20.41 | 416.50 |
| Modal 13 | | 0.284 | 3.52 | 22.13 | 489.54 |
| Modal 14 | | 0.273 | 3.66 | 23.00 | 529.05 |
| Modal 15 | | 0.230 | 4.35 | 27.34 | 747.69 |
| Modal 16 | | 0.196 | 5.09 | 32.00 | 1023.80 |
| Modal 17 | | 0.186 | 5.37 | 33.72 | 1136.75 |
| Modal 18 | | 0.184 | 5.44 | 34.17 | 1167.29 |
| Modal 19 | | 0.155 | 6.44 | 40.48 | 1638.60 |
| Modal 20 | | 0.138 | 7.26 | 45.64 | 2082.90 |

Nilai T_a diperoleh = $0.0488 \times 128.8^{0.75} = 1.8658$ (berdasarkan table 18, SNI1726:2019)

Nilai $T_{max} = 1.4 \times 1.8658 = 2.6121$ (berdasarkan table 17, SNI1726:2019)

Jadi nilai periode fundamental yang dipakai adalah:

$$T_x = 2.6121 \text{ detik}$$

$$T_y = 2.6121 \text{ detik}$$

11. Perhitungan Gaya Gempa Desain Struktur Atas

- Hasil analisis dinamik untuk gaya geser kumulatif arah X dan Y dapat dilihat pada tabel berikut ini

Tabel 11b.1 - Gaya geser kumulatif dinamik arah X dan Y

| Story | Load | VX | Story | Load | VY |
|--------|--------|----------------|--------|--------|----------------|
| LT DAK | EigenX | 514.55 | LT DAK | EigenY | 627.65 |
| LT 32 | EigenX | 986.56 | LT 32 | EigenY | 1194.99 |
| LT 31 | EigenX | 1361.25 | LT 31 | EigenY | 1622.62 |
| LT 30 | EigenX | 1660.94 | LT 30 | EigenY | 1947.16 |
| LT 29 | EigenX | 1896.19 | LT 29 | EigenY | 2192.98 |
| LT 28 | EigenX | 2076.88 | LT 28 | EigenY | 2381.80 |
| LT 27 | EigenX | 2217.27 | LT 27 | EigenY | 2531.62 |
| LT 26 | EigenX | 2332.74 | LT 26 | EigenY | 2654.87 |
| LT 25 | EigenX | 2433.38 | LT 25 | EigenY | 2758.49 |
| LT 24 | EigenX | 2524.90 | LT 24 | EigenY | 2844.50 |
| LT 23 | EigenX | 2611.27 | LT 23 | EigenY | 2913.15 |
| LT 22 | EigenX | 2694.45 | LT 22 | EigenY | 2966.76 |
| LT 21 | EigenX | 2774.66 | LT 21 | EigenY | 3009.99 |
| LT 20 | EigenX | 2851.62 | LT 20 | EigenY | 3048.78 |
| LT 19 | EigenX | 2925.50 | LT 19 | EigenY | 3089.20 |
| LT 18 | EigenX | 2996.65 | LT 18 | EigenY | 3136.72 |
| LT 17 | EigenX | 3065.76 | LT 17 | EigenY | 3196.08 |
| LT 16 | EigenX | 3161.31 | LT 16 | EigenY | 3300.58 |
| LT 15 | EigenX | 3240.37 | LT 15 | EigenY | 3406.71 |
| LT 14 | EigenX | 3320.76 | LT 14 | EigenY | 3527.65 |
| LT 13 | EigenX | 3405.62 | LT 13 | EigenY | 3663.36 |
| LT 12 | EigenX | 3495.52 | LT 12 | EigenY | 3811.77 |
| LT 11 | EigenX | 3590.75 | LT 11 | EigenY | 3971.29 |
| LT 10 | EigenX | 3691.44 | LT 10 | EigenY | 4138.44 |
| LT 9 | EigenX | 3796.85 | LT 9 | EigenY | 4307.22 |
| LT 8 | EigenX | 3907.14 | LT 8 | EigenY | 4473.45 |
| LT 7 | EigenX | 4023.03 | LT 7 | EigenY | 4635.52 |
| LT 6 | EigenX | 4151.15 | LT 6 | EigenY | 4800.31 |
| LT 5 | EigenX | 4341.12 | LT 5 | EigenY | 5023.17 |
| LT 4+1 | EigenX | 4525.72 | LT 4+1 | EigenY | 5214.26 |
| LT 4 | EigenX | 4593.83 | LT 4 | EigenY | 5287.30 |
| LT 4-1 | EigenX | 4798.01 | LT 4-1 | EigenY | 5493.23 |
| LT 3 | EigenX | 5023.58 | LT 3 | EigenY | 5722.83 |
| LT 2+1 | EigenX | 5168.26 | LT 2+1 | EigenY | 5869.86 |
| LT 2 | EigenX | 5208.73 | LT 2 | EigenY | 5911.27 |
| LT 2-1 | EigenX | 5306.87 | LT 2-1 | EigenY | 6011.06 |
| LT GF | EigenX | 5381.97 | LT GF | EigenY | 6089.48 |
| BS 1 | EigenX | 5442.82 | BS 1 | EigenY | 6142.01 |

$$V_{din-x} = 5442.82 \text{ kN} \quad V_{din-y} = 6142.01 \text{ kN}$$

- Perhitungan gaya geser desain minimum dan faktor skala :

Tabel 11b.2 - Gaya Gempa Statik dan factor skala Arah X

| Story | Tinggi Lt. (h) | Massa (w) | w x h | Fx | Fx kumulatif | Story | Tinggi Lt. (h) | Massa (w) | w x h | Fy | Fy kumulatif |
|----------------|----------------|-----------------------------|----------|-----------------|--------------|----------------|----------------|-----------------------------|----------|-----------------|--------------|
| LT DAK | 128.80 | 631.17 | 81294.70 | 752.11 | 752.11 | LT DAK | 128.80 | 631.17 | 81294.70 | 752.11 | 752.11 |
| LT 32 | 124.80 | 752.48 | 93909.50 | 841.84 | 1593.95 | LT 32 | 124.80 | 752.48 | 93909.50 | 841.84 | 1593.95 |
| LT 31 | 121.20 | 741.63 | 89885.56 | 782.52 | 2376.47 | LT 31 | 121.20 | 741.63 | 89885.56 | 782.52 | 2376.47 |
| LT 30 | 117.60 | 741.63 | 87215.69 | 736.73 | 3113.20 | LT 30 | 117.60 | 741.63 | 87215.69 | 736.73 | 3113.20 |
| LT 29 | 114.00 | 741.63 | 84545.82 | 692.31 | 3805.51 | LT 29 | 114.00 | 741.63 | 84545.82 | 692.31 | 3805.51 |
| LT 28 | 110.40 | 741.63 | 81875.95 | 649.28 | 4454.78 | LT 28 | 110.40 | 741.63 | 81875.95 | 649.28 | 4454.78 |
| LT 27 | 106.80 | 741.63 | 79206.08 | 607.62 | 5062.41 | LT 27 | 106.80 | 741.63 | 79206.08 | 607.62 | 5062.41 |
| LT 26 | 103.20 | 741.63 | 76536.22 | 567.35 | 5629.75 | LT 26 | 103.20 | 741.63 | 76536.22 | 567.35 | 5629.75 |
| LT 25 | 99.60 | 743.40 | 74042.64 | 529.72 | 6159.47 | LT 25 | 99.60 | 743.40 | 74042.64 | 529.72 | 6159.47 |
| LT 24 | 96.00 | 745.74 | 71591.04 | 493.67 | 6653.14 | LT 24 | 96.00 | 745.74 | 71591.04 | 493.67 | 6653.14 |
| LT 23 | 92.40 | 745.74 | 68906.38 | 457.34 | 7110.48 | LT 23 | 92.40 | 745.74 | 68906.38 | 457.34 | 7110.48 |
| LT 22 | 88.80 | 745.74 | 66221.71 | 422.39 | 7532.87 | LT 22 | 88.80 | 745.74 | 66221.71 | 422.39 | 7532.87 |
| LT 21 | 85.20 | 745.74 | 63537.05 | 388.84 | 7921.71 | LT 21 | 85.20 | 745.74 | 63537.05 | 388.84 | 7921.71 |
| LT 20 | 81.60 | 745.74 | 60852.38 | 356.67 | 8278.38 | LT 20 | 81.60 | 745.74 | 60852.38 | 356.67 | 8278.38 |
| LT 19 | 78.00 | 745.74 | 58167.72 | 325.90 | 8604.28 | LT 19 | 78.00 | 745.74 | 58167.72 | 325.90 | 8604.28 |
| LT 18 | 74.40 | 745.74 | 55483.06 | 296.51 | 8900.79 | LT 18 | 74.40 | 745.74 | 55483.06 | 296.51 | 8900.79 |
| LT 17 | 70.80 | 751.95 | 53238.06 | 270.74 | 9171.53 | LT 17 | 70.80 | 751.95 | 53238.06 | 270.74 | 9171.53 |
| LT 16 | 67.20 | 968.04 | 65052.29 | 314.00 | 9485.54 | LT 16 | 67.20 | 968.04 | 65052.29 | 314.00 | 9485.54 |
| LT 15 | 63.60 | 759.35 | 48294.66 | 220.63 | 9706.17 | LT 15 | 63.60 | 759.35 | 48294.66 | 220.63 | 9706.17 |
| LT 14 | 60.00 | 759.35 | 45561.00 | 196.36 | 9902.52 | LT 14 | 60.00 | 759.35 | 45561.00 | 196.36 | 9902.52 |
| LT 13 | 56.40 | 759.35 | 42827.34 | 173.50 | 10076.03 | LT 13 | 56.40 | 759.35 | 42827.34 | 173.50 | 10076.03 |
| LT 12 | 52.80 | 759.35 | 40093.68 | 152.06 | 10228.09 | LT 12 | 52.80 | 759.35 | 40093.68 | 152.06 | 10228.09 |
| LT 11 | 49.20 | 767.35 | 37753.62 | 133.42 | 10361.51 | LT 11 | 49.20 | 767.35 | 37753.62 | 133.42 | 10361.51 |
| LT 10 | 45.60 | 775.35 | 35355.96 | 115.81 | 10477.31 | LT 10 | 45.60 | 775.35 | 35355.96 | 115.81 | 10477.31 |
| LT 9 | 42.00 | 775.35 | 32564.70 | 98.24 | 10575.56 | LT 9 | 42.00 | 775.35 | 32564.70 | 98.24 | 10575.56 |
| LT 8 | 38.40 | 775.35 | 29773.44 | 82.12 | 10657.68 | LT 8 | 38.40 | 775.35 | 29773.44 | 82.12 | 10657.68 |
| LT 7 | 34.80 | 782.34 | 27225.43 | 68.05 | 10725.73 | LT 7 | 34.80 | 782.34 | 27225.43 | 68.05 | 10725.73 |
| LT 6 | 31.20 | 831.50 | 25942.80 | 58.14 | 10783.87 | LT 6 | 31.20 | 831.50 | 25942.80 | 58.14 | 10783.87 |
| LT 5 | 26.40 | 1241.82 | 32784.05 | 62.17 | 10846.04 | LT 5 | 26.40 | 1241.82 | 32784.05 | 62.17 | 10846.04 |
| LT 4+1 | 23.20 | 1021.11 | 23689.75 | 39.48 | 10885.52 | LT 4+1 | 23.20 | 1021.11 | 23689.75 | 39.48 | 10885.52 |
| LT 4 | 21.60 | 220.79 | 4769.06 | 7.40 | 10892.92 | LT 4 | 21.60 | 220.79 | 4769.06 | 7.40 | 10892.92 |
| LT 4-1 | 20.00 | 1054.50 | 21090.00 | 30.30 | 10923.22 | LT 4-1 | 20.00 | 1054.50 | 21090.00 | 30.30 | 10923.22 |
| LT 3 | 16.80 | 1360.12 | 22850.02 | 27.57 | 10950.79 | LT 3 | 16.80 | 1360.12 | 22850.02 | 27.57 | 10950.79 |
| LT 2+1 | 13.60 | 1055.38 | 14353.17 | 14.02 | 10964.81 | LT 2+1 | 13.60 | 1055.38 | 14353.17 | 14.02 | 10964.81 |
| LT 2 | 12.00 | 220.79 | 2649.48 | 2.28 | 10967.10 | LT 2 | 12.00 | 220.79 | 2649.48 | 2.28 | 10967.10 |
| LT 2-1 | 10.40 | 1054.50 | 10966.80 | 8.19 | 10975.29 | LT 2-1 | 10.40 | 1054.50 | 10966.80 | 8.19 | 10975.29 |
| LT GF | 7.20 | 1755.51 | 12639.67 | 6.54 | 10981.83 | LT GF | 7.20 | 1755.51 | 12639.67 | 6.54 | 10981.83 |
| BS 1 | 3.60 | 1927.29 | 6938.24 | 1.79 | 10983.62 | BS 1 | 3.60 | 1927.29 | 6938.24 | 1.79 | 10983.62 |
| total = | | 32173.45 | | 10923.22 | | total = | | 24799.86 | | 10923.22 | |
| 0.85Vx | = | 0.85 x ((Ci x I) / R) x Wt | | | | 0.85Vy | = | 0.85 x ((Ci x I) / R) x Wt | | | |
| | = | 10983.62 kN | | | | | = | 10983.62 kN | | | |
| Vx dinamik | = | 5442.82 kN | | | | Vy dinamik | = | 6142.01 kN | | | |
| Faktor skala | = | 0.85 Vx statik / Vx dinamik | | | | Faktor skala | = | 0.85 Vy statik / Vy dinamik | | | |
| | = | 2.018 | | | | | = | 1.788 | | | |

Tabel 11b.3 - Gaya Gempa Statik Arah Y

- Penentuan gaya gempa terpakai / desain :

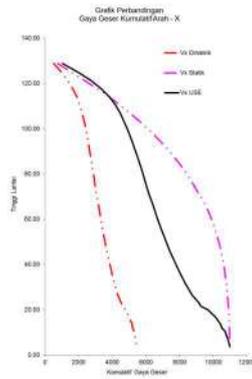
Tabel 11a - Perbandingan gaya geser dan gaya geser terpakai arah X

ARAH X
 Gaya gempa tingkat yang dipakai (USE) = Gaya gempa tingkat dinamik :

$$\text{Faktor Skala} = \frac{100\% V_d}{V_{QC}} = \frac{10983.62}{5442.82} = 2.018$$

Tabel perbandingan gaya geser lantai (arah x)

| Lantai | Tinggi | Fxstatik | 1,0 x Fxstatik | Fxdinamik | cumulatif Fxstatik | cumulatif Fxstatik | cumulatif Fxdinamik | Cumulatif USE | USE / DESAIN |
|--------|--------|----------|----------------|-----------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------|--------------|
| 38 | 128.80 | 752.11 | 752.11 | 514.55 | 752.11 | 752.11 | 514.55 | 1038.34 | 1038.34 |
| 37 | 124.80 | 841.84 | 841.84 | 472.01 | 1593.95 | 1593.95 | 986.56 | 1990.89 | 952.52 |
| 36 | 121.20 | 782.52 | 782.52 | 374.69 | 2376.47 | 2376.47 | 1361.25 | 2747.00 | 756.12 |
| 35 | 117.60 | 736.73 | 736.73 | 299.69 | 3113.20 | 3113.20 | 1660.94 | 3351.78 | 604.77 |
| 34 | 114.00 | 692.31 | 692.31 | 235.25 | 3805.51 | 3805.51 | 1896.19 | 3826.51 | 474.73 |
| 33 | 110.40 | 649.28 | 649.28 | 180.69 | 4454.78 | 4454.78 | 2076.88 | 4191.14 | 364.63 |
| 32 | 106.80 | 607.62 | 607.62 | 140.39 | 5062.41 | 5062.41 | 2217.27 | 4474.45 | 283.31 |
| 31 | 103.20 | 567.35 | 567.35 | 115.47 | 5629.75 | 5629.75 | 2332.74 | 4707.47 | 233.02 |
| 30 | 99.60 | 529.72 | 529.72 | 100.64 | 6159.47 | 6159.47 | 2433.38 | 4910.56 | 203.09 |
| 29 | 96.00 | 493.67 | 493.67 | 91.52 | 6653.14 | 6653.14 | 2524.90 | 5095.25 | 184.69 |
| 28 | 92.40 | 457.34 | 457.34 | 86.37 | 7110.48 | 7110.48 | 2611.27 | 5269.54 | 174.29 |
| 27 | 88.80 | 422.39 | 422.39 | 83.18 | 7532.87 | 7532.87 | 2694.45 | 5437.40 | 167.86 |
| 26 | 85.20 | 388.84 | 388.84 | 80.22 | 7921.71 | 7921.71 | 2774.66 | 5599.24 | 161.86 |
| 25 | 81.60 | 356.67 | 356.67 | 76.96 | 8278.38 | 8278.38 | 2851.62 | 5754.57 | 155.31 |
| 24 | 78.00 | 325.90 | 325.90 | 73.88 | 8604.28 | 8604.28 | 2925.50 | 5903.66 | 149.09 |
| 23 | 74.40 | 296.51 | 296.51 | 71.15 | 8900.79 | 8900.79 | 2996.65 | 6047.24 | 143.58 |
| 22 | 70.80 | 270.74 | 270.74 | 69.11 | 9171.53 | 9171.53 | 3065.76 | 6186.70 | 139.46 |
| 21 | 67.20 | 314.00 | 314.00 | 95.55 | 9485.54 | 9485.54 | 3161.31 | 6379.52 | 192.82 |
| 20 | 63.60 | 220.63 | 220.63 | 79.06 | 9706.17 | 9706.17 | 3240.37 | 6539.07 | 159.54 |
| 19 | 60.00 | 196.36 | 196.36 | 80.39 | 9902.52 | 9902.52 | 3320.76 | 6701.29 | 162.23 |
| 18 | 56.40 | 173.50 | 173.50 | 84.86 | 10076.03 | 10076.03 | 3405.62 | 6872.54 | 171.25 |
| 17 | 52.80 | 152.06 | 152.06 | 89.90 | 10228.09 | 10228.09 | 3495.52 | 7053.96 | 181.42 |
| 16 | 49.20 | 133.42 | 133.42 | 95.23 | 10361.51 | 10361.51 | 3590.75 | 7246.13 | 192.17 |
| 15 | 45.60 | 115.81 | 115.81 | 100.68 | 10477.31 | 10477.31 | 3691.44 | 7449.33 | 203.19 |
| 14 | 42.00 | 98.24 | 98.24 | 105.41 | 10575.56 | 10575.56 | 3796.85 | 7662.04 | 212.72 |
| 13 | 38.40 | 82.12 | 82.12 | 110.29 | 10657.68 | 10657.68 | 3907.14 | 7884.61 | 222.57 |
| 12 | 34.80 | 68.05 | 68.05 | 115.69 | 10725.73 | 10725.73 | 4023.03 | 8118.47 | 233.87 |
| 11 | 31.20 | 58.14 | 58.14 | 128.12 | 10783.87 | 10783.87 | 4151.15 | 8377.02 | 258.55 |
| 10 | 26.40 | 62.17 | 62.17 | 189.97 | 10846.04 | 10846.04 | 4341.12 | 8766.38 | 383.36 |
| 9 | 23.20 | 39.48 | 39.48 | 184.60 | 10885.52 | 10885.52 | 4525.72 | 9132.90 | 372.52 |
| 8 | 21.60 | 7.40 | 7.40 | 68.11 | 10892.92 | 10892.92 | 4593.83 | 9270.35 | 137.45 |
| 7 | 20.00 | 30.30 | 30.30 | 204.18 | 10923.22 | 10923.22 | 4798.01 | 9682.38 | 412.04 |
| 6 | 16.80 | 27.57 | 27.57 | 225.57 | 10950.79 | 10950.79 | 5023.58 | 10137.58 | 455.20 |
| 5 | 13.60 | 14.02 | 14.02 | 144.68 | 10964.81 | 10964.81 | 5168.26 | 10429.55 | 291.96 |
| 4 | 12.00 | 2.28 | 2.28 | 40.47 | 10967.10 | 10967.10 | 5208.73 | 10511.22 | 81.67 |
| 3 | 10.40 | 8.19 | 8.19 | 98.14 | 10975.29 | 10975.29 | 5306.87 | 10709.26 | 198.05 |
| 2 | 7.20 | 6.54 | 6.54 | 75.10 | 10981.83 | 10981.83 | 5381.97 | 10860.82 | 151.55 |
| 1 | 3.60 | 1.79 | 1.79 | 60.85 | 10983.62 | 10983.62 | 5442.82 | 10983.61 | 122.80 |



Gambar 11b.1 - Grafik perbandingan gaya geser arah X

Tabel 11b - Perbandingan gaya geser dan gaya geser terpakai arah Y

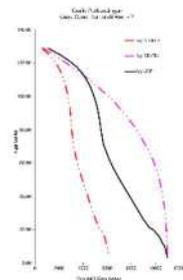
ARAH Y

Gaya gempa tingkat yang dipakai (USE) = Gaya gempa tingkat dinamik

$$\text{Faktor Skala} = \frac{100\% V_u}{V_{CQC}} = \frac{10983.62}{6142.01} = 1.788$$

Tabel perbandingan gaya geser lantai (arah y)

| Lantai | Tinggi | Fy _{statik} | 1,0 x Fy _{statik} | Fy _{dinamik} | cumulatif Fy _{statik} | cumulatif Fy _{statik} | cumulatif Fy _{dinamik} | Cumulatif USE | USE / DESAIN |
|--------|--------|----------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------|--------------|
| 38 | 128.80 | 752.11 | 752.11 | 627.65 | 752.11 | 752.11 | 627.65 | 1122.41 | 1122.41 |
| 37 | 124.80 | 841.84 | 841.84 | 567.34 | 1593.95 | 1593.95 | 1194.99 | 2136.94 | 1014.56 |
| 36 | 121.20 | 782.52 | 782.52 | 427.63 | 2376.47 | 2376.47 | 1622.62 | 2901.60 | 764.72 |
| 35 | 117.60 | 736.73 | 736.73 | 324.84 | 3113.20 | 3113.20 | 1947.16 | 3482.05 | 580.37 |
| 34 | 114.00 | 692.31 | 692.31 | 245.82 | 3805.51 | 3805.51 | 2192.98 | 3921.64 | 439.59 |
| 33 | 110.40 | 649.28 | 649.28 | 188.82 | 4454.78 | 4454.78 | 2381.80 | 4259.30 | 337.66 |
| 32 | 106.80 | 607.62 | 607.62 | 149.82 | 5062.41 | 5062.41 | 2531.62 | 4527.22 | 267.92 |
| 31 | 103.20 | 567.35 | 567.35 | 123.25 | 5629.75 | 5629.75 | 2654.87 | 4747.62 | 220.40 |
| 30 | 99.60 | 529.72 | 529.72 | 103.62 | 6159.47 | 6159.47 | 2758.49 | 4932.92 | 185.30 |
| 29 | 96.00 | 493.67 | 493.67 | 86.01 | 6653.14 | 6653.14 | 2844.50 | 5086.73 | 153.81 |
| 28 | 92.40 | 457.34 | 457.34 | 68.65 | 7110.48 | 7110.48 | 2913.15 | 5209.50 | 122.76 |
| 27 | 88.80 | 422.39 | 422.39 | 53.61 | 7532.87 | 7532.87 | 2966.76 | 5305.37 | 95.87 |
| 26 | 85.20 | 388.84 | 388.84 | 43.23 | 7921.71 | 7921.71 | 3009.99 | 5382.67 | 77.31 |
| 25 | 81.60 | 356.67 | 356.67 | 38.79 | 8278.38 | 8278.38 | 3048.78 | 5452.04 | 69.37 |
| 24 | 78.00 | 325.90 | 325.90 | 40.42 | 8604.28 | 8604.28 | 3089.20 | 5524.32 | 72.28 |
| 23 | 74.40 | 296.51 | 296.51 | 47.52 | 8900.79 | 8900.79 | 3136.72 | 5609.30 | 84.98 |
| 22 | 70.80 | 270.74 | 270.74 | 59.36 | 9171.53 | 9171.53 | 3196.08 | 5715.45 | 106.15 |
| 21 | 67.20 | 314.00 | 314.00 | 104.50 | 9485.54 | 9485.54 | 3300.58 | 5902.33 | 186.87 |
| 20 | 63.60 | 220.63 | 220.63 | 106.13 | 9706.17 | 9706.17 | 3406.71 | 6092.12 | 189.79 |
| 19 | 60.00 | 196.36 | 196.36 | 120.94 | 9902.52 | 9902.52 | 3527.65 | 6308.39 | 216.27 |
| 18 | 56.40 | 173.50 | 173.50 | 135.71 | 10076.03 | 10076.03 | 3663.36 | 6551.08 | 242.69 |
| 17 | 52.80 | 152.06 | 152.06 | 148.41 | 10228.09 | 10228.09 | 3811.77 | 6816.47 | 265.40 |
| 16 | 49.20 | 133.42 | 133.42 | 159.52 | 10361.51 | 10361.51 | 3971.29 | 7101.74 | 285.26 |
| 15 | 45.60 | 115.81 | 115.81 | 167.15 | 10477.31 | 10477.31 | 4138.44 | 7400.65 | 298.91 |
| 14 | 42.00 | 98.24 | 98.24 | 168.78 | 10575.56 | 10575.56 | 4307.22 | 7702.47 | 301.82 |
| 13 | 38.40 | 82.12 | 82.12 | 166.23 | 10657.68 | 10657.68 | 4473.45 | 7999.74 | 297.26 |
| 12 | 34.80 | 68.05 | 68.05 | 162.07 | 10725.73 | 10725.73 | 4635.52 | 8289.56 | 289.82 |
| 11 | 31.20 | 58.14 | 58.14 | 164.79 | 10783.87 | 10783.87 | 4800.31 | 8584.23 | 294.69 |
| 10 | 26.40 | 62.17 | 62.17 | 222.86 | 10846.04 | 10846.04 | 5023.17 | 8982.78 | 398.53 |
| 9 | 23.20 | 39.48 | 39.48 | 191.09 | 10885.52 | 10885.52 | 5214.26 | 9324.50 | 341.72 |
| 8 | 21.60 | 7.40 | 7.40 | 73.04 | 10892.92 | 10892.92 | 5287.30 | 9455.12 | 130.62 |
| 7 | 20.00 | 30.30 | 30.30 | 205.93 | 10923.22 | 10923.22 | 5493.23 | 9823.38 | 368.26 |
| 6 | 18.80 | 27.57 | 27.57 | 229.60 | 10950.79 | 10950.79 | 5722.83 | 10233.97 | 410.59 |
| 5 | 13.60 | 14.02 | 14.02 | 147.03 | 10964.81 | 10964.81 | 5869.86 | 10496.89 | 262.93 |
| 4 | 12.00 | 2.28 | 2.28 | 41.41 | 10967.10 | 10967.10 | 5911.27 | 10570.95 | 74.05 |
| 3 | 10.40 | 8.19 | 8.19 | 99.79 | 10975.29 | 10975.29 | 6011.06 | 10749.40 | 178.45 |
| 2 | 7.20 | 6.54 | 6.54 | 78.42 | 10981.83 | 10981.83 | 6089.48 | 10889.63 | 140.24 |
| 1 | 3.60 | 1.79 | 1.79 | 52.53 | 10983.62 | 10983.62 | 6142.01 | 10983.57 | 93.94 |



Gambar 11b.2 - Grafik perbandingan gaya geser arah Y

12. Eksentrisitas Rencana Struktur Atas

Antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat, harus ditinjau suatu eksentrisitas rencana e_x untuk arah gempa X dan e_y untuk arah gempa Y. Bila ukuran horisontal terbesar denah struktur gedung pada lantai tingkat itu, diukur tegak lurus pada arah pembebanan gempa, dinyatakan dengan B dan L maka eksentrisitas rencana e harus ditentukan sebagai berikut: $e_x = e_{ox} + (0.05 B Ax)$ dan $e_y = e_{oy} + (0.05 L Ay)$, dengan e_{ox} dan e_{oy} adalah eksentrisitas

bawaan. 0.05BAx dan 0.05L Ay adalah eksentrisitas tak terduga, dengan Ax dan Ay sebagai faktor pembesaran torsi tak terduga. Ax dan Ay harus ≥ 1.0
 $Ax/Ay = (\delta_{max} / 1.2\delta_{avg})^2$

Tabel 12a - Eksentrisitas Rencana Arah X

| ARAH X | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|---------|-------|--------|------|------|------|-------|-------|
| ETABS (Centres of cumulative mass dan centers of rigidity) | | | | | | | | Eksentrisitas rencana | | | | | | | | |
| Story | Diaphragm | MassX | MassY | XCM x1 | YCM y1 | XCR x2 | YCR y2 | aksentrisitas awal | | bx | 0.05bx | Ax | ex | ey | com x | com y |
| | | | | | | | | ex | ey | | | | | | | |
| | | | | | | | | (x1-x2) | (y1-y2) | | | | | | | |
| LT DAK | D33 | 631.17 | 631.17 | 20.41 | 10.06 | 20.43 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 14.70 | 0.735 | 1.00 | 0.76 | 0.94 | 21.16 | 11.00 |
| LT 4+1 | D4+1 | 1021.11 | 1021.11 | 13.65 | 0.30 | 13.66 | 0.31 | -0.01 | -0.01 | 14.70 | 0.735 | 1.00 | 0.75 | 0.74 | 14.40 | 1.05 |
| LT 4-1 | D4-1 | 1054.50 | 1054.50 | 13.17 | 0.77 | 13.18 | 0.79 | -0.01 | -0.02 | 14.70 | 0.735 | 1.00 | 0.75 | 0.75 | 13.92 | 1.52 |
| LT 2+1 | D2+1 | 1055.38 | 1055.38 | 13.16 | 0.78 | 13.17 | 0.79 | -0.01 | -0.02 | 14.70 | 0.735 | 1.00 | 0.75 | 0.75 | 13.91 | 1.53 |
| LT 2-1 | D2-1 | 1054.50 | 1054.50 | 13.17 | 0.77 | 13.18 | 0.79 | -0.01 | -0.02 | 14.70 | 0.735 | 1.00 | 0.75 | 0.75 | 13.92 | 1.52 |
| BS 1 | D-1 | 1927.29 | 1927.29 | 15.22 | 3.29 | 15.24 | 3.35 | -0.02 | -0.07 | 14.70 | 0.735 | 1.00 | 0.75 | 0.80 | 15.97 | 4.09 |
| LT 32 | D32 | 752.48 | 752.48 | 20.25 | 10.04 | 20.27 | 10.24 | -0.02 | -0.20 | 14.70 | 0.735 | 1.00 | 0.76 | 0.94 | 21.00 | 10.98 |
| LT 31 | D31 | 741.63 | 741.63 | 20.25 | 10.06 | 20.27 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 14.70 | 0.735 | 1.00 | 0.76 | 0.94 | 21.00 | 10.99 |
| LT 30 | D30 | 741.63 | 741.63 | 20.25 | 10.06 | 20.27 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 14.70 | 0.735 | 1.00 | 0.76 | 0.94 | 21.00 | 10.99 |
| LT 29 | D29 | 741.63 | 741.63 | 20.25 | 10.06 | 20.27 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 14.70 | 0.735 | 1.00 | 0.76 | 0.94 | 21.00 | 10.99 |
| LT 28 | D28 | 741.63 | 741.63 | 20.25 | 10.06 | 20.27 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 14.70 | 0.735 | 1.00 | 0.76 | 0.94 | 21.00 | 10.99 |
| LT 27 | D27 | 741.63 | 741.63 | 20.25 | 10.06 | 20.27 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 14.70 | 0.735 | 1.00 | 0.76 | 0.94 | 21.00 | 10.99 |
| LT 26 | D26 | 741.63 | 741.63 | 20.25 | 10.06 | 20.27 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 14.70 | 0.735 | 1.00 | 0.76 | 0.94 | 21.00 | 10.99 |
| LT 25 | D25 | 743.40 | 743.40 | 20.25 | 10.06 | 20.27 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 14.70 | 0.735 | 1.00 | 0.76 | 0.94 | 21.01 | 10.99 |
| LT 24 | D24 | 745.74 | 745.74 | 20.26 | 10.06 | 20.28 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 14.70 | 0.735 | 1.00 | 0.76 | 0.94 | 21.01 | 10.99 |
| LT 23 | D23 | 745.74 | 745.74 | 20.26 | 10.06 | 20.28 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 14.70 | 0.735 | 1.00 | 0.76 | 0.94 | 21.01 | 10.99 |
| LT 22 | D22 | 745.74 | 745.74 | 20.26 | 10.06 | 20.28 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 14.70 | 0.735 | 1.00 | 0.76 | 0.94 | 21.01 | 10.99 |
| LT 21 | D21 | 745.74 | 745.74 | 20.26 | 10.06 | 20.28 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 14.70 | 0.735 | 1.00 | 0.76 | 0.94 | 21.01 | 10.99 |
| LT 20 | D20 | 745.74 | 745.74 | 20.26 | 10.06 | 20.28 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 14.70 | 0.735 | 1.00 | 0.76 | 0.94 | 21.01 | 10.99 |
| LT 19 | D19 | 745.74 | 745.74 | 20.26 | 10.06 | 20.28 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 14.70 | 0.735 | 2.47 | 1.83 | 2.01 | 22.09 | 12.07 |
| LT 18 | D18 | 745.74 | 745.74 | 20.26 | 10.06 | 20.28 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 14.70 | 0.735 | 2.44 | 1.81 | 2.00 | 22.07 | 12.05 |
| LT 17 | D17 | 751.95 | 751.95 | 20.27 | 10.06 | 20.29 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 14.70 | 0.735 | 2.41 | 1.79 | 1.97 | 22.06 | 12.03 |
| LT 16 | D16 | 968.04 | 968.04 | 19.11 | 10.21 | 19.13 | 10.41 | -0.02 | -0.20 | 14.70 | 0.735 | 2.47 | 1.84 | 2.02 | 20.95 | 12.23 |
| LT 15 | D15 | 759.35 | 759.35 | 20.28 | 10.06 | 20.30 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 14.70 | 0.735 | 2.44 | 1.81 | 2.00 | 22.09 | 12.05 |
| LT 14 | D14 | 759.35 | 759.35 | 20.28 | 10.06 | 20.30 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 14.70 | 0.735 | 2.41 | 1.79 | 1.97 | 22.07 | 12.03 |
| LT 13 | D13 | 759.35 | 759.35 | 20.28 | 10.06 | 20.30 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 14.70 | 0.735 | 2.37 | 1.76 | 1.94 | 22.04 | 12.00 |
| LT 12 | D12 | 759.35 | 759.35 | 20.28 | 10.06 | 20.30 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 14.70 | 0.735 | 2.45 | 1.82 | 2.00 | 22.10 | 12.06 |
| LT 11 | D11 | 767.35 | 767.35 | 20.26 | 10.05 | 20.28 | 10.25 | -0.02 | -0.20 | 14.70 | 0.735 | 2.40 | 1.78 | 1.96 | 22.04 | 12.01 |
| LT 10 | D10 | 775.35 | 775.35 | 20.24 | 10.05 | 20.26 | 10.25 | -0.02 | -0.20 | 14.70 | 0.735 | 2.32 | 1.72 | 1.90 | 21.96 | 11.95 |
| LT 9 | D9 | 775.35 | 775.35 | 20.24 | 10.05 | 20.26 | 10.25 | -0.02 | -0.20 | 14.70 | 0.735 | 2.44 | 1.81 | 2.00 | 22.06 | 12.04 |
| LT 8 | D8 | 775.35 | 775.35 | 20.24 | 10.05 | 20.26 | 10.25 | -0.02 | -0.20 | 14.70 | 0.735 | 2.33 | 1.74 | 1.92 | 21.98 | 11.96 |
| LT 7 | D7 | 782.34 | 782.34 | 20.25 | 10.05 | 20.27 | 10.25 | -0.02 | -0.20 | 14.70 | 0.735 | 2.30 | 1.71 | 1.89 | 21.96 | 11.94 |
| LT 6 | D6 | 831.50 | 831.50 | 20.27 | 10.01 | 20.29 | 10.21 | -0.02 | -0.20 | 44.60 | 2.23 | 0.00 | 0.02 | 0.20 | 20.29 | 10.21 |
| LT 5 | D5 | 1241.82 | 1241.82 | 18.47 | 1.98 | 18.49 | 2.02 | -0.02 | -0.04 | 44.60 | 2.23 | 0.00 | 0.02 | 0.04 | 18.49 | 2.02 |
| LT 4 | D4 | 220.79 | 220.79 | 33.04 | 8.63 | 33.07 | 8.81 | -0.03 | -0.17 | 44.60 | 2.23 | 0.00 | 0.03 | 0.17 | 33.07 | 8.81 |
| LT 3 | D3 | 1360.12 | 1360.12 | 16.59 | 2.39 | 16.60 | 2.43 | -0.02 | -0.05 | 44.60 | 2.23 | 0.00 | 0.02 | 0.05 | 16.60 | 2.43 |
| LT 2 | D2 | 220.79 | 220.79 | 33.04 | 8.63 | 33.07 | 8.81 | -0.03 | -0.17 | 44.60 | 2.23 | 0.00 | 0.03 | 0.17 | 33.07 | 8.81 |
| LT GP | D1 | 1755.51 | 1755.51 | 14.89 | 3.05 | 14.91 | 3.11 | -0.01 | -0.06 | 44.60 | 2.23 | 0.00 | 0.01 | 0.06 | 14.91 | 3.11 |

Tabel 12b - Eksentrisitas Rencana Arah Y

| ARAH Y | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|---------|-------|--------|------|-------|-------|-------|-------|
| ETABS (Centres of cumulative mass dan centers of rigidity) | | | | | | | | Eksentrisitas rencana | | | | | | | | |
| Story | Diaphragm | MassX | MassY | XCM x1 | YCM y1 | XCR x2 | YCR y2 | aksentrisitas awal | | by | 0.05by | Ay | ex | ey | com x | com y |
| | | | | | | | | ex | ey | | | | | | | |
| | | | | | | | | (x1-x2) | (y1-y2) | | | | | | | |
| LT DAK | D33 | 631.17 | 631.17 | 20.41 | 10.06 | 20.43 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 40.00 | 2.00 | 1.00 | 2.02 | 2.20 | 22.43 | 12.26 |
| LT 4+1 | D4+1 | 1021.11 | 1021.11 | 13.65 | 0.30 | 13.66 | 0.31 | -0.01 | -0.01 | 40.00 | 2.00 | 1.00 | 2.01 | 2.01 | 15.66 | 2.31 |
| LT 4-1 | D4-1 | 1054.50 | 1054.50 | 13.17 | 0.77 | 13.18 | 0.79 | -0.01 | -0.02 | 40.00 | 2.00 | 1.00 | 2.01 | 2.02 | 15.18 | 2.79 |
| LT 2+1 | D2+1 | 1055.38 | 1055.38 | 13.16 | 0.78 | 13.17 | 0.79 | -0.01 | -0.02 | 40.00 | 2.00 | 1.00 | 2.01 | 2.02 | 15.17 | 2.79 |
| LT 2-1 | D2-1 | 1054.50 | 1054.50 | 13.17 | 0.77 | 13.18 | 0.79 | -0.01 | -0.02 | 40.00 | 2.00 | 1.00 | 2.01 | 2.02 | 15.18 | 2.79 |
| BS 1 | D-1 | 1927.29 | 1927.29 | 15.22 | 3.29 | 15.24 | 3.35 | -0.02 | -0.07 | 40.00 | 2.00 | 1.00 | 2.02 | 2.07 | 17.24 | 5.35 |
| LT 32 | D32 | 752.48 | 752.48 | 20.25 | 10.04 | 20.27 | 10.24 | -0.02 | -0.20 | 40.00 | 2.00 | 1.00 | 2.02 | 2.20 | 22.27 | 12.24 |
| LT 31 | D31 | 741.63 | 741.63 | 20.25 | 10.06 | 20.27 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 40.00 | 2.00 | 1.00 | 2.02 | 2.20 | 22.27 | 12.26 |
| LT 30 | D30 | 741.63 | 741.63 | 20.25 | 10.06 | 20.27 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 40.00 | 2.00 | 1.00 | 2.02 | 2.20 | 22.27 | 12.26 |
| LT 29 | D29 | 741.63 | 741.63 | 20.25 | 10.06 | 20.27 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 40.00 | 2.00 | 1.00 | 2.02 | 2.20 | 22.27 | 12.26 |
| LT 28 | D28 | 741.63 | 741.63 | 20.25 | 10.06 | 20.27 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 40.00 | 2.00 | 1.00 | 2.02 | 2.20 | 22.27 | 12.26 |
| LT 27 | D27 | 741.63 | 741.63 | 20.25 | 10.06 | 20.27 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 40.00 | 2.00 | 1.00 | 2.02 | 2.20 | 22.27 | 12.26 |
| LT 26 | D26 | 741.63 | 741.63 | 20.25 | 10.06 | 20.27 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 40.00 | 2.00 | 1.00 | 2.02 | 2.20 | 22.27 | 12.26 |
| LT 25 | D25 | 743.40 | 743.40 | 20.25 | 10.06 | 20.27 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 40.00 | 2.00 | 1.00 | 2.02 | 2.20 | 22.27 | 12.26 |
| LT 24 | D24 | 745.74 | 745.74 | 20.26 | 10.06 | 20.28 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 40.00 | 2.00 | 1.00 | 2.02 | 2.20 | 22.28 | 12.26 |
| LT 23 | D23 | 745.74 | 745.74 | 20.26 | 10.06 | 20.28 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 40.00 | 2.00 | 1.00 | 2.02 | 2.20 | 22.28 | 12.26 |
| LT 22 | D22 | 745.74 | 745.74 | 20.26 | 10.06 | 20.28 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 40.00 | 2.00 | 1.00 | 2.02 | 2.20 | 22.28 | 12.26 |
| LT 21 | D21 | 745.74 | 745.74 | 20.26 | 10.06 | 20.28 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 40.00 | 2.00 | 1.00 | 2.02 | 2.20 | 22.28 | 12.26 |
| LT 20 | D20 | 745.74 | 745.74 | 20.26 | 10.06 | 20.28 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 40.00 | 2.00 | 1.00 | 2.02 | 2.20 | 22.28 | 12.26 |
| LT 19 | D19 | 745.74 | 745.74 | 20.26 | 10.06 | 20.28 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 40.00 | 2.00 | 1.00 | 2.02 | 2.20 | 22.28 | 12.26 |
| LT 18 | D18 | 745.74 | 745.74 | 20.26 | 10.06 | 20.28 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 40.00 | 2.00 | 1.00 | 2.02 | 2.20 | 22.28 | 12.26 |
| LT 17 | D17 | 751.95 | 751.95 | 20.27 | 10.06 | 20.29 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 40.00 | 2.00 | 1.00 | 2.02 | 2.20 | 22.29 | 12.26 |
| LT 16 | D16 | 968.04 | 968.04 | 19.11 | 10.21 | 19.13 | 10.41 | -0.02 | -0.20 | 40.00 | 2.00 | 1.00 | 2.02 | 2.20 | 21.13 | 12.41 |
| LT 15 | D15 | 759.35 | 759.35 | 20.28 | 10.06 | 20.30 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 40.00 | 2.00 | 1.00 | 2.02 | 2.20 | 22.30 | 12.26 |
| LT 14 | D14 | 759.35 | 759.35 | 20.28 | 10.06 | 20.30 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 40.00 | 2.00 | 1.00 | 2.02 | 2.20 | 22.30 | 12.26 |
| LT 13 | D13 | 759.35 | 759.35 | 20.28 | 10.06 | 20.30 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 40.00 | 2.00 | 1.00 | 2.02 | 2.20 | 22.30 | 12.26 |
| LT 12 | D12 | 759.35 | 759.35 | 20.28 | 10.06 | 20.30 | 10.26 | -0.02 | -0.20 | 40.00 | 2.00 | 2.00 | 4.02 | 4.20 | 24.30 | 14.26 |
| LT 11 | D11 | 767.35 | 767.35 | 20.26 | 10.05 | 20.28 | 10.25 | -0.02 | -0.20 | 40.00 | 2.00 | 3.00 | 6.02 | 6.20 | 26.28 | 16.26 |
| LT 10 | D10 | 775.35 | 775.35 | 20.24 | 10.05 | 20.26 | 10.25 | -0.02 | -0.20 | 40.00 | 2.00 | 4.00 | 8.02 | 8.20 | 28.26 | 18.25 |
| LT 9 | D9 | 775.35 | 775.35 | 20.24 | 10.05 | 20.26 | 10.25 | -0.02 | -0.20 | 40.00 | 2.00 | 5.00 | 10.02 | 10.20 | 30.26 | 20.25 |
| LT 8 | D8 | 775.35 | 775.35 | 20.24 | 10.05 | 20.26 | | | | | | | | | | |

13. Analisa Kinerja Struktur Gedung

a. Perhitungan simpangan antar lantai

Pada SNI 1726:2019 pasal 7.8.6, ditentukan penentuan simpangan antar lantai desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Defleksi pusat massa di tingkat (δ_x) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut: $\delta_x = C_d \delta_{xe} / I_e$

C_d = faktor amplifikasi defleksi

δ_{xe} = defleksi pada lokasi yang disyaratkan

I_e = faktor keutamaan gempa

Batasan simpangan antar lantai tingkat Δ_a seperti yang ditetapkan pada pasal 7.12 SNI1726:2012 untuk sistem struktur ganda adalah sebesar $0.02h_{sx}$ dengan h_{sx} adalah tinggi tingkat di bawah tingkat x. Perhitungan simpangan antar lantai tingkat berdasarkan gaya geser minimum dan nilai perioda untuk menghitung simpangan antara lantai (sesuai pasal 7.8.6.1 dan 7.8.6.2 SNI 1726:2019). Perhitungan simpangan antar lantai juga memperhitungkan faktor torsi bawaan dan torsi tak terduga. Nilai simpangan antar lantai berdasarkan hal-hal tersebut, ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 13a - Simpangan antar lantai arah -X

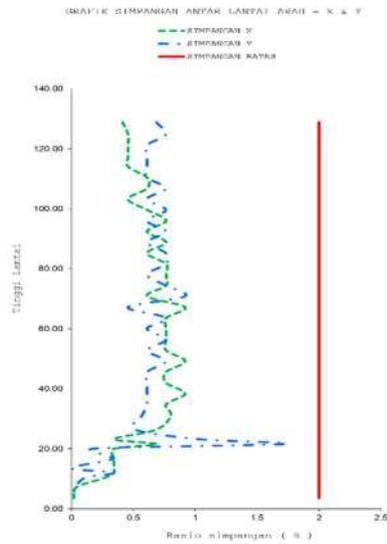
ARAH X

| LANTAI | h_{sx} (mm) | δ_{xe} (mm) | $\delta_x=C_d \cdot \delta_{xe}/I_e$ | Δ | $\Delta_a=0.02h_{sx}$ (mm) | $\Delta < \Delta_a$ |
|--------|---------------|--------------------|--------------------------------------|----------|----------------------------|---------------------|
| LT DAK | 4000 | 142.00 | 781.00 | 16.50 | 80.00 | ...ok |
| LT 32 | 3600 | 139.00 | 764.50 | 16.50 | 72.00 | ...ok |
| LT 31 | 3600 | 136.00 | 748.00 | 16.50 | 72.00 | ...ok |
| LT 30 | 3600 | 133.00 | 731.50 | 16.50 | 72.00 | ...ok |
| LT 29 | 3600 | 130.00 | 715.00 | 16.50 | 72.00 | ...ok |
| LT 28 | 3600 | 127.00 | 698.50 | 22.00 | 72.00 | ...ok |
| LT 27 | 3600 | 123.00 | 676.50 | 22.00 | 72.00 | ...ok |
| LT 26 | 3600 | 119.00 | 654.50 | 16.50 | 72.00 | ...ok |
| LT 25 | 3600 | 116.00 | 638.00 | 22.00 | 72.00 | ...ok |
| LT 24 | 3600 | 112.00 | 616.00 | 27.50 | 72.00 | ...ok |
| LT 23 | 3600 | 107.00 | 588.50 | 22.00 | 72.00 | ...ok |
| LT 22 | 3600 | 103.00 | 566.50 | 27.50 | 72.00 | ...ok |
| LT 21 | 3600 | 98.00 | 539.00 | 22.00 | 72.00 | ...ok |
| LT 20 | 3600 | 94.00 | 517.00 | 27.50 | 72.00 | ...ok |
| LT 19 | 3600 | 89.00 | 489.50 | 27.50 | 72.00 | ...ok |
| LT 18 | 3600 | 84.00 | 462.00 | 27.50 | 72.00 | ...ok |
| LT 17 | 3600 | 79.00 | 434.50 | 22.00 | 72.00 | ...ok |
| LT 16 | 3600 | 75.00 | 412.50 | 33.00 | 72.00 | ...ok |
| LT 15 | 3600 | 69.00 | 379.50 | 27.50 | 72.00 | ...ok |
| LT 14 | 3600 | 64.00 | 352.00 | 27.50 | 72.00 | ...ok |
| LT 13 | 3600 | 59.00 | 324.50 | 27.50 | 72.00 | ...ok |
| LT 12 | 3600 | 54.00 | 297.00 | 27.50 | 72.00 | ...ok |
| LT 11 | 3600 | 49.00 | 269.50 | 33.00 | 72.00 | ...ok |
| LT 10 | 3600 | 43.00 | 236.50 | 27.50 | 72.00 | ...ok |
| LT 9 | 3600 | 38.00 | 209.00 | 27.50 | 72.00 | ...ok |
| LT 8 | 3600 | 33.00 | 181.50 | 33.00 | 72.00 | ...ok |
| LT 7 | 3600 | 27.00 | 148.50 | 27.50 | 72.00 | ...ok |
| LT 6 | 4800 | 22.00 | 121.00 | 38.50 | 96.00 | ...ok |
| LT 5 | 3200 | 15.00 | 82.50 | 22.00 | 64.00 | ...ok |
| LT 4+1 | 1600 | 11.00 | 60.50 | 5.50 | 32.00 | ...ok |
| LT 4 | 1600 | 10.00 | 55.00 | 11.00 | 32.00 | ...ok |
| LT 4-1 | 3200 | 8.00 | 44.00 | 11.00 | 64.00 | ...ok |
| LT 3 | 3200 | 6.00 | 33.00 | 11.00 | 64.00 | ...ok |
| LT 2+1 | 1600 | 4.00 | 22.00 | 5.50 | 32.00 | ...ok |
| LT 2 | 1600 | 3.00 | 16.50 | 5.50 | 32.00 | ...ok |
| LT 2-1 | 3200 | 2.00 | 11.00 | 8.74 | 64.00 | ...ok |
| LT GF | 3600 | 0.41 | 2.26 | 1.52 | 72.00 | ...ok |
| BS 1 | 3600 | 0.14 | 0.75 | 0.75 | 72.00 | ...ok |

Tabel 13b - Simpangan antar lantai arah -Y

ARAH Y

| LANTAI | h_{sy} (mm) | δ_{ye} (mm) | $\delta y=Cd \cdot \delta x_e/I_e$ | Δ | $\Delta_a=0.02h_{sx}$ (mm) | $\Delta < \Delta_a$ |
|--------|---------------|--------------------|------------------------------------|----------|----------------------------|---------------------|
| LT DAK | 4000 | 135.00 | 742.50 | 27.50 | 80.00 | ...ok |
| LT 32 | 3600 | 130.00 | 715.00 | 27.50 | 72.00 | ...ok |
| LT 31 | 3600 | 125.00 | 687.50 | 22.00 | 72.00 | ...ok |
| LT 30 | 3600 | 121.00 | 665.50 | 22.00 | 72.00 | ...ok |
| LT 29 | 3600 | 117.00 | 643.50 | 22.00 | 72.00 | ...ok |
| LT 28 | 3600 | 113.00 | 621.50 | 22.00 | 72.00 | ...ok |
| LT 27 | 3600 | 109.00 | 599.50 | 27.50 | 72.00 | ...ok |
| LT 26 | 3600 | 104.00 | 572.00 | 22.00 | 72.00 | ...ok |
| LT 25 | 3600 | 100.00 | 550.00 | 27.50 | 72.00 | ...ok |
| LT 24 | 3600 | 95.00 | 522.50 | 22.00 | 72.00 | ...ok |
| LT 23 | 3600 | 91.00 | 500.50 | 27.50 | 72.00 | ...ok |
| LT 22 | 3600 | 86.00 | 473.00 | 22.00 | 72.00 | ...ok |
| LT 21 | 3600 | 82.00 | 451.00 | 27.50 | 72.00 | ...ok |
| LT 20 | 3600 | 77.00 | 423.50 | 27.50 | 72.00 | ...ok |
| LT 19 | 3600 | 72.00 | 396.00 | 22.00 | 72.00 | ...ok |
| LT 18 | 3600 | 68.00 | 374.00 | 27.50 | 72.00 | ...ok |
| LT 17 | 3600 | 63.00 | 346.50 | 33.00 | 72.00 | ...ok |
| LT 16 | 3600 | 57.00 | 313.50 | 16.50 | 72.00 | ...ok |
| LT 15 | 3600 | 54.00 | 297.00 | 27.50 | 72.00 | ...ok |
| LT 14 | 3600 | 49.00 | 269.50 | 22.00 | 72.00 | ...ok |
| LT 13 | 3600 | 45.00 | 247.50 | 27.50 | 72.00 | ...ok |
| LT 12 | 3600 | 40.00 | 220.00 | 22.00 | 72.00 | ...ok |
| LT 11 | 3600 | 36.00 | 198.00 | 27.50 | 72.00 | ...ok |
| LT 10 | 3600 | 31.00 | 170.50 | 22.00 | 72.00 | ...ok |
| LT 9 | 3600 | 27.00 | 148.50 | 22.00 | 72.00 | ...ok |
| LT 8 | 3600 | 23.00 | 126.50 | 22.00 | 72.00 | ...ok |
| LT 7 | 3600 | 19.00 | 104.50 | 22.00 | 72.00 | ...ok |
| LT 6 | 4800 | 15.00 | 82.50 | 27.50 | 96.00 | ...ok |
| LT 5 | 3200 | 10.00 | 55.00 | 16.50 | 64.00 | ...ok |
| LT 4+1 | 1600 | 7.00 | 38.50 | 16.50 | 32.00 | ...ok |
| LT 4 | 1600 | 10.00 | 55.00 | 27.50 | 32.00 | ...ok |
| LT 4-1 | 3200 | 5.00 | 27.50 | 5.50 | 64.00 | ...ok |
| LT 3 | 3200 | 4.00 | 22.00 | 11.00 | 64.00 | ...ok |
| LT 2+1 | 1600 | 2.00 | 11.00 | 0.00 | 32.00 | ...ok |
| LT 2 | 1600 | 2.00 | 11.00 | 5.50 | 32.00 | ...ok |
| LT 2-1 | 3200 | 1.00 | 5.50 | 3.75 | 64.00 | ...ok |
| LT GF | 3600 | 0.32 | 1.75 | 1.22 | 72.00 | ...ok |
| BS 1 | 3600 | 0.10 | 0.53 | 0.53 | 72.00 | ...ok |



Gambar 13c - Grafik simpangan antar lantai Gedung C

b. Perhitungan efek P-delta struktur

Pengaruh P-delta diperhitungkan sesuai dengan pasal 7.8.7 SNI 1726-2019

Pengaruh P-delta tidak harus diperhitungkan bila koefisien stabilitas, $\Theta \leq 0.1$

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d} \quad (35)$$

Keterangan:

P_x = beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat x , dinyatakan dalam kilo newton (kN); bila menghitung P_x , faktor beban individu tidak perlu melebihi 1,0;

Δ adalah simpangan antar lantai tingkat desain seperti didefinisikan dalam 7.8.6, terjadi secara serentak dengan V_x , dinyatakan dalam milimeter (mm)

I_e =faktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan 4.1.2

V_x =gaya geser seismik yang bekerja antara tingkat x dan $x-1$ (kN)

h_{sx} = tinggi tingkat di bawah tingkat x , dinyatakan dalam milimeter (mm);

C_d =faktor pembesaran defleksi dalam Tabel9.

Tabel perhitungan efek P-delta :

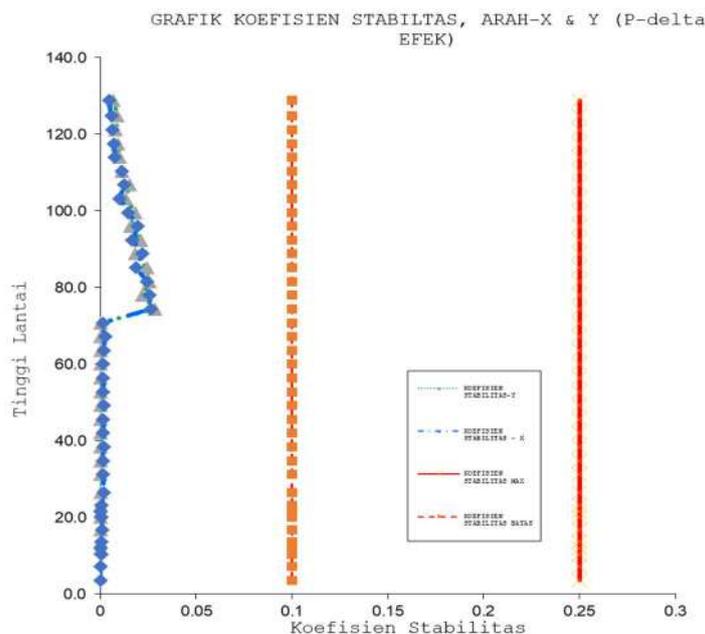
Tabel 13a - Perhitungan efek P-delta arah -X

| LANTAI | h_{sx} (mm) | Δ (mm) | P (kN) | V_x (kN) | I_e | C_d | θ | θ max | $\theta < 0.1$ $\theta < \theta$ max |
|--------|---------------|---------------|-----------|------------|-------|-------|----------|--------------|---|
| LT DAK | 4000 | 16.50 | 6191.78 | 1038.36 | 1 | 5.5 | 0.004 | 0.25 | ...ok |
| LT 32 | 3600 | 16.50 | 13573.61 | 1990.88 | 1 | 5.5 | 0.006 | 0.25 | ...ok |
| LT 31 | 3600 | 16.50 | 20849.00 | 2747.00 | 1 | 5.5 | 0.006 | 0.25 | ...ok |
| LT 30 | 3600 | 16.50 | 28124.39 | 3351.78 | 1 | 5.5 | 0.007 | 0.25 | ...ok |
| LT 29 | 3600 | 16.50 | 35399.78 | 3826.51 | 1 | 5.5 | 0.008 | 0.25 | ...ok |
| LT 28 | 3600 | 22.00 | 42675.17 | 4191.14 | 1 | 5.5 | 0.011 | 0.25 | ...ok |
| LT 27 | 3600 | 22.00 | 49950.56 | 4474.45 | 1 | 5.5 | 0.012 | 0.25 | ...ok |
| LT 26 | 3600 | 16.50 | 57225.95 | 4707.47 | 1 | 5.5 | 0.010 | 0.25 | ...ok |
| LT 25 | 3600 | 22.00 | 64518.70 | 4910.56 | 1 | 5.5 | 0.015 | 0.25 | ...ok |
| LT 24 | 3600 | 27.50 | 71834.41 | 5095.25 | 1 | 5.5 | 0.020 | 0.25 | ...ok |
| LT 23 | 3600 | 22.00 | 79150.12 | 5269.54 | 1 | 5.5 | 0.017 | 0.25 | ...ok |
| LT 22 | 3600 | 27.50 | 86465.83 | 5437.40 | 1 | 5.5 | 0.022 | 0.25 | ...ok |
| LT 21 | 3600 | 22.00 | 93781.54 | 5599.26 | 1 | 5.5 | 0.019 | 0.25 | ...ok |
| LT 20 | 3600 | 27.50 | 101097.25 | 5754.57 | 1 | 5.5 | 0.024 | 0.25 | ...ok |
| LT 19 | 3600 | 27.50 | 108412.96 | 5903.66 | 1 | 5.5 | 0.026 | 0.25 | ...ok |
| LT 18 | 3600 | 27.50 | 115728.67 | 6047.24 | 1 | 5.5 | 0.027 | 0.25 | ...ok |
| LT 17 | 3600 | 22.00 | 123105.30 | 6186.70 | 1 | 5.5 | 0.001 | 0.25 | ...ok |
| LT 16 | 3600 | 33.00 | 132601.77 | 6379.52 | 1 | 5.5 | 0.002 | 0.25 | ...ok |
| LT 15 | 3600 | 27.50 | 140050.99 | 6539.07 | 1 | 5.5 | 0.002 | 0.25 | ...ok |
| LT 14 | 3600 | 27.50 | 147500.22 | 6701.29 | 1 | 5.5 | 0.002 | 0.25 | ...ok |
| LT 13 | 3600 | 27.50 | 154949.44 | 6872.54 | 1 | 5.5 | 0.002 | 0.25 | ...ok |
| LT 12 | 3600 | 27.50 | 162398.66 | 7053.96 | 1 | 5.5 | 0.001 | 0.25 | ...ok |
| LT 11 | 3600 | 33.00 | 169926.37 | 7246.13 | 1 | 5.5 | 0.002 | 0.25 | ...ok |
| LT 10 | 3600 | 27.50 | 177532.55 | 7449.33 | 1 | 5.5 | 0.001 | 0.25 | ...ok |
| LT 9 | 3600 | 27.50 | 185138.73 | 7662.04 | 1 | 5.5 | 0.001 | 0.25 | ...ok |
| LT 8 | 3600 | 33.00 | 192744.92 | 7884.61 | 1 | 5.5 | 0.002 | 0.25 | ...ok |
| LT 7 | 3600 | 27.50 | 200419.67 | 8118.47 | 1 | 5.5 | 0.001 | 0.25 | ...ok |
| LT 6 | 4800 | 38.50 | 208576.69 | 8377.02 | 1 | 5.5 | 0.001 | 1.25 | ...ok |
| LT 5 | 3200 | 22.00 | 220758.94 | 8760.38 | 1 | 5.5 | 0.002 | 2.25 | ...ok |
| LT 4+1 | 1600 | 5.50 | 230776.03 | 9132.90 | 1 | 5.5 | 0.001 | 3.25 | ...ok |
| LT 4 | 1600 | 11.00 | 232941.98 | 9270.35 | 1 | 5.5 | 0.000 | 4.25 | ...ok |
| LT 4-1 | 3200 | 11.00 | 243286.63 | 9682.38 | 1 | 5.5 | 0.001 | 5.25 | ...ok |
| LT 3 | 3200 | 11.00 | 256629.40 | 10137.58 | 1 | 5.5 | 0.001 | 6.25 | ...ok |
| LT 2+1 | 1600 | 5.50 | 266982.68 | 10429.55 | 1 | 5.5 | 0.001 | 7.25 | ...ok |
| LT 2 | 1600 | 5.50 | 269148.63 | 10511.22 | 1 | 5.5 | 0.000 | 8.25 | ...ok |
| LT 2-1 | 3200 | 8.74 | 279493.28 | 10709.26 | 1 | 5.5 | 0.000 | 9.25 | ...ok |
| LT GF | 3600 | 1.52 | 296714.83 | 10860.82 | 1 | 5.5 | 0.000 | 10.25 | ...ok |
| BS 1 | 3600 | 0.75 | 315621.54 | 10983.61 | 1 | 5.5 | 0.000 | 11.25 | ...ok |

Tabel 13b - Perhitungan efek P-delta arah -Y

ARAH Y

| LANTAI | h _{sy} (mm) | Δ (mm) | P (kN) | Vy (kN) | le | Cd | θ | θ max | θ < 0.1 < θ max |
|--------|----------------------|--------|-----------|----------|----|-----|-------|-------|--------------------|
| LT DAK | 4000 | 27.50 | 6191.78 | 1122.41 | 1 | 5.5 | 0.007 | 0.25 | ...ok |
| LT 32 | 3600 | 27.50 | 13573.61 | 2136.96 | 1 | 5.5 | 0.009 | 0.25 | ...ok |
| LT 31 | 3600 | 22.00 | 20849.00 | 2901.68 | 1 | 5.5 | 0.008 | 0.25 | ...ok |
| LT 30 | 3600 | 22.00 | 28124.39 | 3482.05 | 1 | 5.5 | 0.009 | 0.25 | ...ok |
| LT 29 | 3600 | 22.00 | 35399.78 | 3921.64 | 1 | 5.5 | 0.010 | 0.25 | ...ok |
| LT 28 | 3600 | 22.00 | 42675.17 | 4259.30 | 1 | 5.5 | 0.011 | 0.25 | ...ok |
| LT 27 | 3600 | 27.50 | 49950.56 | 4527.22 | 1 | 5.5 | 0.015 | 0.25 | ...ok |
| LT 26 | 3600 | 22.00 | 57225.95 | 4747.62 | 1 | 5.5 | 0.013 | 0.25 | ...ok |
| LT 25 | 3600 | 27.50 | 64518.70 | 4932.92 | 1 | 5.5 | 0.018 | 0.25 | ...ok |
| LT 24 | 3600 | 22.00 | 71834.41 | 5086.73 | 1 | 5.5 | 0.016 | 0.25 | ...ok |
| LT 23 | 3600 | 27.50 | 79150.12 | 5209.50 | 1 | 5.5 | 0.021 | 0.25 | ...ok |
| LT 22 | 3600 | 22.00 | 86465.83 | 5305.37 | 1 | 5.5 | 0.018 | 0.25 | ...ok |
| LT 21 | 3600 | 27.50 | 93781.54 | 5382.67 | 1 | 5.5 | 0.024 | 0.25 | ...ok |
| LT 20 | 3600 | 27.50 | 101097.25 | 5452.04 | 1 | 5.5 | 0.026 | 0.25 | ...ok |
| LT 19 | 3600 | 22.00 | 108412.96 | 5524.32 | 1 | 5.5 | 0.022 | 0.25 | ...ok |
| LT 18 | 3600 | 27.50 | 115728.67 | 5609.30 | 1 | 5.5 | 0.029 | 0.25 | ...ok |
| LT 17 | 3600 | 33.00 | 115728.67 | 5715.45 | 1 | 5.5 | 0.000 | 0.25 | ...ok |
| LT 16 | 3600 | 16.50 | 115728.67 | 5902.33 | 1 | 5.5 | 0.000 | 0.25 | ...ok |
| LT 15 | 3600 | 27.50 | 115728.67 | 6092.12 | 1 | 5.5 | 0.000 | 0.25 | ...ok |
| LT 14 | 3600 | 22.00 | 115728.67 | 6308.39 | 1 | 5.5 | 0.000 | 0.25 | ...ok |
| LT 13 | 3600 | 27.50 | 115728.67 | 6551.08 | 1 | 5.5 | 0.000 | 0.25 | ...ok |
| LT 12 | 3600 | 22.00 | 115728.67 | 6816.47 | 1 | 5.5 | 0.000 | 0.25 | ...ok |
| LT 11 | 3600 | 27.50 | 115728.67 | 7101.74 | 1 | 5.5 | 0.000 | 0.25 | ...ok |
| LT 10 | 3600 | 22.00 | 115728.67 | 7400.65 | 1 | 5.5 | 0.000 | 0.25 | ...ok |
| LT 9 | 3600 | 22.00 | 115728.67 | 7702.47 | 1 | 5.5 | 0.000 | 0.25 | ...ok |
| LT 8 | 3600 | 22.00 | 115728.67 | 7999.74 | 1 | 5.5 | 0.000 | 0.25 | ...ok |
| LT 7 | 3600 | 22.00 | 115728.67 | 8289.56 | 1 | 5.5 | 0.000 | 0.25 | ...ok |
| LT 6 | 4800 | 27.50 | 115728.67 | 8584.25 | 1 | 5.5 | 0.000 | 0.25 | ...ok |
| LT 5 | 3200 | 16.50 | 115728.67 | 8982.78 | 1 | 5.5 | 0.000 | 1.25 | ...ok |
| LT 4+1 | 1600 | 16.50 | 115728.67 | 9324.50 | 1 | 5.5 | 0.000 | 2.25 | ...ok |
| LT 4 | 1600 | 27.50 | 115728.67 | 9455.12 | 1 | 5.5 | 0.000 | 3.25 | ...ok |
| LT 4-1 | 3200 | 5.50 | 115728.67 | 9823.38 | 1 | 5.5 | 0.000 | 4.25 | ...ok |
| LT 3 | 3200 | 11.00 | 115728.67 | 10233.97 | 1 | 5.5 | 0.000 | 5.25 | ...ok |
| LT 2+1 | 1600 | 0.00 | 115728.67 | 10496.89 | 1 | 5.5 | 0.000 | 6.25 | ...ok |
| LT 2 | 1600 | 5.50 | 115728.67 | 10570.95 | 1 | 5.5 | 0.000 | 7.25 | ...ok |
| LT 2-1 | 3200 | 3.75 | 115728.67 | 10749.40 | 1 | 5.5 | 0.000 | 8.25 | ...ok |
| LT GF | 3600 | 1.22 | 115728.67 | 10889.63 | 1 | 5.5 | 0.000 | 9.25 | ...ok |
| BS 1 | 3600 | 0.53 | 115728.67 | 10983.57 | 1 | 5.5 | 0.000 | 10.25 | ...ok |



Gambar 13c - Grafik koefisien stabilitas, efek P_{delta} Gedung B

14. Kombinasi Pembebanan Struktur Atas

Sesuai dengan yang ditentukan dalam SNI 1726:2012 pasal 7.4.2 kombinasi pembebanan akibat pengaruh beban gempa harus diperhitungkan terhadap pengaruh beban gempa horisontal dan pengaruh beban gempa vertikal. Pengaruh beban gempa horisontal E_h ditentukan dengan memasukkan pengaruh faktor redundansi ρ seperti ditentukan dalam pasal 7.3.4 SNI 1726:2012. Pengaruh beban gempa vertikal ditentukan dengan memasukkan pengaruh faktor parameter percepatan spektrum respon desain pada periode pendek S_{DS} seperti yang ditentukan pada pasal 6.10.4 SNI 1726:2012.

Dengan memasukkan faktor $\rho = 1.3$ (untuk kategori desain seismik D) dan nilai

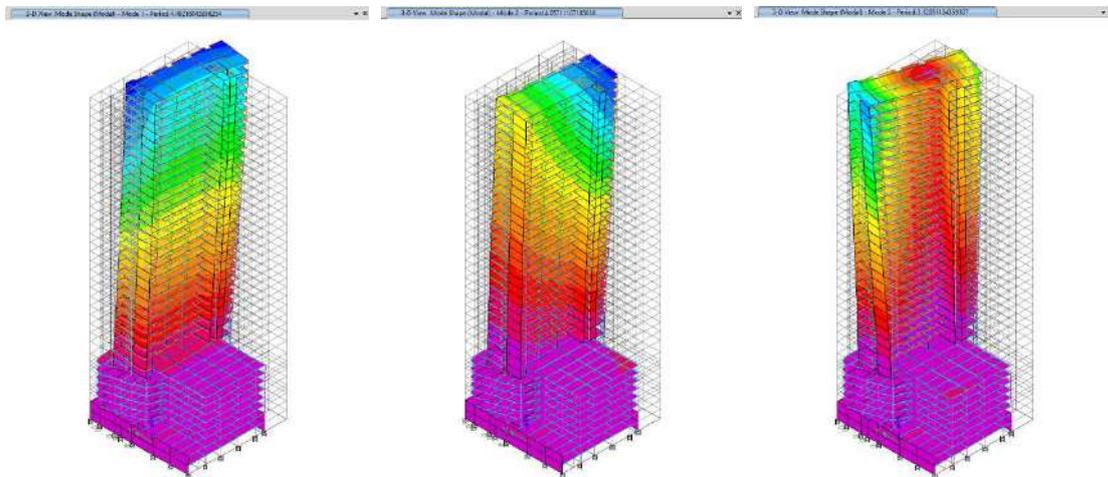
$$S_{DS} = 0.67 \text{ maka}$$

diperoleh kombinasi pembebanan desain sbb:

Tabel 14.1 - Kombinasi pembebanan

| | | | | | | | | |
|----------|---------------|---|-----|---|------|-----|---|----------|
| COMBO 1 | 1.4 D | | | | | | | |
| COMBO 2 | 1.2 D + 1.6 L | | | | | | | |
| COMBO 3 | 1.33 D | + | 1 L | + | 1.30 | Eqx | + | 0.39 Eqy |
| COMBO 4 | 1.33 D | + | 1 L | + | 1.30 | Eqx | - | 0.39 Eqy |
| COMBO 5 | 1.33 D | + | 1 L | - | 1.30 | Eqx | - | 0.39 Eqy |
| COMBO 6 | 1.33 D | + | 1 L | - | 1.30 | Eqx | + | 0.39 Eqy |
| COMBO 7 | 1.33 D | + | 1 L | + | 0.39 | Eqx | + | 1.30 Eqy |
| COMBO 8 | 1.33 D | + | 1 L | + | 0.39 | Eqx | - | 1.30 Eqy |
| COMBO 9 | 1.33 D | + | 1 L | - | 0.39 | Eqx | - | 1.30 Eqy |
| COMBO 10 | 1.33 D | + | 1 L | - | 0.39 | Eqx | + | 1.30 Eqy |
| COMBO 11 | 0.77 D | + | | | 1.30 | Eqx | + | 0.39 Eqy |
| COMBO 12 | 0.77 D | + | | | 1.30 | Eqx | - | 0.39 Eqy |
| COMBO 13 | 0.77 D | - | | | 1.30 | Eqx | - | 0.39 Eqy |
| COMBO 14 | 0.77 D | - | | | 1.30 | Eqx | + | 0.39 Eqy |
| COMBO 15 | 0.77 D | + | | | 0.39 | Eqx | + | 1.30 Eqy |
| COMBO 16 | 0.77 D | + | | | 0.39 | Eqx | - | 1.30 Eqy |
| COMBO 17 | 0.77 D | - | | | 0.39 | Eqx | - | 1.30 Eqy |
| COMBO 18 | 0.77 D | - | | | 0.39 | Eqx | + | 1.30 Eqy |

Mode Shape dan Periode Getar Struktur



ANALISIS LIFE CYCLE COST (LCC)

Asumsi untuk perhitungan LCC dengan rencana umur bangunan gedung 50 tahun, direncanakan dengan 3 kondisi yaitu :

1. Konstruksi gedung bertingkat konvensional
2. Konstruksi gedung bertingkat pracetak
3. Konstruksi gedung bertingkat pracetak dengan base isolation

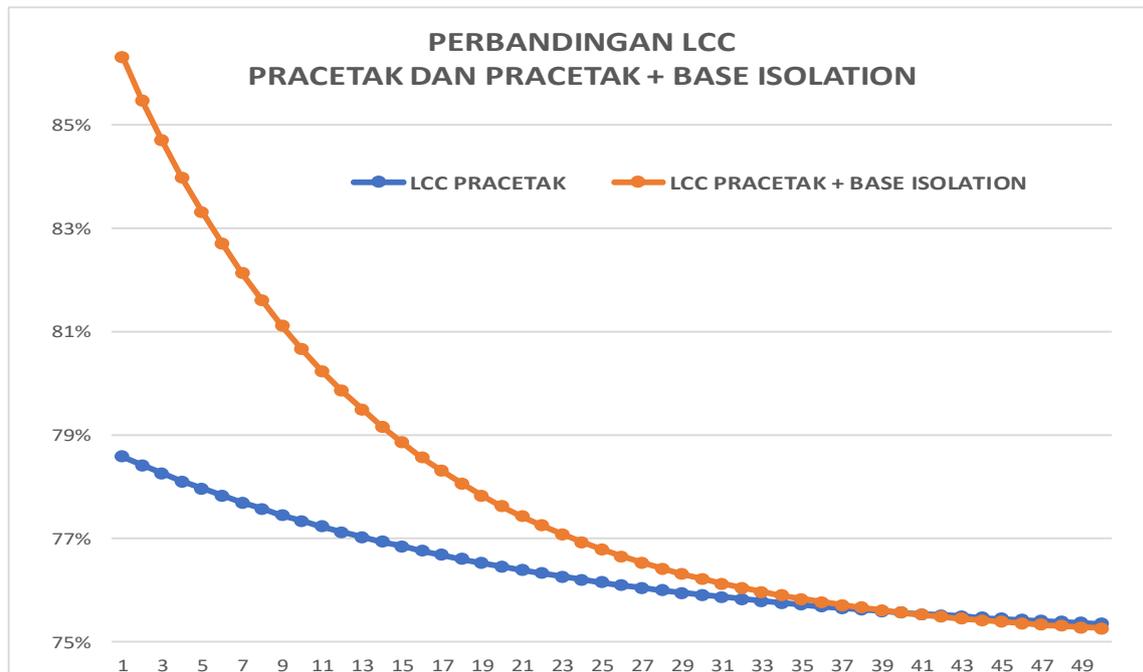
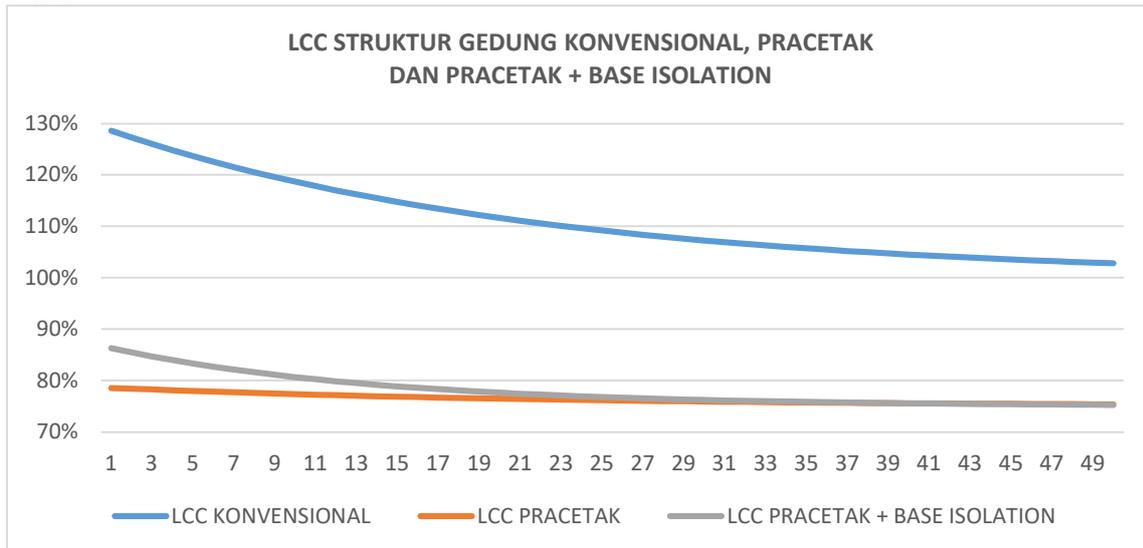
Diasumsikan kejadian gempa terjadi 1x dalam kurun waktu 50 tahun dimana kemungkinan kejadian gempa bisa terjadi pada tahun ke 1, 2, 3 dst (disimulasikan jika kejadiannya pada tahun ke 1 sd 50). Besarnya biaya konstruksi gedung bertingkat struktur konvensional sebesar 100%, untuk sistem pracetak 75% dan sistem pracetak dengan base isolation 79%. Artinya nilai biaya investasi bangunan gedung bertingkat struktur konvensional sebesar 100%, untuk sistem pracetak 75% dan sistem pracetak dengan base isolation 79%. Besarnya biaya perbaikan akibat gempa pada bangunan konvensional dengan kerusakan sedang sebesar 30% biaya investasi, pada bangunan sistem pracetak dengan kerusakan ringan 5% biaya investasi, sedangkan bangunan kombinasi sistem pracetak dengan base isolation adalah tidak terjadi kerusakan jika terjadi gempa tetapi umur dari base isolatin adalah 20

tahun dimana setiap 20 tahun sekali perlu dilakukan penggantian 100% base isolation yang dipasang pada bangunan tersebut (pada tahun ke 20 dan ke 40) dengan asumsi kenaikan material dan upah pertahun sebesar 3%. Untuk biaya Operasional dan Pemeliharaan pada bangunan beton adalah 0% dan besarnya $i = 8\%$. (dengan inflasi 3%/tahun dan suku bunga 5%/tahun).

Bisnis oportunitas loss saat perbaikan kerusakan setelah gempa untuk:

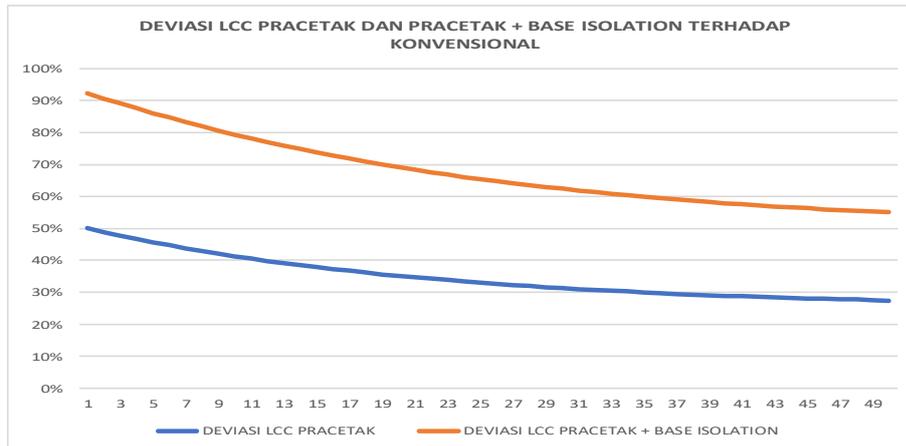
- Gedung konvensional (rusak sedang perlu perbaikan sekitar 1 tahun) 35% Investasi (biaya konstruksi konvensional)
- Gedung pracetak dengan base isolation (tidak mengalami kerusakan tetapi diperlukan penggantian karet base isolation tiap 20 tahun sekali)

Maka perhitungan LCC untuk bangunan konvensional, pracetak dan pracetak dengan base isolation adalah sebagai berikut:



Kesimpulannya nilai LCC antara ketiga kondisi tersebut adalah LCC konvensional lebih besar dibandingkan dengan LCC pracetak baik yang pracetak saja atau pracetak dengan base isolation. Nilai LCC dari tahun kejadian gempa tahun ke 1 sampai dengan tahun ke 50 adalah cenderung menurun sesuai kejadian gempa mendekati tahun ke 50 atau akhir umur bangunan. Nilai LCC konvensional antara 103%-130%, LCC pracetak 75%-79% dan LCC pracetak dengan base isolation 75%-91%. Deviasi LCC pracetak dan pracetak dengan base isolation terhadap konvensional berdasarkan simulasi setiap kejadian gempa (dari tahun ke 1 sd 50), dapat diketahui bahwa kejadian

gempa mempengaruhi deviasi nilai LCC pada kedua sistem (pracetak dan pracetak dengan base isolation) terhadap konvensional. Semakin dini kejadian gempa, semakin besar nilai deviasi LCC pada kedua sistem tersebut. Artinya penggunaan pracetak dan kombinasi pracetak dengan base isolation akan sangat besar atau menguntungkan atau efisien jika terjadi gempa di awal-awal tahun, dan akan semakin mengecil jika kejadian gempanya mendekati tahun ke 50 atau akhir umur bangunan. Besaran LCC antara bangunan pracetak dan pracetak dengan base isolation adalah lebih besar pracetak dengan base isolation dan akan semakin mengecil seiring kejadian gempa mendekati tahun ke 50 atau akhir umur bangunan. Nilai LCC bangunan pracetak dan pracetak dengan base isolation akan sama pada tahun ke 39,95, dan setelah tahun 39,95 nilai LCC pracetak justru lebih besar dibandingkan LCC pracetak dengan base isolation.



Capaian luaran penelitian baik wajib dan tambahan adalah sebagai berikut:

1. Produk hasil penelitian ini juga sudah didaftarkan ke Direktorat Jenderal Hak atas Kekayaan Intelektual dalam bentuk paten sederhana dengan Nomor Pendaftaran paten/Nomor Permohonan: S00202110209, Judul Invensi “Struktur Dinding Pemikul Beton Bertulang Pracetak Dengan Sistem Sambungan Tendon Pascatarik Tanpa Lekatan”
2. Publikasi penelitian tahun pertama Seminar Internasional dan prosiding The 17th World Conference on Earthquake Engineering (17WCEE 2021) Sendai Jepang pada tanggal 27 September – 2 Oktober 2021 dengan 3 paper.
3. Seminar Internasional Quality In Research (QIR) di UI pada tanggal 13-15 Oktober 2021.

D. STATUS LUARAN: Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta mengunggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui Simlitabmas.

Publikasi penelitian tahun pertama Seminar Internasional dan prosiding The 17th World Conference on Earthquake Engineering (17WCEE 2021) Sendai Jepang pada tanggal 27 September – 2 Oktober 2021 dengan 3 paper, serta Seminar Internasional Quality In Research (QIR) di UI pada tanggal 13-15 Oktober 2021.

Produk hasil penelitian ini juga untuk didaftarkan ke Direktorat Jenderal Hak atas Kekayaan Intelektual dalam bentuk paten sederhana dengan Nomor Pendaftaran paten/Nomor Permohonan: S00202110209, Judul Invensi : Struktur Dinding Pemikul Beton Bertulang Pracetak Dengan Sistem Sambungan Tendon Pascatarik Tanpa Lekatan

Dilakukan penelitian contoh penerapan pada proyek bangunan konstruksi Gedung Pancoran Riverside 2 di Jakarta.

E. PERAN MITRA: Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (untuk Penelitian Terapan, Penelitian Pengembangan, PTUPT, PPUPT serta KRUPPT). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra diunggah melalui Simlitabmas.

Adanya kerjasama dengan mitra yaitu mitra perusahaan telah menyatakan bersedia menerapkan teknologi ini pada proyek pembangunan yang dikerjakan. Telah dilakukan studi banding, diskusi dengan mitra industri, kunjungan pabrik, uji coba penerapan pada proyek bangunan konstruksi Gedung Pancoran Riverside 2 di Jakarta. Percobaan penerapan akan menjadi demonstrasi model atau prototipe sistem/subsistem dalam lingkungan yang relevan.

F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Tidak ada kendala dalam melakukan penelitian ini karena semua keluaran sudah tercapai/dilaksanakan.

G. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA: Tuliskan dan uraikan rencana penelitian di tahun berikutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan termasuk jadwal berkaitan dengan strategi untuk mencapai luaran seperti yang telah dijanjikan dalam proposal. Jika diperlukan, penjelasan dapat juga dilengkapi dengan gambar, tabel, diagram, serta pustaka yang relevan. Jika laporan kemajuan merupakan laporan pelaksanaan tahun terakhir, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai.

Pada tahap kedua (2022) dikembangkan model, perencanaan dan pengujian tahanan gempa elemen pracetak prategang untuk jalan layang.

Pengusul pada proposal ini mengajukan usulan penelitian terapan sistem pracetak kinerja tinggi berbagai tipe konstruksi lain untuk mendapatkan varian teknologi yang lebih luas. Setelah tahun pertama (2021) selesai maka rencana penelitian tahun berikutnya adalah diusulkan penelitian terapan sistem pracetak kinerja tinggi sambungan prategang pada komponen pracetak untuk bangunan pier pracetak untuk jalan layang. Publikasi penelitian tahun kedua direncanakan di *International Journal* tahun 2022, Produk hasil penelitian direncanakan didaftarkan ke Direktorat Jenderal Hak atas Kekayaan Intelektual dalam bentuk paten sederhana dan dilakukan penelitian contoh penerapan di proyek jalan layang. Tingkat kesiapan teknologi yang dicapai akhir tahun ketiga adalah TKT 6, karena pengembangan akan lengkap dan memenuhi syarat melalui pengujian dan demonstrasi dalam aplikasi sebenarnya.

METODE

Ruang lingkup penelitian dibatasi pada pengembangan teknologi terapan bangunan tahanan gempa kinerja tinggi dengan batasan sebagai berikut :

1. Subyek Penelitian adalah pemangku kepentingan (stakeholder) yang dilibatkan sistem ini laboratorium uji tahanan gempa di Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, Badan Standard Nasional, Direktorat Jenderal Hak atas Kekayaan Intelektual, dan mitra perusahaan yang menerapkan teknologi yang dikembangkan.
2. Studi kasus pada penelitian tahun kedua adalah sambungan antar segmen pier secara vertikal untuk jalan layang.
3. Lokasi penelitian di Jakarta, analisis hasil data pengujian tahanan gempa di Bandung, pembuatan draft SNI di Bandung, pembuatan SNI di Jakarta, pembuatan buku panduan di Jakarta, pengujian penerapan di pabrik pracetak dan konstruksi di jalan layang.

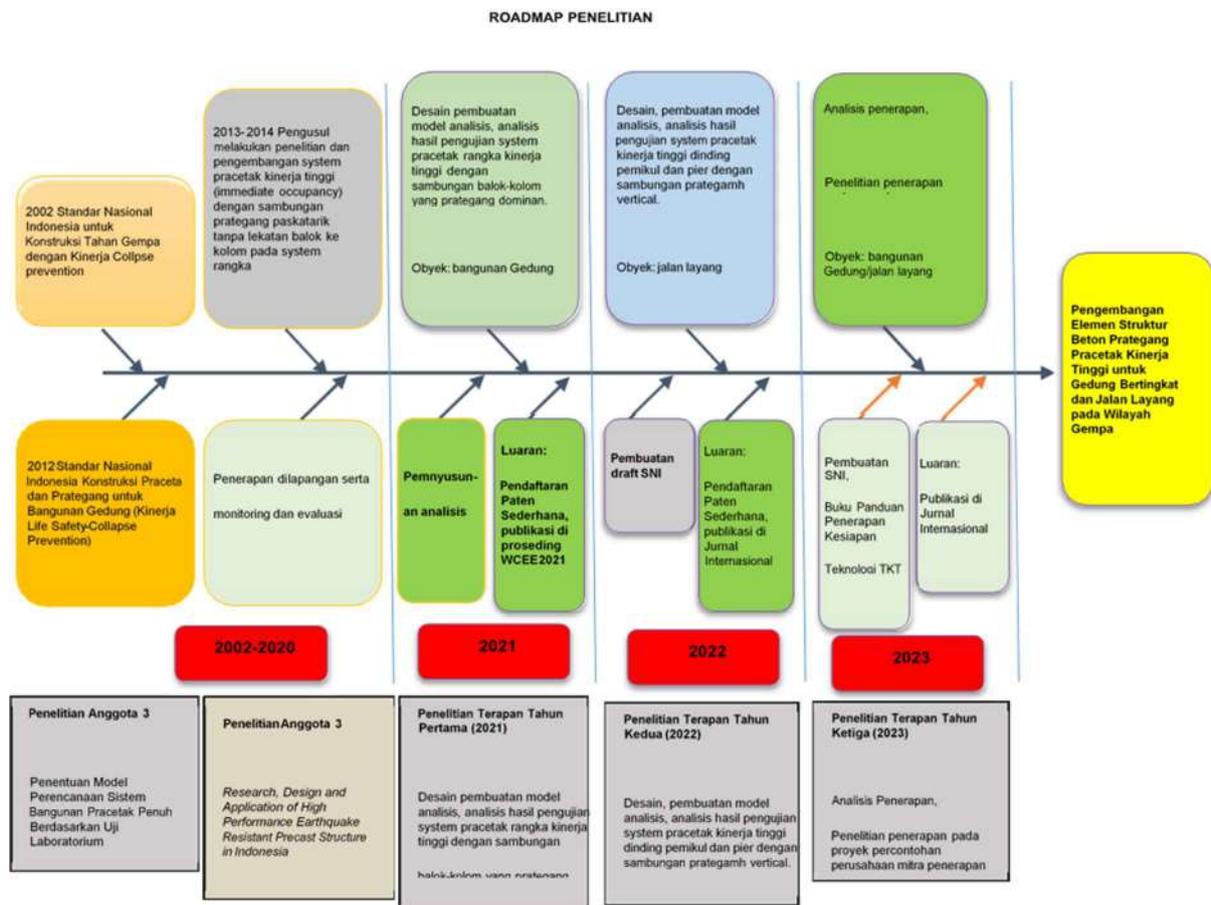
4. Pengumpulan data penelitian dengan studi banding, data dari model numerik, data pengujian tahanan gempa, dan penelitian penerapan di lapangan untuk mendukung pengembangan teknologi sampai data penelitian dengan kompilasi hasil akuisisi data survey diolah di Jakarta.

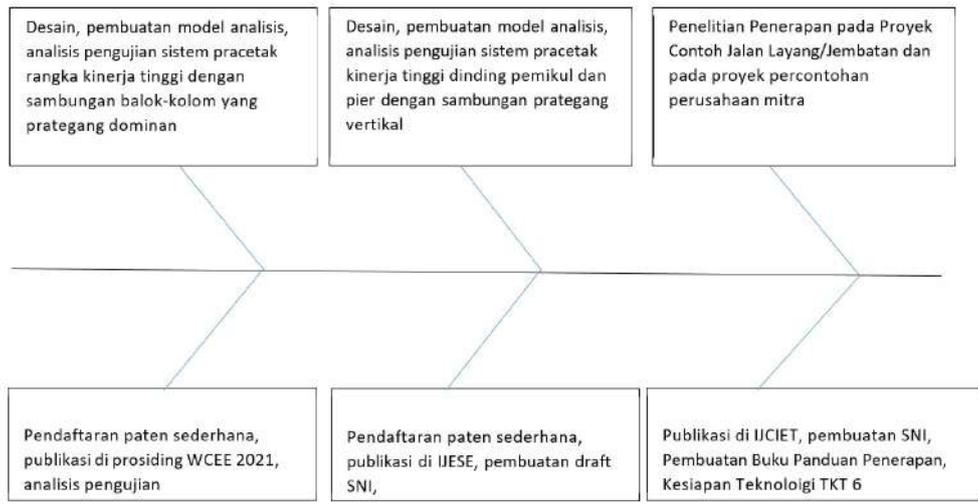
Metode Pengambilan Data.

1. Metode studi banding
2. Metoda pengamatan diatas meja (*desk work observation*)
3. Metoda pengamatan eksperimental
4. Metoda pengamatan uji prototipe

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metoda kuantitatif yang terdiri langkah-langkah sebagai berikut.

1. Pengumpulan standar perencanaan tahanan gempa terkait dengan teknologi yang dikembangkan, baik yang sudah ada di Indonesia, maupun standar luar negeri yang belum diadopsi di Indonesia.
2. Merencanakan detail teknologi yang dikembangkan berdasarkan studi banding di luarnegeri serta material dan teknologi lokal yang sudah ada di Indonesia. Detail teknologi ini dapat segera didaftarkan di Direktorat Jenderal HKI dalam bentuk paten sederhana
3. Membuat model matematik dan model numerik untuk menguji kehandalan teknologi secara *desk work* berdasarkan code yang berlaku.
4. Analisis hasil data uji tahanan gempa di laboratorium untuk menguji model matematik dan model numerik berdasarkan code yang berlaku.
5. Uji penerapan di lapangan, mulai dari produksi elemen dalam skala 1 : 1 sampai penerapan di proyek percontohan.
6. Pembuatan Standar Nasional Indonesia dan Buku Panduan Perencanaan dan Penerapan Teknologi.





Jadwal Kegiatan Tahun Ke 2

| Tahun Ke 2 | | Bulan | | | | | | | | | | | |
|------------|--|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| No | Nama Kegiatan | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | Studi literatur tentang standard teknis, teknologi terkait sistem pracetak tahan gempa kinerja tinggi berbentuk dinding pemikul dan pier | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Desain teknologi produk sistem dinding pemikul dan pier tahan gempa kinerja tinggi dengan sambungan vertikal komponen pracetak dengan sistem prategang | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Proses penyusunan draft sampai dengan pendaftaran paten sederhana produk | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Pembuatan model matematis, model numerik, simulasi komputer, proposal metoda perencanaan | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Analisis hasil data pengujian tahan gempa | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Perencanaan teknologi pier pracetak pada proyek Jalan Layang/Jembatan | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Publikasi di International Journal | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Proses konsesus SNI hasil dari tahun pertama | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Laporan akhir penelitian tahun 2 dengan luaran produk sistem pracetak tahan gempa kinerja tinggi berbentuk dinding pemikul dan pier dengan sambungan vertikal komponen pracetak dengan sistem prategang dan penerapan sistem pracetak tahan gempa kinerja tinggi pada Jalan Layang | | | | | | | | | | | | |

H. DAFTAR PUSTAKA: Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan kemajuan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

1. Kurama, Y. C., Sritharan, S., Fleischman, R. B., Restrepo, J. I., Henry, R. S., Cleland, N. M., Ghosh, S. K. and Bonelli, P. 2018. "Seismic-Resistant Precast Concrete Structures: State of the Art." Journal of Structural Engineering 144 (4): 03118001. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0001972](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0001972).
2. Priestley, M. (1991). "Overview of PRESSS research program." PCI J., 36(4), 50-57.
3. Nakaki, S. D., Stanton, J. F., and Sritharan, S., "An Overview of the PRESSS Five-Story Precast Test Building," PCI JOURNAL, V. 44, No. 2, March-April 1999, pp. 26-39.
4. The PRESSS Five-Story Precast Concrete Test Building, University of California at San Diego, La Jolla, California," PCI JOURNAL, V. 46, No. 5, September-October 2001, pp. 20-26.
5. Rahman, A., and Restrepo, J. I. (2000). Earthquake resistant precast concrete buildings: Seismic performance of cantilever walls prestressed using unbonded tendons, Research Rep. No. 2000, University California at San Diego, USA.
6. Pampanin, S. (2010), PRESSS Design Handbook, New Zealand Concrete Society, 10-22, 71-82.
7. Pampanin, S. (2012), Reality-check and Renewed challenges in Earthquake Engineering : Implementing low-amaged structural System – from theory to practice, 15th World Conference of Earthquake Engineering, Lisboa, Portugal, 14-15, 24-27.
8. Nurjaman, H.N. 1997. Penentuan Model Perencanaan Sistem Bangunan Pracetak Penuh Berdasarkan Uji Laboratorium. Tesis Magister. Institut Teknologi Bandung.
9. Nurjaman, H.N. 2002. Penentuan Model dan Parameter untuk Analisis dan Perencanaan Tahan Gempa Struktur Pracetak Rangka Beton. Disertasi Doktor. Institut Teknologi Bandung.

10. Nurjaman, H.N. 2002. "Determination of Model and Parameter for Precast Concrete Frame Structure Analysis and Design". Proceedings of International Conference on Advancement in Design, Construction, Construction Management and Maintenance of Building Structures. Ministry of Settlements and Regional Infrastructure. Bali, Indonesia. I-204 – I- 205.
11. Nurjaman, H.N., Hariandja, B.H., and Sidjabat, H.R. 2008. "The Use of Precast Concrete Systems in The Construction of Low-Cost Apartments in Indonesia". Proceeding of 14th World Conference of Earthquake Engineering. Beijing.
12. Puslitbangkim (2014), Hasil Uji Benda Uji Dissipater Spircon, Laporan, Bandung, Indonesia.
13. Puslitbangkim (2015), Uji Gempa Sistem Pracetak PRESSSINDO-WIKA BETON, Laporan, Bandung, Indonesia.
14. Nurjaman, H.N., Lutfi Faizal, Hasiholan Sidjabat, Binsar Hariandja, Yesualdus Put and Riyanto Rivky. 2014. "Application of Precast System Buildings with Using Connection of Unbonded Post-tension and Local Dissipater Device". ELSEVIER Procedia Engineering 95 (2014) 75 – 87.
15. Suprpto, G., Almanik Husin, Widiasih, Andika Hadif Pratama, Iwan Ahmad Sofwan, Hari Nugraha Nurjaman and Riyanto Rivky. 2017. "Full Precast Structure with Unbonded Posttension Prestressed Hybrid Frame Structures at The Tamansari Hive Office Park Building, Jakarta, Indonesia". International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET). Volume 8, Issue 10.
16. Nurjaman, H.N., Gambiro Suprpto, Lutfi Faizal and Binsar Hariandja. 2018. "Design, Testing, and Construction of Special Hybrid Moment Frame Structures for High Rise Building in Indonesia". International Journal of Earth Sciences and Engineering. P.P.162- 168.
17. Nurjaman, H.N., L. Faizal, G. Soeprpto, R. Rivky, Y. Put, B. Hariandja, J. Restrepo, H. Sidjabat and S. Wijaanto. 2017. "Research, Design and Application of High Performance Earthquake Resistant Precast Structure in Indonesia". 16th World Conference on Earthquake, 16WCEE 2017. Santiago Chile.
18. Badan Standardisasi Nasional. SNI 7834:2012. Metode Uji dan Kriteria Penerimaan Sistem Struktur Rangka Pemikul Momen Beton Bertulang Pracetak untuk Bangunan Gedung.
19. Mayes, R. L., Buckle, I. G., and Jones, L.R. (1988). Seismic Isolation: A solution to the earthquake problems of the precast concrete industry. PCI J., May-June, 24-57.
20. Tiong, Patrick & Adnan, Azlan & abd rahman, ahmad baharuddin & Mirasa, Abdul Karim. (2014). Seismic base isolation of precast wall system using high damping rubber bearing. Earthquakes and Structures. 7. 1141-1169. 10.12989/eas.2014.7.6.1141.
21. Lowes, L. N., Mitra, N., Altoontash, A. (2003). A beam-column joint model for simulating the earthquake response of reinforced concrete frames PEER-2003/10 Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley 59 pages (400/P33/2003-10).
22. McKenna, F., Fenves, G. L, and Scott, M. H. (2000) Open System for Earthquake Engineering Simulation. University of California, Berkeley, <http://opensees.berkeley.edu>.

**LEMBAR PERNYATAAN PENGESAHAN
HASIL VALIDASI KARYA ILMIAH**

Yang bertanda tangan di bawah ini Rektor Universitas Persada Indonesia Y.A.I pada LembagaLayanan Pendidikan Tinggi Wilayah III (LLDIKTI III) menyatakan dengan sebenarnya bahwa nama yang tersebut di bawah ini adalah benar Sebagai Ketua Peneliti Hibah Dikti tahun anggaran 2021 dengan judul "**Pengembangan Elemen Struktur Beton Prategang Pracetak Untuk Gedung Bertingkat Tinggi Dan Jalan Layang Pada Wilayah Gempa**" yang diajukan sebagai Syarat dalam usulan dan kenaikan jabatan fungsional/pangkat dosen ke **Guru Besar** atas nama :

| | |
|------------------------------|---|
| N a m a | : Dr. Ir. Dwi Dinariana, M.T |
| NIP | : - |
| NIDN | : 0305076903 |
| Pangkat, golongan ruang, TMT | : Penata Tk. I III/d / 1 Januari 2013 |
| Jabatan, TMT | : Lektor Kepala, 550 KUM / 1 April 2008 |
| Bidang Ilmu | : Teknik Lingkungan |
| Jurusan/Program Studi | : Teknik Sipil S-2 |
| Unit kerja | : Fakultas Teknik Universitas Persada Indonesia Y.A.I |

Telah diperiksa dan divalidasi dengan baik, dan kami turut bertanggung jawab bahwa **karya ilmiah** tersebut telah memenuhi syarat kaidah ilmiah, norma akademik, dan norma hukum, sesuai dengan Peraturan Menteri Pendidikan nasional Nomor 17 Tahun 2010 tentang Pencegahan dan Penanggulangan Plagiat di Perguruan Tinggi.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 14 Maret 2024

Universitas Persada Indonesia Y.A.I

Rektor



(Prof. Ir. Sri Astuti Indriyati.,MS., Ph.D)

NIDN. 0315086804



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
LEMBAGA LAYANAN PENDIDIKAN TINGGI WILAYAH III**

Jalan. SMA Negeri 14 Cawang Jakarta Timur 13630

Telepon (021) 8090275 Faksimile. (021) 8094679

**KONTRAK PENELITIAN TAHUN JAMAK
PENELITIAN TERAPAN
TAHUN ANGGARAN 2021
ANTARA
LEMBAGA LAYANAN PENDIDIKAN TINGGI WIL III
DENGAN
UNIVERSITAS PERSADA INDONESIA YAI
Nomor: 1241/LL3/PG/2021**

Pada hari ini Selasa tanggal dua puluh tiga bulan Maret tahun dua ribu dua puluh satu, kami yang bertandatangan dibawah ini:

1. **Agus Setyo Budi**, Kepala Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah III, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan yang berkedudukan di Jalan SMA Negeri 14 Cawang Jakarta Timur, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah III, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan untuk selanjutnya disebut **PIHAK PERTAMA**;
2. **Yudi Yulius**, Sebagai Rektor Universitas Persada Indonesia Yai yang berkedudukan di Jalan Diponegoro No. 74 Menteng, Jakarta Pusat, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama peneliti di Universitas Persada Indonesia Yai untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**;

PIHAK PERTAMA dan **PIHAK KEDUA** secara bersama-sama bersepakat mengikatkan diri dalam suatu, dengan ketentuan dan syarat sebagai berikut.

PASAL 1

DASAR HUKUM

Kontrak Penelitian ini berdasarkan kepada:

1. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2003 tentang Keuangan Negara;
2. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional;
3. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 01 Tahun 2004 tentang Perbendaharaan Negara;
4. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2004 tentang Pemeriksaan Pengelolaan dan Tanggung Jawab Keuangan Negara;
5. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 tentang Pendidikan Tinggi;
6. Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2019 tentang Sistem Nasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi;
7. Peraturan Pemerintah Nomor 26 Tahun 2015 tentang bentuk dan Mekanisme Perguruan Tinggi Negeri Badan Hukum sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Pemerintah Nomor 8 Tahun 2020 tentang Perubahan Atas Peraturan Pemerintah Nomor 26 Tahun 2015 tentang Bentuk dan Mekanisme Pendanaan Perguruan Tinggi Negeri Badan Hukum;
8. Peraturan Presiden Nomor 16 tahun 2018 tentang Pengadaan Barang dan Jasa Pemerintah;
9. Peraturan Presiden Nomor 50 Tahun 2020 tentang Kementerian Riset dan Teknologi;
10. Keputusan Presiden Nomor 113/P Tahun 2019 tentang Pembentukan Kementerian dan Pengangkatan Menteri Kabinet Kerja Periode Tahun 2019-2024;
11. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 119/PMK.02/2020 tentang Standar Biaya Masukan Tahun Anggaran 2021;
12. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 112/PMK.02/2020 tentang Standar Biaya Keluaran Tahun Anggaran 2021;
13. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 203/PMK.05/2020 tentang Tata Cara Pembayaran dan Pertanggungjawaban Anggaran Penelitian Atas Beban Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara;
14. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 69 tahun 2016 tentang Tata Cara Pembentukan Komite Penilaian dan/atau Reviewer Penelitian sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 27 tahun 2019 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 69 tahun 2016 tentang Pedoman Pembentukan Komite Penilaian dan/atau Reviewer dan Tata Cara Pelaksanaan Penilaian Penelitian dengan Menggunakan Standar Biaya Keluaran;
15. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 20 tahun 2018 tentang Penelitian;
16. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 12 tahun 2019 tentang Bantuan Operasional Perguruan Tinggi Negeri;
17. Peraturan Menteri Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Nomor 38 Tahun 2019 tentang Prioritas Riset Nasional Tahun 2020-2024;
18. Keputusan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor 105/M/KPT/2019 tentang Penggunaan Bantuan Operasional Perguruan Tinggi Negeri Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Tahun 2019;
19. Keputusan Menteri Riset dan Teknologi/ Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional Nomor 2/M/KPT/2021 tentang Pejabat Perbendaharaan pada Satuan Kerja Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset dan Teknologi/ Badan Riset dan Inovasi Nasional;

20. Keputusan Kuasa Pengguna Anggaran Deputy Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor 1/E1/KPT/2021 tentang tentang Pejabat Perbendaharaan pada Deputy Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset dan Teknologi / Badan Riset dan Inovasi Nasional Tahun Anggaran 2021;
21. Keputusan Kuasa Pengguna Anggaran Deputy Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset dan Teknologi/ Badan Riset dan Inovasi Nasional Nomor .../E1/KPT/ 2021 tentang Penetapan Pendanaan Penelitian Terapan di Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2021.

PASAL 2

RUANG LINGKUP

- (1) Ruang lingkup **Kontrak Penelitian** ini meliputi pelaksanaan Penelitian Tahun Jamak untuk Penelitian Terapan sebanyak **1 (satu)** judul penelitian yang pendanaannya bersumber dari Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Deputy Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional Tahun 2021.
- (2) Daftar nama Ketua Pelaksana, judul penelitian, luaran tambahan, jangka waktu penelitian, dan besarnya biaya masing-masing judul penelitian tercantum dalam Lampiran yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari **Kontrak Penelitian** ini.

PASAL 3

JANGKA WAKTU

- (1) **Kontrak Penelitian** ini merupakan pelaksanaan Penelitian Dasar dan Pembinaan/Kapasitas tahun jamak yang terdiri atas:
 - a. penelitian baru; dan
 - b. penelitian lanjutan.
- (2) Penelitian baru sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a, merupakan penelitian baru yang pelaksanaannya dimulai pada tahun 2021 untuk jangka waktu 2 (dua) tahun dan 3 (tiga) tahun.
- (3) Penelitian lanjutan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf b, merupakan penelitian tahun jamak yang dilaksanakan tahun anggaran sebelumnya dan keberlanjutannya ditentukan berdasarkan hasil penilaian atas capaian tahun berjalan yang dilakukan oleh Komite Penilaian Keluaran Penelitian dan/atau Reviewer Keluaran Penelitian.
- (4) **Kontrak Penelitian** sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilaksanakan untuk penelitian sebagaimana tercantum dalam Lampiran yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari **Kontrak Penelitian** ini.
- (5) Keberlanjutan penelitian sebagaimana tercantum dalam Lampiran Kontrak ditentukan berdasarkan hasil penilaian atas capaian tahun berjalan yang dilakukan oleh Komite Penilaian Keluaran Penelitian dan/atau Reviewer Keluaran Penelitian.

PASAL 4 HAK DAN KEWAJIBAN

(1) PIHAK PERTAMA mempunyai kewajiban:

- a. memberikan pendanaan penelitian kepada **PIHAK KEDUA**;
- b. melakukan pemantauan dan evaluasi;
- c. melakukan penilaian luaran penelitian; dan
- d. melakukan validasi luaran tambahan.

(2) PIHAK KEDUA mempunyai kewajiban:

- a. membuat sub **Kontrak Penelitian** antara Pimpinan PTS dengan ketua pelaksana untuk pengaturan hak dan kewajiban setiap pelaksana di lingkungan perguruan tingginya yang memuat antara lain:
 1. nama pelaksana;
 2. judul penelitian;
 3. ruang lingkup penelitian;
 4. sumber dana penelitian;
 5. jumlah dana penelitian;
 6. tata cara dan tahapan pembayaran;
 7. jangka waktu pelaksanaan dan penyelesaian;
 8. hak dan kewajiban para pihak;
 9. batas akhir pelaporan;
 10. pencantuman pemberi dana penelitian dalam publikasi ilmiah;
 11. luaran penelitian;
 12. serah terima luaran penelitian;
 13. Kesanggupan penyusunan laporan penelitian dan
 14. sanksi.
- b. mengkoordinir dan bertanggung jawab atas terlaksananya **Kontrak Penelitian** yang dilakukan oleh para peneliti di Universitas Persada Indonesia Yai.
- c. memantau pengunggahan ke laman **SIMLITABMAS** dokumen sebagai berikut:
 1. revisi proposal penelitian
 2. surat pernyataan kesanggupan penyusunan laporan penelitian;
 3. catatan harian pelaksanaan penelitian; laporan kemajuan pelaksanaan penelitian;
 4. Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan;
 5. laporan akhir penelitian (dilaporkan pada tahun terakhir pelaksanaan penelitian) dan;
 6. luaran penelitian.
 7. Pengunggahan sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf c, dilaksanakan paling lambat tanggal 16 November tiap tahun Anggaran berjalan.

(3) PIHAK PERTAMA mempunyai hak menerima dokumen hasil unggahan di laman SIMLITABMAS sebagai berikut:

1. revisi proposal penelitian
2. surat pernyataan kesanggupan penyusunan laporan penelitian;
3. catatan harian pelaksanaan penelitian
4. laporan kemajuan pelaksanaan penelitian

5. Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan
6. laporan akhir penelitian
7. luaran penelitian

(4) **PIHAK PERTAMA** mempunyai hak mendapatkan dana penelitian dari **PIHAK PERTAMA**.

PASAL 5
CARA PEMBAYARAN

- (1) **PIHAK PERTAMA** memberikan pendanaan penelitian sebesar: **Rp 643.353.000,00** (*Enam Ratus Empat Puluh Tiga Juta Tiga Ratus Lima Puluh Tiga Ribu Rupiah*) yang pendanaannya bersumber pada DIPA Deputy Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset dan Teknologi/ Badan Riset dan Inovasi Nasional.
- (2) Pendanaan penelitian dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap:
 - a. **Rp 238.432.000,00** (*Dua Ratus Tiga Puluh Delapan Juta Empat Ratus Tiga Puluh Dua Ribu Rupiah*) untuk dana penelitian tahun pertama dan **Rp 0,00** (*Rupiah*) untuk dana luaran tambahan tahun pertama;
 - b. **Rp 202.459.000,00** (*Dua Ratus Dua Juta Empat Ratus Lima Puluh Sembilan Ribu Rupiah*) untuk dana penelitian tahun kedua dan **Rp 0,00** (*Rupiah*) untuk dana luaran tambahan tahun kedua;
 - c. **Rp 202.462.000,00** (*Dua Ratus Dua Juta Empat Ratus Enam Puluh Dua Ribu Rupiah*) untuk dana penelitian tahun ketiga dan **Rp 0,00** (*Rupiah*) untuk dana luaran tambahan tahun ketiga;
- (3) Pembayaran pendanaan penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (2) dilaksanakan melalui mekanisme pembayaran langsung (LS) dari Kantor Pelayanan Perbendaharaan Negara (KPPN) III Jakarta kepada rekening Institusi **PIHAK KEDUA**.
- (4) Pendanaan penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf a, diberikan dengan ketentuan apabila revisi proposal penelitian telah diunggah ke laman SIMLITABMAS.
- (5) Pendanaan penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf b dan huruf c, diberikan berdasarkan hasil penilaian atas capaian tahun sebelumnya yang dilakukan oleh Komite Penilaian Keluaran Penelitian dan/atau Reviewer Keluaran Penelitian.
- (6) Biaya luaran tambahan dibayarkan kepada **PIHAK KEDUA** pada bulan Oktober tiap tahun.
- (7) Apabila luaran tambahan dinyatakan tidak valid oleh **PIHAK PERTAMA** sebagaimana dimaksud Pasal 4 ayat (1) huruf d, maka dana luaran tambahan yang sudah diterima harus disetorkan kembali ke kas negara.
- (8) Pendanaan **Kontrak Penelitian** sebagaimana dimaksud pada ayat (2) dibayarkan kepada Institusi sebagai berikut.

Nama
Institusi : **Universitas Persada Indonesia Yai**

Nomor
Rekening : **1230005943313**

Atas
nama : **Yayasan Administrasi Indonesia (YAI) – Univ PERSADA INDONESIA**
rekening

Nama
Bank : **BANK MANDIRI**

Alamat
Bank : **Bank Mandiri KCP Salemba Tengah, Jakarta**

NPWP : **013993589023000**

- (9) **PIHAK PERTAMA** tidak bertanggungjawab atas keterlambatan dan/atau tidak terbayarnya sejumlah dana, yang disebabkan oleh kesalahan **PIHAK KEDUA** dalam menyampaikan informasi sebagaimana dimaksud pada ayat (7).

PASAL 6

PENGGANTIAN KEANGGOTAAN

- (1) Perubahan terhadap susunan tim pelaksana dan substansi penelitian dapat dibenarkan apabila telah mendapat persetujuan dari Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat Deputy Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan.
- (2) Apabila Ketua tim pelaksana penelitian tidak dapat menyelesaikan penelitian atau mengundurkan diri, maka **PIHAK KEDUA** wajib menunjuk pengganti Ketua Tim Pelaksana penelitian yang merupakan salah satu anggota tim setelah mendapat persetujuan dari Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat Deputy Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan.
- (3) Dalam hal tidak adanya pengganti ketua tim pelaksana penelitian sesuai dengan syarat ketentuan yang ada, maka penelitian dibatalkan dan dana dikembalikan ke Kas Negara.

PASAL 7

PAJAK

Ketentuan pengenaan pajak pertambahan nilai dan/atau pajak penghasilan dalam rangka pelaksanaan kegiatan penelitian ini wajib dilaksanakan oleh **PIHAK KEDUA** sesuai dengan peraturan perundang-undangan di bidang perpajakan

PASAL 8

KEKAYAAN INTELEKTUAL

- (1) Hak Kekayaan Intelektual yang dihasilkan dari pelaksanaan penelitian diatur dan dikelola sesuai dengan peraturan dan perundang-undangan.
- (2) Setiap publikasi, makalah, dan/atau ekspos dalam bentuk apapun yang berkaitan dengan hasil penelitian ini wajib mencantumkan **PIHAK PERTAMA** sebagai pemberi dana.
- (3) Pencantuman nama **PIHAK PERTAMA** sebagaimana dimaksud pada ayat (2), paling sedikit mencantumkan nama Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional.
- (4) Hasil penelitian adalah milik negara dan dihibahkan kepada **PIHAK KEDUA** melalui Berita Acara Serah Terima (BAST) untuk keberlanjutan pengembangan penelitian.

PASAL 9

INTEGRITAS AKADEMIK

- (1) Pelaksana penelitian wajib menjunjung tinggi integritas akademik yaitu komitmen dalam bentuk perbuatan yang berdasarkan pada nilai kejujuran, kredibilitas, kewajaran, kehormatan, dan tanggung jawab dalam kegiatan penelitian yang dilaksanakan.
- (2) Penelitian dilakukan sesuai dengan kerangka etika, hukum dan profesionalitas, serta kewajiban sesuai dengan peraturan yang berlaku.
- (3) Penelitian dilakukan dengan menjunjung tinggi standar ketelitian dan integritas tertinggi dalam semua aspek penelitian.

PASAL 10**KEADAAN MEMAKSA**

- (1) **PARA PIHAK** dibebaskan dari tanggung jawab atas keterlambatan atau kegagalan dalam memenuhi kewajiban yang dimaksud dalam **Kontrak Penelitian** disebabkan atau diakibatkan oleh peristiwa atau kejadian diluar kekuasaan **PARA PIHAK** yang dapat digolongkan sebagai keadaan memaksa (*force majeure*).
- (2) Peristiwa atau kejadian yang dapat digolongkan keadaan memaksa (*force majeure*) dalam **Kontrak Penelitian** ini adalah bencana alam, wabah penyakit, kebakaran, perang, blokade, peledakan, sabotase, revolusi, pemberontakan, huru-hara, serta adanya tindakan pemerintah dalam bidang ekonomi dan moneter yang secara nyata berpengaruh terhadap pelaksanaan **Kontrak Penelitian** ini.
- (3) Apabila terjadi keadaan memaksa (*force majeure*) maka pihak yang mengalami wajib memberitahukan kepada pihak lainnya secara tertulis, selambat-lambatnya dalam waktu 7 (tujuh) hari kerja sejak terjadinya keadaan memaksa (*force majeure*), disertai dengan bukti-bukti yang sah dari pihak yang berwajib, dan **PARA PIHAK** dengan itikad baik akan segera membicarakan penyelesaiannya.

PASAL 11**PENYELESAIAN PERSELISIHAN**

- (1) Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan **Kontrak Penelitian** ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat
- (2) Dalam hal tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat sebagaimana dimaksud pada ayat (1) maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum yang berlaku dengan memilih domisili hukum di Pengadilan Negeri Jakarta Pusat.

PASAL 12**AMANDEMEN KONTRAK**

Apabila terdapat hal lain yang belum diatur atau terjadi perubahan dalam **Kontrak Penelitian** ini, maka akan dilakukan amandemen **Kontrak Penelitian**.

PASAL 13**SANKSI**

- (1) (1) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan *telah berakhir*, **PIHAK KEDUA** tidak melaksanakan kewajiban sebagaimana dimaksud dalam Pasal 4 ayat (2), maka **PIHAK KEDUA** dikenai sanksi administratif.
- (2) Sanksi administratif sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dapat berupa penghentian pembayaran dan/atau Ketua Tim Pelaksana Penelitian tidak dapat mengajukan proposal penelitian dalam kurun waktu dua tahun berturut-turut.

PASAL 14
LAIN-LAIN

Dalam hal **PIHAK KEDUA** berhenti dari jabatannya sebelum **Kontrak Penelitian** ini selesai, maka **PIHAK KEDUA** wajib melakukan serah terima tanggung jawabnya kepada pejabat baru yang menggantikannya.

PASAL 15
PENUTUP

- (1) **Kontrak Penelitian** tahun jamak untuk penelitian lanjutan tahun anggaran sebelumnya dicabut dan dinyatakan tidak berlaku terhitung pada tanggal ditandatanganinya **Kontrak Penelitian** ini.
- (2) **Kontrak Penelitian** ini mulai berlaku pada tanggal ditandatanganinya **Kontrak Penelitian**.
- (3) **Kontrak Penelitian** ini dibuat rangkap 3 (tiga) bermaterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, dan biaya materai dibebankan kepada **PIHAK KEDUA**.

PIHAK PERTAMA



Agus Setyo Budi

NIP 196304261988031002

PIHAK KEDUA



Yudi Yulius



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
LEMBAGA LAYANAN PENDIDIKAN TINGGI WILAYAH III**

Jalan. SMA Negeri 14 Cawang Jakarta Timur 13630

Telepon (021) 8090275 Faksimile. (021) 8094679

BERITA ACARA PEMBAYARAN

TAHUN 2021

Pada hari ini Jumat tanggal dua puluh tiga bulan April tahun dua ribu dua puluh satu yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Agus Setyo Budi
Jabatan : Kepala
Alamat : Jalan SMA Negeri 14 Cawang Jakarta Timur 13630

Dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah III, dalam Berita Acara pembayaran ini selanjutnya disebut sebagai **PIHAK PERTAMA.**

Nama : Yudi Yulius
Jabatan : Rektor
NPWP : 013993589023000
Alamat : Jalan Diponegoro No. 74 Menteng, Jakarta Pusat

Dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Universitas Persada Indonesia Yai yang selanjutnya dalam Berita Acara Pembayaran ini disebut sebagai **PIHAK KEDUA.**

A. Berdasarkan:

1. No. dan tanggal DIPA: SP DIPA-042.06 1.401516/2021, 23 Nov 2020.
2. No. dan Tanggal Kontrak: 1241/LL3/PG/2021 Tanggal 23 Maret 2021.
3. Nilai Kontrak: Rp 643.353.000,00
4. Uraian Pekerjaan: Pelaksanaan Kontrak Penelitian.

B. Berdasarkan kontrak tersebut, maka **PIHAK KEDUA** berhak menerima pembayaran dari **PIHAK KESATU** dengan rincian sebagai berikut:

1. Pembayaran Tahap I (satu).
2. Perhitungan Pembayaran.
3. Jumlah pembayaran phisik BAP ini Rp 238.432.000,00
4. Jumlah pembayaran phisik s/d BAP lalu Rp. -
5. Jumlah pembayaran phisik s/d BAP ini Rp 238.432.000,00

C. Pihak kedua setuju atas jumlah pembayaran tersebut diatas dan dibayarkan melalui BANK MANDIRI Rekening No. 1230005943313 atas nama Yayasan Administrasi Indonesia (YAI) – Univ PERSADA INDONESIA

PIHAK PERTAMA



Agus Setyo Budi

NIP 196304261988031002

PIHAK KEDUA



Yudi Yulius



Laporan Akhir

Filter: 2021

| No | Program | Judul | Berkas | Aksi |
|----|---|--|--------|------|
| 1 | Penelitian Kompetitif Nasional Penelitian Terapan Tahun Ke 1 Dari 3 tahun Tahun Pelaksanaan : 2021 Sudah Unggah ✓ | PENGEMBANGAN ELEMEN STRUKTUR BETON PRATEGANG PRACETAK UNTUK GEDUNG BERTINGKAT TINGGI DAN JALAN LAYANG PADA WILAYAH GEMPA | | |



Laporan Kemajuan

Filter: 2021

| No | Program | Judul | Berkas | Aksi |
|----|---|--|--------|------|
| 1 | Penelitian Kompetitif Nasional Penelitian Terapan Tahun Ke 1 Dari 3 tahun Tahun Pelaksanaan : 2021 Sudah Unggah ✓ | PENGEMBANGAN ELEMEN STRUKTUR BETON PRATEGANG PRACETAK UNTUK GEDUNG BERTINGKAT TINGGI DAN JALAN LAYANG PADA WILAYAH GEMPA | | |



Daftar Usulan Penelitian didanai

Filter dropdown menu showing the year 2021

| No | Skema | Judul | Tahun Usulan | Tahun Pelaksanaan | Bidang Fokus | Total Dana | Dokumen | Status Usulan | Aksi |
|----|--------------------|--|--------------|-------------------|--------------|-------------|---------|-------------------|------|
| 1 | Penelitian Terapan | PENGEMBANGAN ELEMEN STRUKTUR BETON PRATEGANG PRACETAK UNTUK GEDUNG BERTINGKAT TINGGI DAN JALAN LAYANG PADA WILAYAH GEMPA | 2019 | 2021 | Kebencanaan | 238,432,000 | | Sudah Di Perbaiki | |