

# PELAKSANAAN POST-TENSIONING UN-BONDED SLAB PADA STRUKTUR GEDUNG 43 LANTAI APARTEMEN CITYLOFTS JAKARTA

J.Tjintatmijarsa, Yohanes Prakoso R., Muhammad Aras Lapong

## 1. Pendahuluan

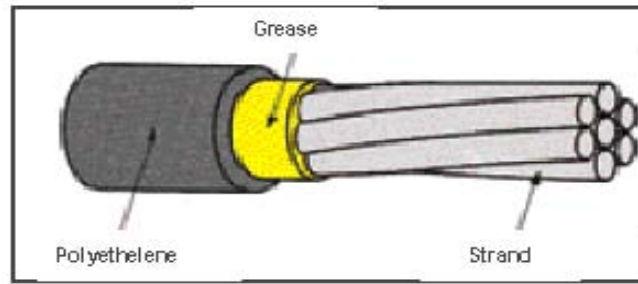
Post-tensioning slab pada Tower Citylofts yang telah selesai pelaksanaannya strukturnya pada Januari 2007 merupakan satu contoh aplikasi prestres pelat beton pada gedung tinggi di Jakarta. Struktur dengan 43 lantai dan 3 basemen akan menjadi area komersial, kantor dan apartemen sekitar Jl.Sudirman dan Jl.KH.Mas Mansyur. Post-tensioning slab seperti diketahui adalah pilihan karena memberikan solusi terhadap panjang bentang dan tinggi antar lantai yang efisien yang pada akhirnya mereduksi berat struktur. Sedangkan pada aspek pelaksanaan akan menunjang kemudahan & kecepatan pelaksanaan yang berulang dari lantai ke lantai dengan pemakaian jumlah perancah yang optimum. Pelat lantai dilakukan pengecoran secara langsung dengan menggunakan kombinasi table form dan perancah konvensional.

Sistem prestres flat slab satu arah, umumnya diterapkan pada bentang (7 ' 12) meter, digunakan pada struktur pelat Citylofts karena penempatan paralel struktur dinding geser membuat bentang tipikal 10.8 meter dari keseluruhan 8 bentang. Apartemen dengan konsep lofts yang menawarkan kepemilikan dua lantai sekaligus sebagai kombinasi fungsi kantor & tempat hunian adalah post-tensioning slab pada lantai 8 s/d41 dengan tebal pelat masing-masing 210 mm & 220 mm untuk lantai ganjil dan genap. Adapun tinggi lantai ke lantai pada semua lantai prestres adalah 2.7 meter.

Beberapa struktur gedung yang telah dilaksanakan dengan sistem un-bonded ini antara lain adalah Ratu Plaza (1978) dirancang oleh Prof.Kiyoshi Muto, Gajahmada Plaza (1983) oleh T.Y.Lin International, dan terakhir Citylofts (2006) oleh Wong Hobach Lau International yang semuanya di Jakarta. Berbeda dengan prestres sistem bonded dimana selubung strand (steel duct) diisi semen grout, maka komponen un-bonded PT-Slab terdiri dari individual strand yang dilapisi oleh grease kemudian diselubungi oleh pipa polyethylene yang sekaligus sebagai proteksi terhadap karat.

## 2. Sistem Unbonded PT-Slab

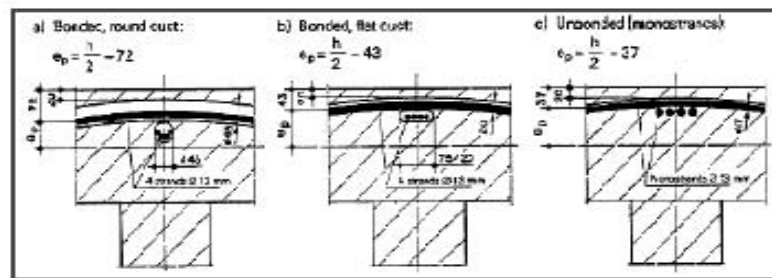
Un-bonded tendon terdiri dari komponen strand yang dilapisi oleh grease dan dibungkus oleh pipa plastik yang terbuat dari bahan polypropylene atau polyethylene dengan ketebalan 1 mm. Pipa plastik berfungsi sebagai perlindungan utama terhadap karat dan grease sebagai perlindungan kedua (Gambar-1). Kedua lapisan ini juga berfungsi untuk mencegah adanya lekatan antara strand dengan beton di sekelilingnya. Strand yang sudah dibungkus ini kemudian disebut tendon monostrand.



Gambar-1

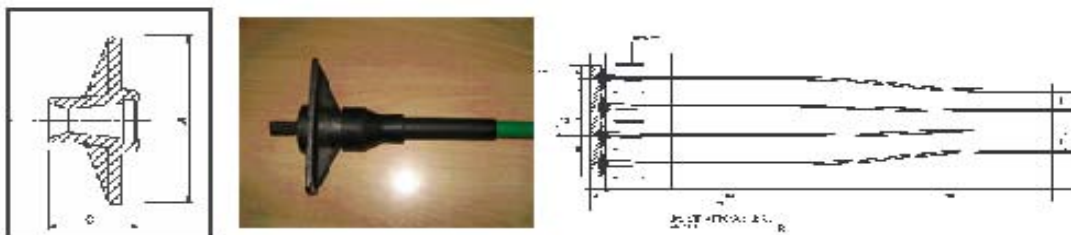
Beberapa keuntungan penggunaan sistem unbonded adalah:

1. Eksentrisitas tendon mencapai maksimum, khususnya untuk pelat slab yang tipis (Gambar-2).
2. Perlindungan yang optimal terhadap karat.
3. Instalasi mudah dan cepat.
4. Friksi lebih kecil sehingga losses yang terjadi juga lebih kecil
5. Tidak membutuhkan pekerjaan grouting.



Gambar-2

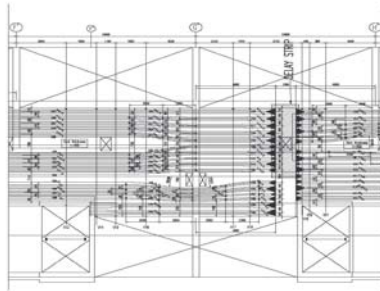
Strand yang digunakan dalam proyek ini adalah Seven wire stress-relieve uncoated strand standar ASTM A-416-90, Grade 270 dengan diameter 12.7 mm (0.5"). Breaking load strand adalah 183.7 kN dan yield strength 165.3 kN. Proses fabrikasi, greasing dan sheating seluruhnya dikerjakan di pabrik untuk menjaga kualitas monostrand. Di lapangan hanya dilakukan pekerjaan pemotongan dan pemasangan angkur.



Gambar-3

Tipe angkur S5-CP dipilih untuk melengkapi sistem unbonded PT-Slab (Gambar-3). Angkur ini dipasang baik pada posisi angkur hidup maupun angkur mati. Untuk tendon dengan panjang < 30 meter penarikan (stressing) dilakukan dari satu arah, sedangkan

untuk tendon dengan panjang > 30 meter penarikan dilakukan dari 2 arah. Posisi angkur hidup diletakkan di shear wall tepi dan di delayed strip (dilatasi) sebagai tumpuan (Gambar-4).

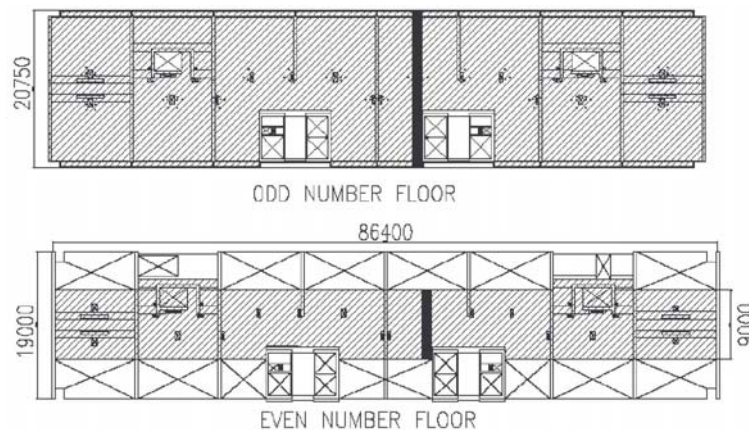


Gambar-4

Terdapat dua tipe tendon yang fungsinya masing-masing sebagai penahan beban gravitasi (momen lentur) dan penahan temperatur. Gaya prategang efektif yang direncanakan untuk masing-masing tendon adalah 11.70 ton.

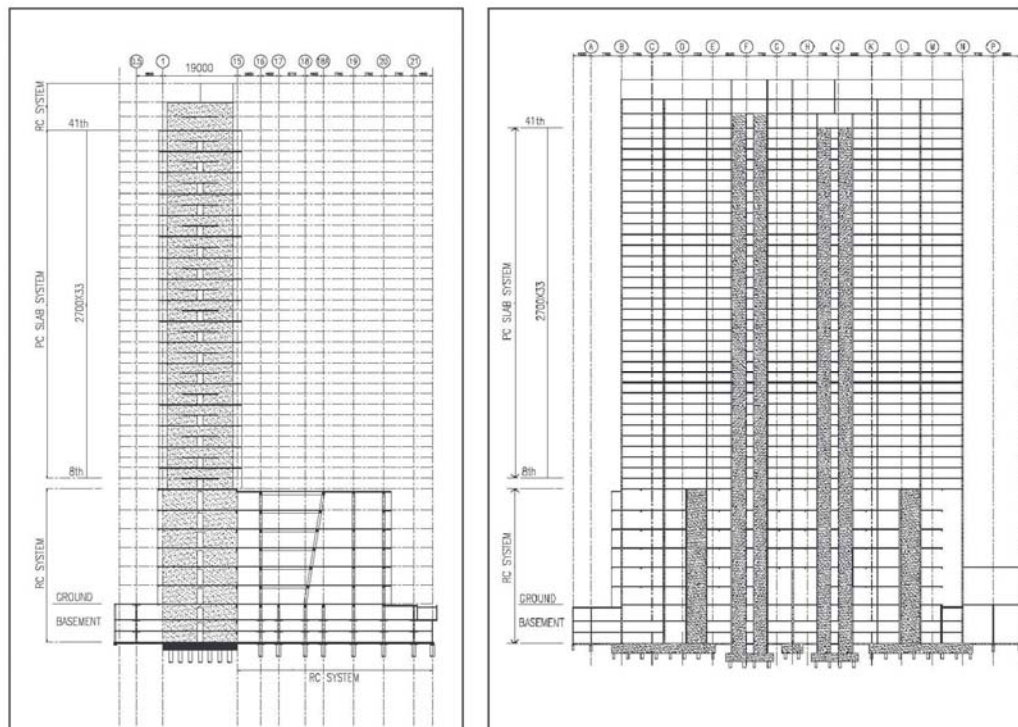
### 3. Tinjauan Struktur Citylofts

Struktur Tower Citylofts dengan total ketinggian 128.350 meter terhadap lantai dasar, memiliki 9 shear wall dan 4 core wall, mulai dari basemen-3 hingga lantai 7 yang menggunakan sistem balok dan pelat beton konvensional, kemudian lantai 8 s/d 41 adalah struktur pelat beton dengan menggunakan post-tensioning (Gambar-5), dan lantai 42 & 43 kembali struktur balok dan pelat beton konvensional. Bangunan ini terdiri dari: 3 basemen untuk lantai parkir dan utilitas, 6 lantai perkantoran dan pusat perbelanjaan, dan 36 lantai apartemen. Secara umum tinggi antar lantai masing-masing 2.9 meter pada basemen, 4.8 meter pada perkantoran dan pusat perbelanjaan, dan 2.7 meter pada apartemen.



Gambar-5

Apartemen dengan konsep lofts yang menawarkan kepemilikan dua lantai sekaligus sebagai kombinasi kantor & tempat hunian, memiliki luas per lantai sekitar 1700m<sup>2</sup> dan 780 m<sup>2</sup> masing-masing untuk lantai ganjil dan genap. Penerapan sistem prestres pada lantai 8 s/d 41 dilakukan 1 arah dengan keseluruhan 8 bentang dengan panjang tiap bentang 10.8 meter. Struktur tower Citylofts akan dihubungkan dengan struktur podium yang memiliki 3 basemen dan 7 lantai di atasnya yang difungsikan sebagai perkantoran dan pusat perbelanjaan (Gambar-6). Pada tahap konstruksi dibuat pemisahan yang jelas berupa dilatasi antara struktur tower dan podium. Sedang pengecoran dilatasi tersebut dikerjakan setelah kedua struktur telah selesai secara keseluruhan.



Gambar-6

Apartemen Cityloft mengungkap konsep mezanin, dengan konsep ini maka 1 unit apartemen terdiri dari 2 lantai yaitu lantai utama dan lantai mezanin. Lantai utama dimulai dari level 7, 9, 11, 13,.....dst. (lantai ganjil). Dimensi lantai ini adalah 10.8 m x 19.2 m dengan tebal slab 210 mm. Lantai Mezanin dimulai dari level 8, 10, 12, 14,.....dst. (lantai genap). Dimensi lantai ini adalah 10.8 m x 9.69 m dengan tebal slab 200 mm.

Selama tahap konstruksi lantai prestres, pemisahan struktur delayed strip (dilatasi) menjadi faktor penting untuk menjaga efek rangkai dan susut karena bentuk lantai yang memanjang dan angka rasio panjang dibanding lebar yang cukup besar (4.5 : 1 ). Lebar dilatasi 1.2 meter dan dicor 21 hari setelah pengecoran lantai tersebut. Pada posisi dilatasi tersebut diletakkan angkur tendon prestressing.

## 4. Pelaksanaan

### 4.1. METODE PELAKSANAAN

Secara garis besar proses pekerjaan PT-Slab adalah fabrikasi, instalasi, stressing dan grouting recess. Beberapa item pekerjaan dilaksanakan overlap dengan pekerjaan lainnya sehingga waktu yang dibutuhkan dapat lebih efisien.

#### 4.1.1 Fabrikasi dan Instalasi

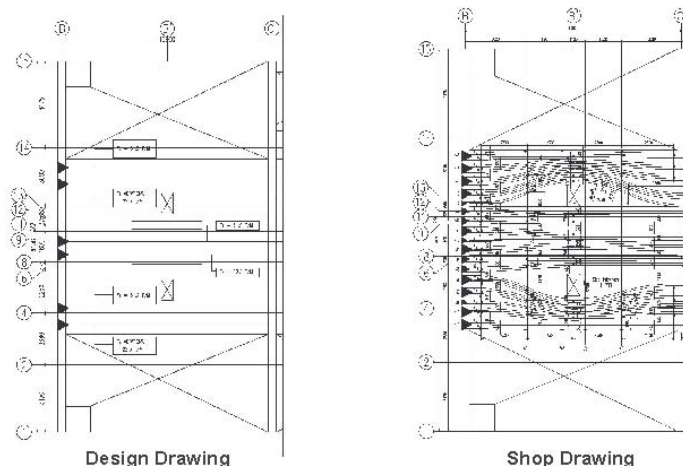
Tahap pertama adalah fabrikasi monostrand. Seluruh proses fabrikasi dilaksanakan di pabrik dimana sheating dan greasing dilakukan secara kontinyu. Skema proses tersebut dapat dilihat dalam gambar berikut (Gambar-7).

Monostrand dikirim ke lapangan dalam bentuk koil dengan berat rata-rata sekitar 2.9 ton per koil. Monostrand lalu dipotong berdasarkan panjang layout kabel ditambah stressing length sepanjang 0.5 meter. Untuk proses pemotongan ini dibutuhkan area sepanjang 50 meter dan lebar 2 meter berdasarkan tendon terpanjang.



Gambar-7: Gulungan strand Gambar-8 : Marking posisi strand

Tahap kedua adalah pekerjaan instalasi monostrand. Pekerjaan ini dimulai setelah formwork lantai telah siap. Hal pertama yang dilakukan adalah membuat marking posisi tendon di formwork berdasarkan shop drawing (Gambar-8). Adanya lubang atau void pada lantai tidak menjadi kendala dalam penempatan tendon PT-Slab karena posisi tendon sangat fleksibel terhadap bukaan (Gambar-9).



Gambar-9

Karena posisi tendon sebagian berada diantara pembesian bawah dan pembesian atas, maka monostrand mulai digelar setelah pembesian bawah mulai dipasang (Gambar-10). Untuk membentuk layout tendon, monostrand ditumpu pada support yang terbuat dari besi 8 mm dan dijaga posisinya hingga pengecoran. Posisi dan ketinggian support ditentukan berdasarkan profil ordinat kabel dalam shop drawing, dan menggunakan acuan bottom formwork.



Gambar-10 : Instalasi monostrand Gambar-11 : Instalasi Angkur hidup

Proses terakhir dari pekerjaan instalasi tendon adalah pemasangan ankur dan bursting steel. Bursting steel berfungsi mentransfer gaya yang terjadi pada saat stressing. Angkur Monocasting S5-CP dipasang pada sideform, sedangkan lubang untuk recess dibentuk dengan menggunakan steroform. Bursting steel terdiri dari besi D16 dan besi Ø 10 (Gambar-11). Setelah seluruh komponen tendon PT-Slab telah terpasang dilakukan pemeriksaan bersama kontraktor dan konsultan dan dilanjutkan dengan pengecoran.

Seluruh proses instalasi tendon PT-Slab dan rebar pada proyek Citylofts hanya membutuhkan waktu 2 hari untuk luasan lantai 1200 m<sup>2</sup>. Hal itu menunjukkan bahwa aplikasi tendon PT-Slab tidak menghambat skedul pengecoran. Kemudian jika tebal slab adalah 210 mm maka untuk sekali pengecoran volume beton yang dibutuhkan adalah 252 m<sup>3</sup>.

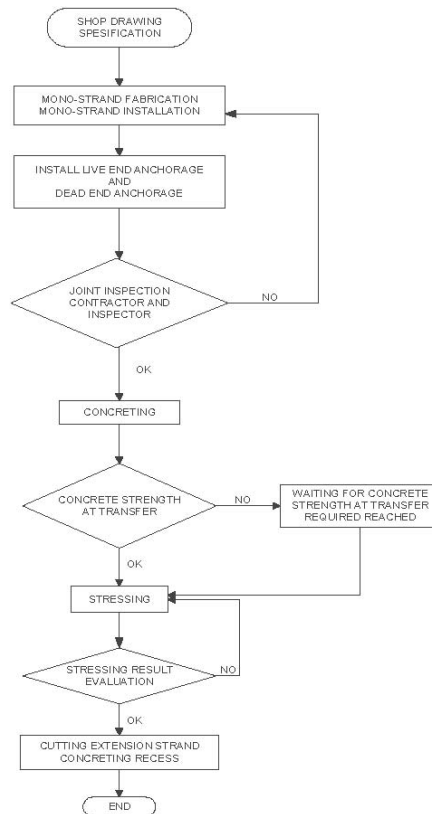
#### 4.1.2 Stressing dan Grouting

Pekerjaan stressing di proyek Citylofts dilaksanakan setelah kuat tekan beton mencapai kuat tekan minimum yang dipersyaratkan oleh perencana yaitu 30 MPa. Sebelumnya seluruh perhitungan gaya penarikan atau jacking force calculation dan perhitungan elongasi teoritis sudah disetujui oleh konsultan (Working Procedure Flow Chart).

Berdasarkan panjang tendon, maka arah penarikan dibagi menjadi 2 yaitu penarikan satu arah untuk tendon dengan panjang kurang dari 30 meter dan penarikan 2 arah untuk tendon dengan panjang tendon lebih besar dari 30 meter. Khusus untuk penarikan dua arah, penarikan pertama dilakukan sampai dengan 90 % Jacking Force dan untuk ujung satunya dilakukan langsung 100 %.

Stressing temperature tendon dikerjakan setelah stressing tendon utama telah selesai. Prosedur selanjutnya adalah pengecekan elongasi dan gaya aktual dengan perhitungan teoritis dan setelah disetujui stressing length dapat dipotong dan lubanglubang ankur dapat digrouting dengan non shrinkage mortar.

WORKING PROCEDURE FLOW CHART



## 4.2. Siklus Pekerjaan

### 4.2.1 Siklus Pekerjaan Struktur

Siklus pekerjaan struktur tower dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Shear wall
2. Install tabel form + formwork
3. Rebar
4. PT. Installation
5. Pouring / pengecoran
6. Curing
7. Stressing
8. Grouting / parjing
9. Remove form work

Penggunaan tabel form dipilih karena bentuk lantai yang tipikal, sehingga mudah dalam menentukan modul-modul tabel form. Instalasi tabel form dilaksanakan paralel dengan pengerjaan shear wall. Begitu shear wall sudah mencapai kuat tekan minimum, maka koneksi antara formwork lantai dengan shear wall bisa disambung dan pengecoran pelat lantai bisa dilaksanakan. Waktu yang dibutuhkan untuk pekerjaan shear wall adalah 3 hari yang terdiri 2 hari untuk pemasangan rebar hingga penutupan formwork dan 1 hari untuk pengecoran.

Bersamaan dengan pekerjaan shear wall adalah pekerjaan instalasi tabel form dan formwork. Untuk area tower digunakan 2 macam formwork yaitu scaffolding dan tabel form. Tabel form digunakan untuk lantai ganjil sisi luar dan lantai genap, sedangkan scaffolding digunakan untuk lantai ganjil sisi dalam.

Karena bentuk lantai yang tipikal dan jangkauan luas dari modul tabel form yang cukup besar, ditambah lagi dengan proses instalasi tabel form yang cukup mudah, maka waktu yang dibutuhkan untuk keseluruhan pekerjaan instalasi formwork dengan luasan 1200m<sup>2</sup> adalah 2 hari.

Pekerjaan instalasi dilaksanakan overlap dengan pekerjaan pembesian karena pekerjaan yang bersilangan dilaksanakan secara bersama dalam satu waktu, maka koordinasi menjadi faktor kunci dalam keberhasilan mengejar target waktu pengecoran. Proses instalasi tendon PT-Slab seperti dijelaskan sebelumnya cukup sederhana dan cepat karena posisi tendon telah dimarking sebelumnya. Untuk pekerjaan instalasi rebar dan tendon PT-Slab hingga siap cor diperlukan waktu adalah 3 hari.

Berdasarkan ketentuan dari perencana, maka stressing bisa dilaksanakan setelah kuat uji tekan kubus beton mencapai minimum 30 MPa. Dari hasil test beton rata-rata, kuat tekan tersebut dicapai pada hari ke-4 setelah pengecoran. Jumlah titik angkur yang distressing untuk 1 kali siklus stressing adalah 450 titik. Jika jumlah alat yang digunakan adalah 2 set dan jumlah jam kerja 10 jam maka kecepatan rata-rata untuk pekerjaan stressing adalah 3 menit/titik. Kecepatan optimum ini bisa dicapai berkat penggunaan alat stressing yang ringan dan handling yang cukup mudah (Gambar-12).



TWIN RAM JACK DKP-5 TCH JACK HYDRAULIC PUMP

Gambar-12

Dengan waktu pelaksanaan yang sangat ketat, maka optimasi waktu menjadi hal yang tidak terelakkan. Untuk PT-Slab sendiri waktu yang dibutuhkan dari mulai pengecoran lantai 8 hingga lantai 41 adalah 244 hari setelah dikurangi hari libur. Dari data tersebut dapat terlihat bahwa kecepatan siklus kerja per lantai adalah 6 hari per lantai. Siklus kerja per lantai dapat dijelaskan dalam tabel typical schedule (Table-1).

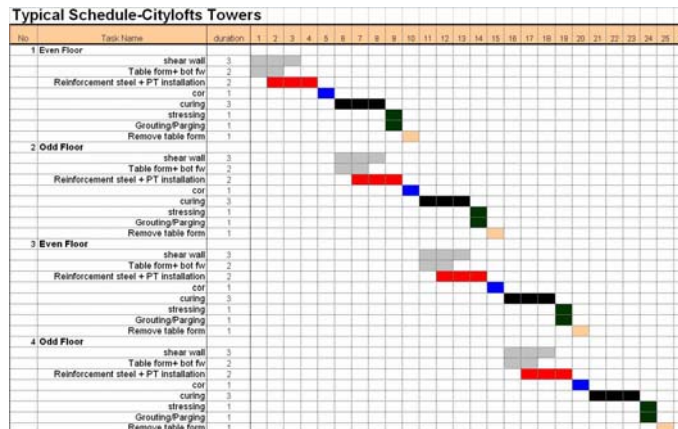
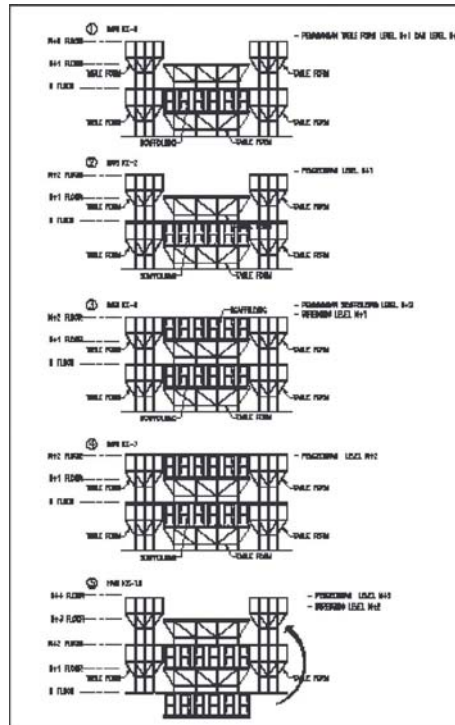


Table-1

#### 4.2.2 Siklus Formwork

Pada proyek Apartemen Cityloft khususnya untuk area tower, perencana mengijinkan untuk membongkar formwork segera setelah stressing selesai, kecuali untuk segmen dimana terdapat dilatasi struktur (Gambar-4). Beban yang terjadi selama pelaksanaan di atas lantai mampu ditanggung oleh kekuatan pelat lantai itu sendiri. Hal ini menyebabkan jumlah set tabel form yang dibutuhkan hanya 2 set lantai.

Seperti dijelaskan sebelumnya, pada area tower digunakan 2 macam perancah yaitu scaffolding dan tabel form. Skema dan urutan siklus scaffolding dijelaskan dalam gambar berikut :



## 5. Kesimpulan

Post-tensioning slab belum umum diaplikasikan pada struktur gedung di Indonesia. Pada kasus proyek Citylofts Jakarta, pemilihan sistem struktur pelat lantai dengan PT-Slab didasarkan pada kebutuhan akan ruang antar lantai, efisiensi massa bangunan dan kebutuhan waktu dan kemudahan pelaksanaan.

Salah satu sistem Post-tensioning slab adalah un-bonded PT-Slab. Keuntungan sistem ini adalah eksentrisitas tendon mencapai maksimum, perlindungan terhadap karat yang optimum, instalasi lebih mudah dan cepat, dan friksi yang terjadi lebih kecil. Post-tensioning system un-bonded ini lebih mudah mengakomodasi adanya bukaan-bukaan pada struktur lantai.

Prosedur pelaksanaan PT-Slab meliputi fabrikasi, instalasi, stressing dan grouting recess. Seluruh pekerjaan dapat diselesaikan sesuai dengan target waktu yang diberikan oleh pemilik. Salah satu yang menarik untuk ditinjau adalah efisiensi penggunaan perancah yang dibutuhkan hanya 2 set, hal ini karena perancah dapat langsung dibongkar segera setelah pelaksanaan stressing selesai.

## 6. Daftar Pustaka

1. VSL International Ltd., Post-Tensioning in Building, VSL Report Series 4.1, 1992
2. Post-Tensioning Institute, Post-Tensioning Manual, 6<sup>th</sup> Edition, 2006
3. Ganz, Hans Rudolf PhD., Post-Tensioned Buildings in Seismic Regions -Experience and New Trends, VSL International Ltd, 2005

4. Harianto Sunidja PhD., Pelaksanaan Beton Prategang Pada Gedung Tingkat Tinggi, 1995
5. VSL International Ltd., Post-Tensioned Slabs, VSL Report Series, 1985
6. Michael P.Collins & Denis Mitchell, Prestressed Concrete Structures, 1991