

## Metode Kerja Pemakaian *Double Friction* Pendulum pada Bangunan (Studi Kasus: Gedung InaTEWS BMKG Jakarta)

Kesanover\*, Jimmy Chandra, Hotma Antoni Hutahaean

Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Biosains, Teknologi, dan Inovasi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jalan Jenderal Sudirman 51 Jakarta 12930

Article Info	Abstract
<p><i>Article history:</i></p> <p>Received 02 December 2025</p> <p>Accepted 07 April 2026</p> <p><i>Keywords:</i> <i>Double Friction Pendulum, Prototype Test, Production Test, Horizontal Lateral Force, Jacking.</i></p>	<p><i>BMKG, as one of the earthquake agencies in Indonesia, has built the Indonesia Tsunami Early Warning System (InaTEWS) Operational System Buildings in Jakarta and Bali. These buildings use earthquake horizontal force damping technology, employing two systems: the Double Friction Pendulum for the Jakarta building and the Lead Rubber Bearing for the Bali building. The Double Friction Pendulum is a new technology in Indonesia that can reduce lateral forces, so that the forces that occur are only 15% of the total maximum forces. The Double Friction Pendulum is produced by Freyssinet Italia SpA, with the patent holder in Indonesia being PT. Freyssinet Indonesia. Its use in the field follows structural planning analysis in accordance with SNI 1726:2019 regarding earthquake-resistant building design in Indonesia, and AASHTO LRFD as an international reference. The Double Friction Pendulum used must undergo Prototype Testing and Production Testing before it is deemed suitable for use. In its implementation, the Double Friction Pendulum is installed once the upper floor structure of the building has been completed, requiring careful analysis and calculations in placing the Double Friction Pendulum on the building's foundation.</i></p>

Info Artikel	Abstrak
<p><i>Histori Artikel:</i></p> <p>Diserahkan: 02 Desember 2025</p> <p>Diterima: 07 April 2026</p> <p>Kata Kunci: <i>Double Friction Pendulum, Prototipe Test, Production test, Gaya Lateral Horizontal, Jacking.</i></p>	<p>BMKG sebagai salah satu Badan Kegempaan di Indonesia membangun Gedung Sistem Operasional Indonesia Tsunami <i>Early Warning System</i> (InaTEWS) di Jakarta dan Bali. Gedung ini menggunakan teknologi peredam gaya <i>horizontal</i> gempa dengan menggunakan 2 <i>system</i> yaitu <i>Double Friction Pendulum</i> untuk Gedung Jakarta, dan <i>Lead Rubber Bearing</i> untuk Gedung Bali. <i>Double Friction Pendulum</i> adalah teknologi baru di Indonesia yang dapat mereduksi gaya lateral, hingga gaya yang terjadi hanya 15 % dari total gaya maksimal yang ada. <i>Double Friction Pendulum</i> diproduksi oleh Freyssinet Italia SpA dengan pemegang hak paten di Indonesia PT Freyssinet Indonesia. Dasar pemakaian dilapangan mengikuti analisa struktur perencana dengan mengikuti SNI 1726:2019 tentang perencanaan bangunan kegempaan di Indonesia, dan LRFD AASHTO sebagai rujukan Internasional. <i>Double Friction Pendulum</i> yang digunakan harus dilakukan <i>Prototype Test</i> dan <i>Produksi Test</i> sebelum dinyatakan layak dipakai. Dalam pelaksanaannya <i>Double Friction Pendulum</i> dipasang pada saat pekerjaan struktur bangunan lantai atas telah selesai, sehingga memerlukan analisa dan perhitungan yang cermat dalam menempatkan <i>Double Friction Pendulum</i> di pondasi bangunan.</p>

\*Corresponding author. Kesanover  
Email address: [kesanover@gmail.com](mailto:kesanover@gmail.com)

## 1. PENDAHULUAN

Belajar dari bencana yang terjadi pada tahun 2018, prioritas utama peningkatan ketangguhan bencana terletak pada lima bidang utama, antara lain:

- a) Investasi dalam pengurangan risiko bencana, termasuk di dalamnya pengembangan informasi risiko dan perencanaan tata ruang, mitigasi risiko seismik dan manajemen risiko banjir perkotaan.
- b) 6 kesadaran dan kesiapsiagaan masyarakat, termasuk perencanaan darurat pada tingkat masyarakat dan edukasi risiko bencana.
- c) Kapasitas sistem peringatan dini, *forecasting* berbasis dampak, peringatan bencana yang tepat waktu dan lebih akurat, serta komunikasi jarak jauh yang didukung oleh jaringan pemantauan yang terintegrasi dan sesuai dengan tujuan.
- d) Kapasitas manajemen darurat, khususnya bagi Pemerintah Daerah agar memadai untuk respon yang cepat dan andal terhadap berbagai bencana.
- e) Perencanaan pembangunan yang tangguh terhadap bencana.

Kepala Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Dwikorita Karnawati menjelaskan untuk menjawab persoalan tersebut, saat ini BMKG sedang membangun Gedung Sistem Operasional Indonesia Tsunami *Early Warning System* (InaTEWS). Gedung ini dibangun di lingkungan Kantor Pusat BMKG, Kemayoran, Jakarta Pusat. "Sistem ini dirancang untuk memberikan informasi cepat dan akurat kepada masyarakat dan pihak terkait ketika terjadi gempa bumi yang berpotensi memicu tsunami," kata Dwikorita dalam acara groundbreaking pengembangan Sistem Operasional InaTEWS, Rabu (31/1). (Meteorologi, B. (2024)).

Proyek BMKG InaTEWS, yang merupakan bagian dari Proyek Inisiatif Ketangguhan Bencana Indonesia (IDRIP), berfungsi sebagai pusat operasional dan komputasi untuk Sistem Peringatan Dini Tsunami Indonesia (InaTEWS). Proyek ini melibatkan pembangunan dua gedung satu di Jakarta dan satu lagi di Bali. Mengingat peran penting fasilitas ini, keduanya ditetapkan sebagai bangunan Kategori Risiko IV. Untuk meningkatkan kinerja dan memastikan fungsionalitas setelah gempa besar, masing-masing gedung akan dilengkapi dengan isolasi dasar sebagai sistem perlindungan gempa pasif.

Fasilitas di Jakarta menggunakan teknologi *Friction Pendulum* (FP), menjadikannya gedung pertama di Indonesia dan Asia Tenggara yang menerapkan sistem ini. Sementara itu, fasilitas di Bali menggunakan *Lead Rubber Bearings* (LRB). Gedung InaTEWS Jakarta adalah bangunan delapan lantai dengan dua lantai basement, satu untuk penggunaan fungsional dan satu lagi khusus untuk ruang isolasi dasar. Sebaliknya, fasilitas di Bali, yang berfungsi sebagai sistem cadangan, akan menjadi bangunan tiga lantai dengan satu basement untuk isolasi dasar.

## 2. TINJAUAN LITERATUR

### 2.1. Kriteria Desain Friction Pendulum

Gedung Inatews Jakarta dan Bali, didesain oleh Ir. Davi Sukamta, dengan fungsi sebagai Tsunami Early Warning System, yang harus didesain harus memiliki ketahanan gempa yang memadai sesuai ketentuan (Nasional, B. S, 2012). Atas dasar fungsi bangunan tersebut sangat istimewa dan dibutuhkan maka gedung ini direncanakan dengan resiko Kategori IV yang memang ditujukan untuk fasilitas kritikal seperti tempat perlindungan darurat (*emergency shelter*), rumah sakit, fasilitas kesiapan darurat, komunikasi dan pusat operasi tanggap darurat.

Inatews Jakarta juga berfungsi sebagai pusat komputasi sehingga harus memenuhi SNI 8799-1:2019 / TIA 942-B-201 (Nasional, B. S. 2019). Pada aspek ketahanan gempa, SNI 8799-1:2019 mensyaratkan minimum Kategori Resiko II sesuai SNI 1726:2019. Dengan demikian pemilihan Kategori Resiko IV telah melebihi persyaratan minimum pusat data komputasi.

### 2.1.1. Pemilihan Sistem

Untuk mencapai performa yang tinggi pada gedung Inatews ini dengan Kategori Resiko IV, system isolasi dasar akan digunakan *system* rangka pemikul momem khusus sebagai *system* lateral. Sistem gravitasi terdiri dari balok dan kolom konvensional.

### 2.1.2. Skema Sistem Isolasi

Sistem isolasi dasar akan (*seismically isolated structure*) terdiri dari bagian diam (*basement/ramp*) dan bagian bergerak (*base-isolated structure*). Sinar dilatasi gempa harus disediakan pada segala arah yang mengelilingi tapak tower/bagian bergerak untuk mengakomodasi pergerakan dari tower (bagian bergerak). Unit isolasi dasar pada gedung InaTEWS Jakarta, *system* isolasi akan berada di bawah *basement* 1. Setiap kolom tower akan ditumpu oleh satu unit isolasi dasar.

### 2.1.3. Kebutuhan Pergerakan Bebas Sistem Isolasi Dasar dan Implikasi pada Disiplin Lain

*Layout basement* harus diatur sedemikian rupa agar *system* terisolasi dapat bergerak secara bebas dalam tapak tower. Pemanfaatan ruang arsitektur, dinding arsitektur, tangga, akses *ramp*, *shaft* dan *system* distribusi MEP harus mampu mengakomodasi pergerakan struktur.

### 2.1.4. Pemilihan Sistem Isolasi

Terdapat berbagai jenis *base* isolator yang tersedia di pasaran seperti *Lead Rubber Bearing* (LRB) dan *Friction* Pendulum (FP). Kedua jenis isolator memiliki kelebihan dan keterbatasan.

LRB memiliki keterbatasan pada aspek kapasitas deformasi dan kapasitas tarik yang rendah namun unggul dalam aspek TKDN. Konsueksi rendahnya kapasitas di atas, LRB tidak tepat digunakan untuk bangunan dengan konfigurasi langsing. Sementara *friction* pendulum memiliki kelebihan dari kapasitas deformasi yang besar dan memiliki keterbatasan dalam aspek TKDN. Karena kelebihan kapasitas tersebut, maka *friction* pendulum merupakan *system* isolator yang tepat digunakan untuk bangunan langsing.

Pada kasus Inatews Jakarta, lahan yang terbatas dan kebutuhan pusat komputasi menghasilkan konfigurasi bangunan yang langsing dengan momem guling yang besar akibat gempa. Studi yang telah dilakukan menunjukkan bahwa *friction* pendulum harus digunakan untuk InaTEWS Jakarta.

### 2.1.5. Pemilihan Material *Friction* Pendulum

Pemilihan *friction* pendulum pada bangunan InaTEWS ini, setelah dilakukan analisis oleh perencana Ir. Davi Sukamta, diperoleh data dan ditetapkan dalam Spesifikasi Teknis pekerjaan sebagai berikut:

- a. Jenis isolasi dasar yang digunakan adalah Double Friction Pendulum (FP)
- b. FP yang digunakan terdiri dari 2 ukuran yang mempunyai perbedaan dalam kapasitas penerimaan beban lateral sesuai analisa struktur.

- c. Parameter properti batas atas (*upper bound*) dan batas bawah (*lower bound*) harus ditetapkan berdasarkan SNI 1726 dan ASCE namun tidak terbatas pada *aging effects and environmental conditions* (temperatur), *heating, rate of loading, scragging, and manufacturing variation*.
- d. Unit isolasi dasar yang digunakan haruslah dipastikan kualitasnya dan diproduksi oleh manufaktur yang terpercaya. Manufaktur terpilih harus menyediakan dokumen *control* kualitas produksi serta spesifikasi teknis isolasi dasar yang akan digunakan.
- e. Setiap tipe unit isolator yang digunakan harus memiliki uji prototipe (*prototype test*). Benda uji harus berukuran penuh (*full-scale prototype*) dan seluruh unit isolator yang digunakan/dipasang harus melalui uji produksi (*production test*).
- f. Syarat penerimaan hasil pengujian prototipe dan produksi harus dilakukan menurut ketentuan ASCE 7 Chapter 17 atau SNI 1726:2019 Bab 12.
- g. Properti individual dan rata rata seluruh hasil pengujian harus berada dalam rentang *upperbound* dan *lowerbound* isolator yang digunakan.
- h. Angkur isolator harus mampu menahan gaya maksimum sesuai properti batas atas dan bawah. Perhitungan angkur harus memenuhi ketentuan ACI 318-14.
- i. Sistem *base plate* dan angkur isolator yang digunakan harus memungkinkan proses pergantian isolator tanpa melakukan langkah destruktif terhadap elemen struktur bangunan.

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Persyaratan Material

Dalam pemilihan material, perancang (Sukamta & Alexander, 2020)) mensyaratkan sebagai berikut:

- a. Sebelum unit isolator dipasang, harus dilakukan inspeksi visual atas unit isolator yang akan digunakan untuk memastikan tidak adanya cacat/kerusakan unit isolator serta menjamin dimensi unit isolator memenuhi toleransi yang ditetapkan.
- b. Kontraktor bertanggung jawab memastikan stabilitas dan kekuatan seluruh komponen struktur selama proses konstruksi berlangsung yang berhubungan dengan metode pelaksanaan termasuk penggunaan penopang sementara atau peralatan konstruksi lainnya.

#### 3.2. Pemilihan Material

Material *Double Friction* Pendulum yang akan dipakai adalah produksi Freyssinet PC Italia SpA yang memiliki distributor dan pemegang Licenci Importir di Indonesia yaitu Freyssinet Indonesia (Freyssinet Indonesia, 2022). Rencana penempatan *Double Friction* Pendulum adalah pada setaip kolom yang bebas dari dinding beton keliling (*retaining wall*) dan tidak berhubungan langsung dengan tanah.

Analisa kapasitas bolts angkur yang dipakai dan ditanam ke pedestal kolom yang sudah dibesarkan dimensinya, harus merujuk atas LRFD §6.12.2.7 AASHTO. Beton *grouting* atau masonry grout pada pertemuan beton dengan beban vertikal yang ada, harus dicek kekuatannya berdasarkan AASTHO LFRD § 5.7.5

### 3.2. Test Product Double Friction Pendulum

Setiap tipe unit isolator yang digunakan harus memiliki uji prototipe (*prototype test*) dan uji produksi (*production test*). *Double Friction* Pendulum yang ditest dalam ukuran penuh (*full-scale prototype*) sesuai dimensi yang diajukan (PS 12266.1044 dan PS 22919.1044). Syarat pengujian dan syarat penerimaan hasil uji harus sesuai dengan ketentuan menurut ASCE 7 Chapter 17 atau SNI 1726:2019 Bab 12.8.1.

Berdasarkan hasil *test* sesuai dengan laporan FPC Italia SpA, sebagai produsen untuk *Double Friction* Pendulum ini, yang dilakukan 20 – 23 September 2024 dengan protokol pengujian mengacu pada standar ASCE 7-16 Chapter 17 / SNI 1726-2019 Bab 12 dan berdasarkan review hasil Prototipe Test dan *Production Test* dari FP Italia SpA tentang produk DFC nya sebagai berikut :

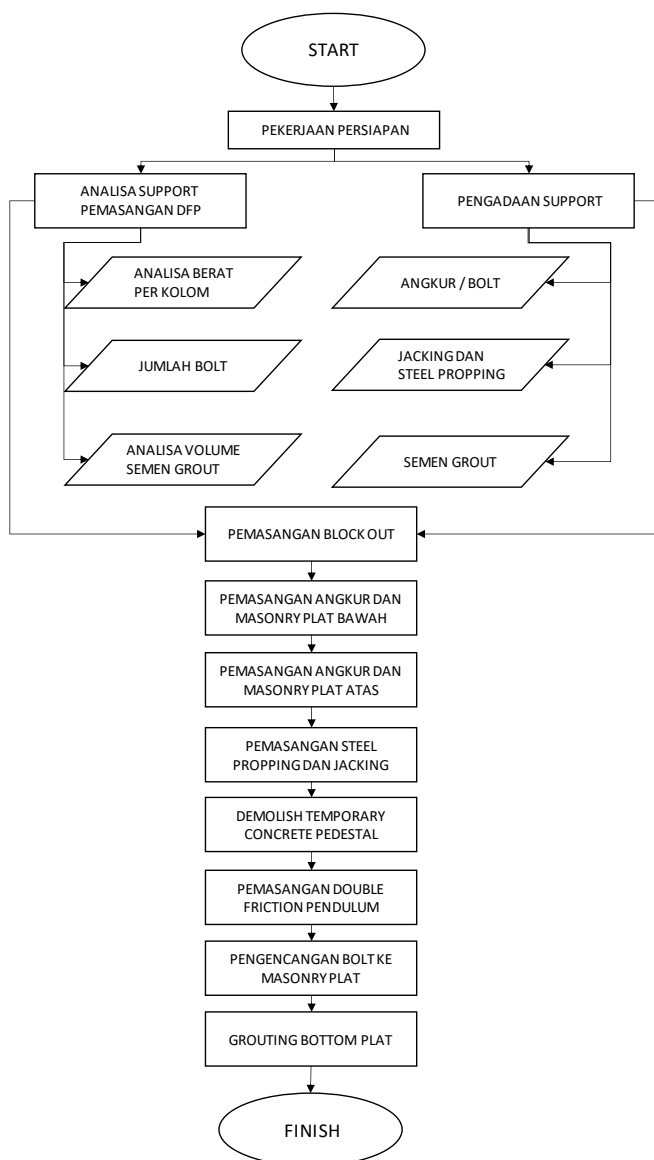
No	Kriteria Penerimaan	Hasil Test
1	The force-deflection plot shall have a positive incremental force-resisting capacity	All test force-displacements plots <b>have a positive incremental</b> force-resisting capacity
2	At test displacement $1.0D_M$ , the average postyield stiffness, $K_d$ , and energy dissipated per cycle, EDC, for the three cycles of test, for the vertical load equal to $PL_{Tavg}$ , shall fall within the range of the nominal design values defined by the permissible individual isolator range, which are typically $\Delta = \pm 5\%$ greater than the $\lambda_{spec,min}$ and $\lambda_{spec,max}$ range for the average of all isolators	At test displacement $1.0D_M$ , the average energy dissipated per cycle, EDC, for the three cycles of test, for the vertical load equal to $PL_{Tavg}$ , <b>falls within the range</b> of the nominal design values defined by the permissible individual isolator range, which are $\Delta = \pm 5\%$ greater than the $\lambda_{spec,min}$ and $\lambda_{spec,max}$ .
3	At test displacement $0.67D_M$ and $1.0D_M$ and for each vertical load, the value of the postyield stiffness $K_d$ at each cycle at a common displacement shall fall within the range defined by $\lambda_{test,min}$ and $\lambda_{test,max}$ multiplied by the nominal value of postyield stiffness.	For the sliding isolators, whether flat or spherical, $K_d$ is equal to $N/R_{eq}$ , thus is just dependent on the radius of curvature that is a parameter that is controlled with high accuracy. Therefore, no changes in $K_d$ value and no check required
4	For each specimen there is no greater than a 20% change in the initial effective stiffness over the cycles.	For each specimen there is no greater than a 20% change in the initial effective stiffness over the cycles.
5	For each test specimen the value of the postyield stiffness, $K_d$ , and energy dissipated per cycle, EDC, for any cycle of tests shall fall within the range of the nominal value defined by $\lambda_{test,min}$ and $\lambda_{test,max}$ .	For each test specimen the value of energy dissipated per cycle, EDC, for any cycle of tests, falls within the range of the nominal value defined by $\lambda_{test,min}$ and $\lambda_{test,max}$ .
6	For each specimen there is no greater than a 20% decrease in the initial effective damping over the cycles.	For each specimen there is no greater than a 20% decrease in the initial effective damping over the cycles.
7	All specimens shall remain stable	<b>PS 12266.1044 (PS 01)</b> The specimens remained stable during one fully reversed cycle at the total maximum displacement $D_{TM}$ under the minimum and maximum seismic loads applied 12266 kN and 1500 kN.  <b>PS 22919.1044 (PS 02)</b> The specimens remained stable during one fully reversed cycle at the total maximum displacement $D_{TM}$ under the minimum and maximum seismic loads applied 13000 kN and 2500 kN.

Dapat disimpulkan analisa atas laporan hasil *test* sebagai berikut:

No	Kriteria Penerimaan	Hasil Test
1	<p>The mean results of all tests shall fall within the range of values defined by the <math>\lambda_{spec,max}</math> and <math>\lambda_{spec,min}</math> values. A different range of values is permitted to be used for individual isolator units and for the average value across all isolators of a given unit type.</p> <p>Percentage of variation for the test shall be as follows :</p> <p>± 15 % for individual isolators</p> <p>± 10 % for the medium of all isolators</p>	<p>For all tested isolators, the average energy dissipated per cycle, EDC, for the three cycles of test, falls within the range of the nominal design values defined by the permissible individual isolator range (<math>\Delta = \pm 15\%</math>). While for the medium of all isolators, the EDC value, falls within the range of <math>\lambda_{spec,max}</math> and <math>\lambda_{spec,min}</math> (<math>\Delta = \pm 10\%</math>).</p>

### 3.3. Metode Pemasangan

Secara umum, metode kerja pemasangan *Double Friction* Pendulum

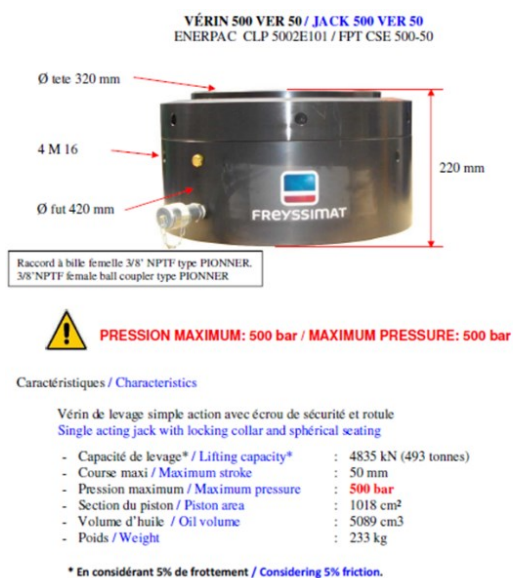


**Gambar 1.** Metode Kerja Pemasangan *Double Friction* Pendulum

### a. Analisa Gaya Angkat *Nut Jacking*

Dengan pemakaian *nut jacking* kapasitas 400-500 ton, maka perletakkannya disesuaikan dengan perhitungan analisa pembeban tiap kolom agar *temporary support* dapat menahan gaya lateral selama pemasangan, dan proses konstruksi tetap berlanjut. Posisi *nut jacking* sesuai gambar 2.

*Nut jacking* adalah *jacking* berkapasitas tertentu yang dapat menahan besar di atasnya sesuai spesifikasi alat produksinya. Alat ini diperlukan agar DFC dapat diletakkan pada posisinya tanpa mengganggu pekerjaan di atasnya (karena DFC dipasang setelah konstruksi fisik berlangsung).



### Gambar 2.

#### Posisi *Nut Jacking*

### b. Pemasangan *Block Out* Angkur dan Masonry Plat

Pemasangan *block out* angkur dan masonry plate sebagai berikut:

- Pasang *block out* angkur pendulum bearing sebelum pengecoran kolom pedestal dilakukan. Material untuk pembuatan *2block out* angkur disarankan menggunakan *corrugated steel duct* guna memberikan perilaku *bonding* yang baik antara material *grouting* dengan beton.
- Posisikan angkur dan masonry plate bawah ke lubang *block out* pada pedestal.

### c. Pemasangan *Nut Jack* dan *Transfer Load*

Pemasangan *nut jack* dan *transfer load* sebagai berikut:

- Pasang dan posisikan steel *propping* di bagian bawah balok.
- Pasang dan posisikan *lock nut jack* tepat di atas steel *propping*.
- *Load* sebagian dengan cara mengaktifkan *lock nut jack* hingga gaya pada kedua *jack* telah mencapai 50% dari beban aksial kolom.
- Proses *transfer load* pada kedua *jack* secara simultan dan perlahan. Apabila *jack* telah menerima 50% beban kolom, kunci dan kencangkan *lock nut* pada *jack*.

### d. Pemasangan *Double Friction* Pendulum

Pemasangan *double friction* pendulum sebagai berikut:

- Pasang pendulum bearing dengan cara memasang baut yang menghubungkan antara pelat pendulum bearing dengan masonry plate.

- *Grouting block out* angkur dan gap antara pelat bawah pendulum *bearing* dengan kolom pedestal.

#### e. **Grouting Masonry Plate dan Beton Pedestal**

*Grouting masonry plate* dan beton pedestal sebagai berikut:

- Isi celah antara *masonry plate* dengan beton pedestal dan *block out* angkur sampai penuh dan semua terisi.
- Pastikan terisi semua lubang dan celah.

#### f. **Pelepasan Transfer Load dan Nut Jack**

Pelepasan *transfer load* dan *nut jack* sebagai berikut:

- Apabila umur *grouting* bagian bawah telah mencapai kekuatan minimum untuk menahan beban, lakukan *transfer load* dari *lock nut jack* ke pendulum *bearing*.
- Proses *transfer load* dari *lock nut jack* ke pendulum *bearing* dilakukan dengan cara melakukan *flame cutting* kembali pada sebagian *steel propping*. Proses pemotongan ini juga harus dilakukan secara perlahan.

Setelah *steel propping* dan *jack* dilepas maka pekerjaan pemasangan pendulum selesai dan dapat dilanjutkan kembali dengan konstruksi struktur atas.

### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

- a. Gedung InaTEWS BMKG adalah gedung pusat kegempaan nasional yang berfungsi sebagai gedung pendeteksi dan peringatan dini gempa secara nasional.
- b. Gedung InaTEWS BMKG menggunakan *friction* pendulum tipe *Double Friction* Pendulum produksi FPC Italia SpA, yang dikerjakan dan dipasang langsung oleh Freeyssynet Indonesia sebagai perwakilan FPC Italia SpA di Indonesia.
- c. Pemilihan *Double Friction* Pendulum dimaksudkan agar bisa mereduksi gaya lateral gempa yang terjadi hingga gaya yang terjadi hanya 15% dari gaya seluruhnya.
- d. *Double Friction* Pendulum yang telah dipilih dan terpasang sudah melalui *Production Test* dan Prototipe Tes di pabrik pembuat FPC Italia SpA.
- e. Pemasangan *Double Friction* Pendulum dilakukan selama 2 bulan dengan menggunakan *masonry plate*, *nut jacking*, bolt angkur produksi dalam negeri.

### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Atas selesainya jurnal dan laporan atas Metode Kerja *Friction* Pendulum di gedung InaTEWS Jakarta ini, kami mengucapkan terima kasih kepada :

- PPK Pembangunan Gedung InaTEWS BMKG Jakarta.
- Freessynet Indonesia sebagai Perwakilan FPC Italia SpA yang telah menatangkan dan memasang *Double Friction* Pendulum.
- Team Leader Konsultan MK Proyek Pembangunan Gedung InaTEWS BMKG Jakarta.
- Dosen Assesor 1 dan Assesor 2, Program Profesi Insinyur Unika Atmajaya Jakarta.
- Politeknik Negeri Jakarta, yang telah memberi kesempatan menjelaskan dan memberi kuliah umum tentang *Friction* Pendulum
- Semua pihak yang tidak mungkin disebutkan satu persatu yang telah membantu dan memberi semangat atas selesainya Jurnal ini.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

1. Meteorologi, B. (2024). Peringatan Dini Cuaca Ekstrem. Diakses tanggal 5 Februari 2024.
2. Nasional, B. S. (2012). Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. *Sni*, 1726, 2012.
3. Nasional, B. S. (2019). Teknologi informasi — Pusat data — Bagian 1: Panduan spesifikasi teknis pusat data. *Sni*, 8799-1:2019.
4. Sukamta, D., & Alexander, N. (2020, September). Seismic design of a super-tall building: Indonesian experience. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 156, p. 05020). EDP Sciences.
5. Freyssinet Indonesia. (2022). "*Laporan Analisa Struktur: Pekerjaan Friction Pendulum Jembatan X*", PT Freyssinet Total Technology, Jakarta, Laporan Teknis, 2022.