

# Perhitungan Waktu dan Biaya Pelaksanaan Proyek Pembangunan Apartemen Solo Urbana Residence Tower D dengan Metode *Half Slab*

Izza Aulia Dewi dan Sukobar

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

*e-mail:* kobarabiyi@gmail.com

**Abstrak**—Proyek Pembangunan Apartemen Solo Urbana Residence yang dimiliki PT. Mulia Properti Indah merupakan suatu proyek gedung apartemen di lahan seluas 1,6 Ha yang terdiri dari 7 tower yaitu tower A-G dengan jumlah lantai yang bervariasi yaitu 7-13 lantai dengan konsep *Urban Smart Living and Investment*. Proyek ini berlokasi di Jl. Ring Road Utara KM 6.7, Desa Mipitan, Kelurahan Mojosongo, Kecamatan Jebres, Kota Surakarta, Provinsi Jawa Tengah. Dalam penyusunan proyek akhir ini akan membahas perhitungan waktu dan biaya dari Proyek Pembangunan Apartemen Solo Urbana Residence Tower D yang memiliki luas bangunan  $\pm 6.000$  m<sup>2</sup> dengan jumlah 13 lantai hunian dan 1 lantai atap. Perhitungan waktu dapat diperoleh dengan menghitung volume per item pekerjaan dibagi dengan kapasitas produksi tiap pekerjaan sehingga dapat diperoleh nilai produktivitas dan durasinya. Sedangkan untuk biaya pelaksanaan berkaitan dengan volume per item pekerjaan, nilai produktivitas, harga upah pekerja, harga sewa alat berat, dan harga material yang digunakan. Sehingga dapat disusun Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) dan dapat diperoleh pula bobot tiap item pekerjaan. Proyek Pembangunan Apartemen Solo Urbana Residence menggunakan metode pengecoran konvensional. Namun dalam penyusunan proyek akhir ini digunakan metode *half slab* untuk struktur pelat lantai. Dalam melakukan perhitungan rencana anggaran pelaksanaan digunakan harga dasar bahan dan harga upah pekerja di Kota Surakarta. Untuk penyusunan jadwal tiap item pekerjaan dilakukan dengan program bantu Microsoft Project. Hasil akhir dari penyusunan proyek akhir ini yaitu dapat memperoleh durasi dan biaya pelaksanaan Proyek Pembangunan Apartemen Solo Urbana Residence Tower D, metode pelaksanaan yang digunakan, serta kurva S. Dari hasil perhitungan waktu dan biaya yang telah dilakukan, didapatkan durasi pekerjaan selama 238 hari kerja dan biaya pelaksanaan sebesar Rp 14.431.833.878,63.

**Kata Kunci**—Rencana Anggaran Pelaksanaan, Waktu Pelaksanaan, *Half Slab*, Kurva S.

## I. PENDAHULUAN

PERTUMBUHAN jumlah penduduk di Indonesia dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan. Hal tersebut mengakibatkan kebutuhan hidup penduduk juga meningkat, baik itu kebutuhan sosial, kesehatan, konstruksi, maupun kebutuhan lainnya. Sehingga, guna memenuhi kebutuhan-kebutuhan tersebut diperlukan adanya sarana dan prasarana yang memadai. Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional atau Badan Perencanaan Pembangunan (PPN/Bappenas) memperkirakan sektor konstruksi di Indonesia akan mengalami pertumbuhan sebesar 5,2% - 6,7% pada tahun 2021. Perkembangan sektor konstruksi yang dimaksud salah satunya yaitu pada bidang infrastruktur seperti pembuatan bangunan hunian, jalan, jembatan, gedung, pabrik, dan lain-lain dimana pembangunan tersebut nantinya diharapkan bisa

meningkatkan faktor ekonomi yang ada di Indonesia.

Kota Solo terus tumbuh dan berkembang setiap waktunya, dimana saat ini kawasan Solo Utara sedang gencar untuk dikembangkan lebih maju lagi. Hal ini terlihat dari munculnya proyek apartemen di Solo Utara. Proyek Pembangunan Apartemen Solo Urbana Residence yang dimiliki PT. Mulia Properti Indah merupakan suatu proyek gedung apartemen di lahan seluas 1,6 Ha yang terdiri dari 7 tower yaitu tower A-G dengan jumlah lantai yang bervariasi yaitu 7-13 lantai dengan konsep *Urban Smart Living and Investment*. Proyek ini berlokasi di Jl. Ring Road Utara KM 6.7, Desa Mipitan, Kelurahan Mojosongo, Kecamatan Jebres, Kota Surakarta, Provinsi Jawa Tengah dan dibangun oleh dua kontraktor utama yaitu PT. Pakubumi Semesta selaku kontraktor pondasi dan PT. Catur Bangun Mandiri Perkasa selaku kontraktor struktur atas.

Agar pelaksanaan suatu proyek konstruksi dapat berjalan dengan baik, maka perlu dilakukan perencanaan yang baik pula sebelum proses pembangunan nantinya akan dilaksanakan. Perencanaan yang dimaksud yaitu meliputi perencanaan penjadwalan (durasi pekerjaan), perencanaan biaya pelaksanaan, serta perencanaan metode pelaksanaan yang akan digunakan. Pemilihan metode pelaksanaan dapat mempengaruhi waktu dan biaya yang diperlukan dalam pelaksanaan suatu proyek konstruksi, salah satunya dengan menggunakan inovasi *precast* yang dapat membuat pekerjaan menjadi lebih efisien baik secara waktu maupun biaya [1].

Berdasarkan buku “Studi Implementasi Beton Pracetak Pada Bangunan Gedung” karya Wulfram I. Ervianto (2007), salah satu komponen pracetak yang sudah digunakan adalah pelat pracetak dengan berbagai ukuran dan bentuk, seperti *precast half slab* [2]. Dengan mengaplikasikan teknologi beton pracetak, dengan sendirinya akan mengurangi pemakaian jumlah tenaga kerja di lokasi proyek serta dapat mengurangi kebutuhan bekisting untuk pelaksanaan pekerjaan pelat lantai sehingga dapat mengurangi biaya pengeluaran proyek konstruksi [3]. Selain itu pula, waktu penyelesaian proyek dapat terlaksana lebih cepat dibanding dengan metode konvensional/*cast in situ*.

Dalam penyusunan proyek akhir ini akan membahas perhitungan waktu dan biaya dari Proyek Pembangunan Apartemen Solo Urbana Residence Tower D yang memiliki luas bangunan  $\pm 6.000$  m<sup>2</sup> dengan jumlah 13 lantai hunian dan 1 lantai atap. Perhitungan waktu dapat diperoleh dengan menghitung volume per item pekerjaan dibagi dengan kapasitas produksi tiap pekerjaan sehingga dapat diperoleh nilai produktivitas dan durasinya. Sedangkan untuk biaya pelaksanaan berkaitan dengan volume per item pekerjaan, nilai produktivitas, harga upah pekerja, harga sewa alat berat, dan harga material yang digunakan. Sehingga dapat disusun

Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) dan dapat diperoleh pula bobot tiap item pekerjaan.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka penulis ingin melakukan penyusunan proyek akhir dengan judul "Perhitungan Waktu dan Biaya Pelaksanaan Proyek Pembangunan Apartemen Solo Urbana Residence Tower D dengan Metode *Half Slab*". Hasil akhir dari penyusunan proyek akhir ini yaitu dapat memperoleh durasi dan biaya pelaksanaan Proyek Pembangunan Apartemen Solo Urbana Residence Tower D, metode pelaksanaan yang digunakan, serta kurva S.

#### A. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah: (1) Berapa lama waktu pelaksanaan yang diperlukan pada proyek pembangunan Apartemen Solo Urbana Residence Tower D dengan metode *half slab*?. (2) Berapa biaya pelaksanaan yang diperlukan pada proyek pembangunan Apartemen Solo Urbana Residence Tower D dengan metode *half slab*?

#### B. Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini diantaranya: (1) Proyek yang ditinjau adalah proyek pembangunan Apartemen Solo Urbana Residence Tower D. (2) Perhitungan waktu dan biaya yang ditinjau hanya untuk pekerjaan struktur beton, tidak meninjau arsitektural maupun utilitas bangunan. (3) Penggunaan metode *precast* hanya digunakan pada struktur pelat lantai saja dengan menggunakan metode *half slab*. (4) Harga bahan dasar untuk setiap pekerjaan menggunakan harga di lapangan dan berdasarkan referensi di Kota Surakarta. (5) Harga upah pekerja menggunakan harga standar Kota Surakarta. (6) Tidak melakukan perhitungan analisa struktur yang ditimbulkan akibat perubahan metode pengecoran menggunakan beton pracetak. (7) Perhitungan waktu dan biaya pelaksanaan tidak termasuk biaya K3.

#### C. Tujuan

Adapun penelitian ini bertujuan untuk mengetahui lama waktu pelaksanaan yang diperlukan pada proyek pembangunan Apartemen Solo Urbana Residence Tower D dengan metode *half slab*. Serta tujuan lain yaitu untuk mengetahui biaya pelaksanaan yang diperlukan pada proyek pembangunan Apartemen Solo Urbana Residence Tower D dengan metode *half slab*.

#### D. Manfaat

Manfaat penelitian meliputi: Menambah ilmu pengetahuan dan wawasan bagi penulis mengenai perhitungan waktu dan biaya pelaksanaan dengan metode *precast half slab* pada suatu proyek. Proyek akhir ini dapat menjadi referensi dan acuan bagi pembaca dalam membuat perhitungan waktu dan biaya pelaksanaan dengan metode *precast half slab* pada suatu proyek.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Umum

Manajemen proyek sendiri berarti semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu. Agar suatu manajemen dapat tersusun dengan baik,

maka perlu adanya perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian. Metode pelaksanaan juga dapat mempengaruhi durasi dan biaya yang diperlukan selama proses konstruksi berlangsung.

### B. Beton Pracetak

Beton pracetak atau *precast concrete* adalah beton yang diproduksi di mana lokasi pembuatannya berbeda dengan lokasi di mana elemen akan digunakan. Beton tersebut lalu disusun di lapangan untuk membentuk satu kesatuan bangunan gedung. Jenis-jenis elemen pracetak yang umum dipakai adalah kolom, balok, dan pelat.

### C. Precast Half Slab

*Precast half slab* adalah pelat lantai beton bertulang yang terdiri dari dua lapis. Lapis pertama menggunakan beton pracetak sebagai dasarnya dan lapis kedua menggunakan beton konvensional atau cor di tempat sebagai *overtopping*. *Overtopping* diperlukan agar lapis pertama dan lapis kedua menjadi satu kesatuan yang utuh.

#### 1) Kelebihan Precast Half Slab

Kelebihan *Precast Half Slab* diantaranya meliputi: (1) Bobot pada saat pengangkatan berkurang karena pada lapis kedua menggunakan *overtopping*. (2) Waktu konstruksi relatif lebih singkat karena pekerja lapangan hanya mengerjakan *cast in situ* dan menggabungkan dengan pracetak. (3) Biaya yang dialokasikan untuk supervise lebih kecil, hal ini disebabkan durasi proyek lebih singkat. (4) *Precast half slab* dapat dimanfaatkan sekaligus sebagai bekisting pada pengecoran beton *overtopping*.

#### 2) Tahap Perencanaan Precast Half Slab

Tahap perencanaan *Precast Half Slab* adalah (1) Penentuan dimensi pelat. (2) Pembebanan pada 3 kondisi (saat pengangkatan, sebelum komposit, dan setelah komposit). (3) Perhitungan kebutuhan tulangan 3 kondisi (saat pengangkatan, sebelum komposit, dan setelah komposit).

#### 3) Tahap Pabrikasi Precast Half Slab

Dalam proses pabrikasi beton pracetak, area produksi harus tertata dengan baik, mulai dari tempat penumpukan material dasar, proses pengecoran, proses perawatan beton serta penyimpanan komponen beton pracetak.

#### 4) Sistem Transportasi Precast Half Slab

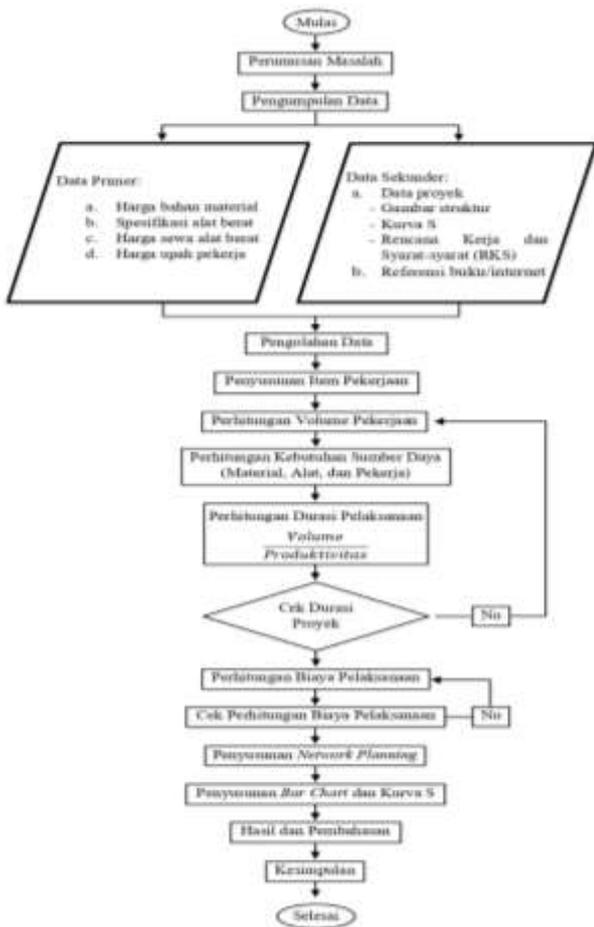
Produsen beton pracetak biasanya memiliki mode transportasi yang digunakan untuk mentransportasikan komponen beton dari lokasi pabrikasi menuju lokasi pekerjaan. Pada umumnya pengiriman material beton pracetak ke lokasi proyek menggunakan *flatbed truck*.

#### 5) Tahap Penumpukan Precast Half Slab

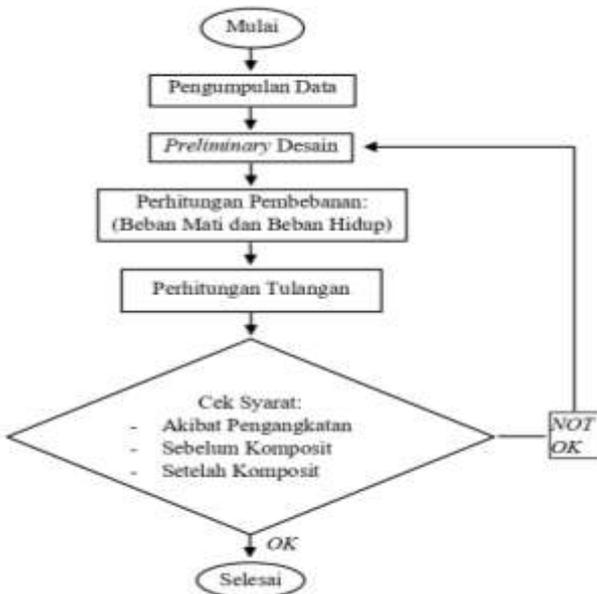
Beberapa hal yang mengakibatkan beton pracetak perlu ditumpuk di lokasi proyek yaitu karena beton pracetak yang akan dipasang jumlahnya sangat banyak, sehingga melakukan pemasangan pelat secara langsung dari *flatbed truck* ke titik pemasangan tidak memungkinkan, serta penumpukan beton pracetak dilakukan agar tidak memakan banyak tempat di lokasi proyek sehingga tidak mengganggu aktivitas pekerjaan lainnya.

#### 6) Tahap Pemasangan Precast Half Slab

*Erection* merupakan proses penyatuan komponen



Gambar 1. Flowchart metodologi.



Gambar 2. Flowchart perhitungan precast half slab.

bangunan yang berupa beton pracetak yang telah diproduksi dan layak (cukup umur) untuk disatukan menjadi bagian dari suatu bangunan. Pemasangan dilakukan dengan bantuan alat berat tower crane yang memiliki kapasitas memenuhi perencanaan.

7) Tahap Penyambungan Precast Half Slab

Dalam teknologi beton pracetak, terdapat dua macam sambungan yang umum digunakan. Sambungan tersebut antara lain sambungan basah dan sambungan kering.

Tabel 1. Rekapitulasi Tipe Precast Half Slab

| Tipe Pelat | Dimensi (m)           | Jumlah (buah) |
|------------|-----------------------|---------------|
| P1-A       | 2,800 x 1,020 x 0,080 | 12            |
| P2         | 2,760 x 0,750 x 0,080 | 12            |
| P2-A       | 2,760 x 0,750 x 0,080 | 12            |
| P3         | 2,745 x 1,150 x 0,080 | 24            |
| P3-A       | 2,745 x 1,150 x 0,080 | 12            |
| P3-B       | 2,745 x 1,150 x 0,080 | 12            |
| P4         | 2,625 x 1,150 x 0,080 | 149           |
| P4-A       | 2,625 x 1,150 x 0,080 | 50            |
| P4-B       | 2,625 x 1,150 x 0,080 | 73            |
| P5         | 2,625 x 1,090 x 0,080 | 24            |
| P5-A       | 2,625 x 1,090 x 0,080 | 12            |
| P5-B       | 2,625 x 1,090 x 0,080 | 12            |
| P6         | 2,625 x 1,010 x 0,080 | 27            |
| P6-A       | 2,625 x 1,010 x 0,080 | 3             |
| P6-B       | 2,625 x 1,010 x 0,080 | 2             |
| P7         | 2,625 x 0,710 x 0,080 | 36            |
| P7-A       | 2,625 x 0,710 x 0,080 | 12            |
| P8         | 2,530 x 1,040 x 0,080 | 22            |
| P9         | 2,530 x 0,765 x 0,080 | 22            |
| P10-A      | 2,490 x 1,055 x 0,080 | 12            |
| P10-B      | 2,490 x 1,055 x 0,080 | 12            |
| P11        | 2,300 x 1,055 x 0,080 | 168           |
| P12        | 2,300 x 0,785 x 0,080 | 36            |
| P13        | 2,300 x 0,710 x 0,080 | 48            |
| P14        | 2,210 x 0,845 x 0,080 | 22            |
| P15        | 2,060 x 0,540 x 0,080 | 24            |
| P16        | 1,820 x 0,540 x 0,080 | 96            |

Tabel 2. Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan Precast Half Slab

| Kondisi           | qU (kg/m <sup>2</sup> ) | Mx (Nmm)   | Tulangan Pakai (mm) |
|-------------------|-------------------------|------------|---------------------|
| Saat Pengangkatan | 403,20                  | 125678,99  | D10-200             |
| Sebelum Komposit  | 563,20                  | 732441,60  | D10-200             |
| Sesudah Komposit  | 813,60                  | 1058086,80 | D10-200             |

Tabel 3. Volume Pekerjaan Persiapan

| Uraian Pekerjaan          | Volume | Satuan         |
|---------------------------|--------|----------------|
| Pembersihan Lahan         | 620,58 | m <sup>2</sup> |
| Pengukuran/Uitzet         | 200,96 | m'             |
| Pembuatan Pagar Sementara | 108,48 | m'             |
| Pemasangan Bouwplank      | 100,48 | m'             |
| Penyediaan Direksi Keet   | 3      | buah           |

D. Item Pekerjaan

Item pekerjaan dapat dilihat pada rincian berikut: (1) Pekerjaan Persiapan (Pekerjaan pembersihan lahan, Pekerjaan pembuatan pagar sementara, Pekerjaan pembuatan direksi keet, Pekerjaan pengukuran, dan Pekerjaan pemasangan bouwplank). (2) Pekerjaan Pondasi Bore Pile (Pekerjaan pengeboran bore pile, Pekerjaan pembesian bore pile, Pekerjaan pengecoran bore pile, dan Pekerjaan pembobokan kepala bore pile). (3) Pekerjaan Galian Tanah (Pekerjaan galian tanah pile cap dan Pekerjaan galian tanah tie beam). (4) Pekerjaan Urugan (Pekerjaan urugan tanah dan Pekerjaan urugan pasir).(5) Pekerjaan Lantai Kerja (Pekerjaan lantai kerja pile cap, Pekerjaan lantai kerja tie beam, dan Pekerjaan lantai kerja bawah pelat lantai 1) (6) Pekerjaan Kolom (Pekerjaan pembesian kolom, Pekerjaan bekisting kolom, dan Pekerjaan pengecoran kolom). (7) Pekerjaan Balok (Pekerjaan bekisting balok, Pekerjaan pembesian balok, Pekerjaan pengecoran balok). (8) Pekerjaan Precast Half Slab (Tahap penumpukan, pengangkatan, pemasangan, dan penyambungan). (9) Pekerjaan Pelat Lantai

Tabel 4.  
Volume Pekerjaan Pondasi

| Uraian Pekerjaan            | Volume   | Satuan         |
|-----------------------------|----------|----------------|
| Pengeboran <i>Bore Pile</i> | 649,00   | m <sup>1</sup> |
| Pembuangan Tanah Bekas Bor  | 391,47   | m <sup>3</sup> |
| Pembesian <i>Bore Pile</i>  | 28587,35 | kg             |
| Pengecoran <i>Bore Pile</i> | 322,58   | m <sup>3</sup> |
| Pembobokan <i>Bore Pile</i> | 22,54    | m <sup>3</sup> |

Tabel 5.  
Volume Pekerjaan *Pile Cap*

| Uraian Pekerjaan                        | Volume   | Satuan         |
|---|----------|----------------|
| Galian <i>Pile Cap</i>                  | 273,73   | m <sup>3</sup> |
| Urugan Pasir <i>Pile Cap</i>            | 18,37    | m <sup>3</sup> |
| Pengecoran Lantai Kerja <i>Pile Cap</i> | 9,18     | m <sup>3</sup> |
| Bekisting <i>Pile Cap</i>               | 306,56   | m <sup>2</sup> |
| Pembesian <i>Pile Cap</i>               | 22063,89 | kg             |
| Pengecoran <i>Pile Cap</i>              | 215,81   | m <sup>3</sup> |
| Urugan Tanah Kembali                    | 271,04   | m <sup>3</sup> |

Tabel 6.  
Volume Pekerjaan Kolom Pedestal

| Uraian Pekerjaan          | Volume  | Satuan         |
|---------------------------|---------|----------------|
| Pembesian Kolom Pedestal  | 6141,52 | kg             |
| Bekisting Kolom Pedestal  | 89,70   | m <sup>2</sup> |
| Pengecoran Kolom Pedestal | 11,64   | m <sup>3</sup> |

Tabel 7.  
Volume Pekerjaan *Tie Beam*

| Uraian Pekerjaan                        | Volume  | Satuan         |
|---|---------|----------------|
| Urugan Pasir <i>Tie Beam</i>            | 8,20    | m <sup>3</sup> |
| Pengecoran Lantai Kerja <i>Tie Beam</i> | 4,10    | m <sup>3</sup> |
| Bekisting <i>Tie Beam</i>               | 280,75  | m <sup>2</sup> |
| Pembesian <i>Tie Beam</i>               | 9323,54 | kg             |
| Pengecoran <i>Tie Beam</i>              | 39,20   | m <sup>3</sup> |

Tabel 8.  
Volume Pekerjaan Kolom

| Uraian Pekerjaan | Volume    | Satuan         |
|------------------|-----------|----------------|
| Pembesian Kolom  | 136698,90 | kg             |
| Bekisting Kolom  | 2572,20   | m <sup>2</sup> |
| Pengecoran Kolom | 294,33    | m <sup>3</sup> |

Konvensional (Pekerjaan bekisting pelat konvensional, Pekerjaan pembesian pelat konvensional, dan Pekerjaan pengecoran pelat konvensional). (10) Pekerjaan Tangga (Pekerjaan bekisting tangga, Pekerjaan pembesian tangga, dan Pekerjaan pengecoran tangga).

E. Perhitungan Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah besaran satuan volume pekerjaan sesuai dengan masing-masing item pekerjaan. Perhitungan volume pekerjaan dilakukan berdasarkan pada gambar perencanaan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$V = P \times L \times T$$

Keterangan:

V = Volume (m<sup>3</sup>)

P = Panjang (m)

L = Lebar (m)

T = Tinggi (m)

Tabel 9.  
Volume Pekerjaan Balok

| Uraian Pekerjaan | Volume    | Satuan         |
|------------------|-----------|----------------|
| Bekisting Balok  | 5438,87   | m <sup>2</sup> |
| Pembesian Balok  | 185127,02 | kg             |
| Pengecoran Balok | 572,75    | m <sup>3</sup> |

Tabel 10.  
Volume Pekerjaan Pelat Lantai

| Uraian Pekerjaan                                   | Volume   | Satuan         |
|--|----------|----------------|
| Pemasangan <i>Precast Half Slab</i>                | 946      | Panel          |
| Bekisting Pelat Konvensional                       | 850,57   | m <sup>2</sup> |
| Pembesian Pelat Konvensional                       | 61122,14 | kg             |
| Pengecoran Pelat Konvensional + <i>Overtopping</i> | 386,90   | m <sup>3</sup> |

Tabel 11.  
Volume Pekerjaan Tangga

| Uraian Pekerjaan  | Volume   | Satuan         |
|-------------------|----------|----------------|
| Bekisting Tangga  | 459,03   | m <sup>2</sup> |
| Pembesian Tangga  | 10763,79 | kg             |
| Pengecoran Tangga | 61,32    | m <sup>3</sup> |

Tabel 12.  
Rekapitulasi Durasi dan Biaya

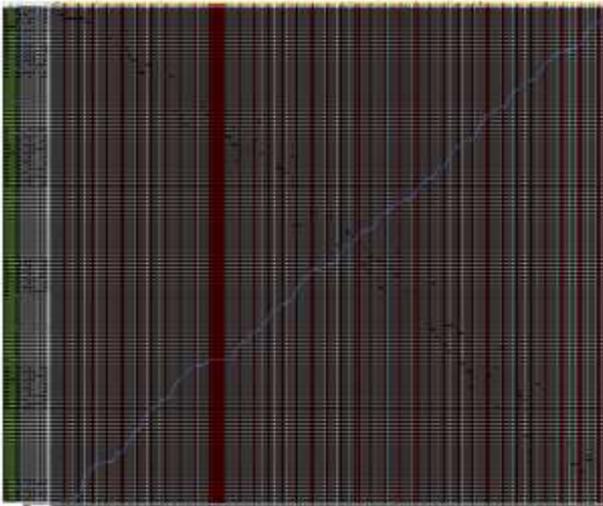
| Uraian Pekerjaan                    | Durasi (hari) | Biaya               |
|-------------------------------------|---------------|---------------------|
| Pekerjaan Persiapan                 | 6             | Rp 94.791.899,30    |
| Pekerjaan Struktur Bawah            | 37            | Rp 1.516.045.801,36 |
| Pekerjaan Struktur Atas Lantai 1    | 24            | Rp 730.461.813,52   |
| Pekerjaan Struktur Atas Lantai 2    | 39            | Rp 1.031.992.509,81 |
| Pekerjaan Struktur Atas Lantai 3    | 38            | Rp 994.317.409,87   |
| Pekerjaan Struktur Atas Lantai 4    | 38            | Rp 894.879.659,87   |
| Pekerjaan Struktur Atas Lantai 5    | 39            | Rp 908.421.678,29   |
| Pekerjaan Struktur Atas Lantai 6    | 39            | Rp 1.006.145.828,29 |
| Pekerjaan Struktur Atas Lantai 7    | 38            | Rp 977.021.228,29   |
| Pekerjaan Struktur Atas Lantai 8    | 38            | Rp 879.297.078,29   |
| Pekerjaan Struktur Atas Lantai 9    | 39            | Rp 910.991.678,29   |
| Pekerjaan Struktur Atas Lantai 10   | 37            | Rp 944.387.247,11   |
| Pekerjaan Struktur Atas Lantai 11   | 37            | Rp 926.340.647,11   |
| Pekerjaan Struktur Atas Lantai 12   | 37            | Rp 827.355.297,11   |
| Pekerjaan Struktur Atas Lantai 13   | 37            | Rp 847.630.839,41   |
| Pekerjaan Struktur Atas Lantai ME   | 37            | Rp 796.532.986,13   |
| Pekerjaan Struktur Atas Lantai Atap | 13            | Rp 145.220.276,57   |

F. Alat Berat

Alat berat meru pakan mesin berukuran besar yang didesain guna membantu dalam mempermudah pelaksanaan proses konstruksi. Berikut ini adalah beberapa alat berat yang digunakan:

1) Tower Crane

*Tower crane* merupakan alat berat yang berfungsi untuk mengangkat material baik secara vertikal maupun horizontal ke suatu tempat yang tinggi pada gerak yang terbatas. *Tower crane* juga dapat digunakan pada saat pekerjaan pengecoran yaitu untuk mengangkat *bucket cor* yang berisi beton. Selain itu, dapat juga mengangkut peralatan bantu dan bahan-bahan untuk pekerjaan struktur, seperti *air compressor*, bekisting,



Gambar 3. Kurva s rencana proyek pembangunan Solo Urbana Residence.

tulangan, serta alat dan bahan lain.

### 2) Concrete Pump

*Concrete pump* alat berat yang digunakan untuk mengalirkan beton dari mobil truk mixer ke lokasi pengecoran. Alat ini mempunyai bagian yaitu mesin pompa untuk mendorong adukan beton dan pipa-pipa baja sebagai penyalur beton ke area yang akan dilakukan pengecoran [4].

### 3) Truck Mixer

*Truck mixer* adalah alat yang digunakan untuk membawa campuran beton basah dari pabrik pembuatan beton *ready mix (Batching Plant)* ke lokasi proyek dengan sistem bak yang terus berputar dengan kecepatan yang sudah diatur sedemikian rupa supaya campuran beton selama dalam perjalanan tidak berkurang kualitasnya.

### 4) Excavator

*Excavator* merupakan alat untuk menggali material tanah dan memasukkan material tersebut ke dalam *dump truck*. Untuk pemilihan spesifikasi *excavator* perlu dipertimbangkan kapasitas *bucket*, kondisi kerja, dan kondisi tanah galiannya sehingga dapat menyelesaikan pekerjaan dengan optimum.

### 5) Dump Truck

*Dump truck* merupakan alat angkut yang digunakan untuk mengangkut sisa galian tanah dari lokasi proyek ke tempat pembuangan atau penyimpanan. *Dump truck* juga diperlukan untuk mengangkut material yang digunakan untuk urugan.

## G. Alat Penunjang

### 1) Concrete Vibrator

*Concrete vibrator* merupakan alat yang digunakan saat pengecoran dimana alat ini berfungsi untuk pemadatan beton yang dituangkan dalam bekisting. Tujuannya agar udara atau angin yang masih berada dalam adonan beton tersebut dapat keluar sehingga tidak menimbulkan rongga atau lubang dan tidak membuat mutu beton tersebut berkurang.

### 2) Air Compressor

*Air compressor* merupakan alat yang berfungsi untuk membersihkan lokasi sekitar proyek dari kotoran seperti debu, potongan kawat bendrat dan serbuk kayu yang dapat mengganggu mutu beton.

### 3) Pemotong Besi (Bar Cutter)

*Bar cutter* merupakan alat yang digunakan untuk membantu pekerjaan fabrikasi tulangan yaitu memotong tulangan sesuai dengan gambar rencana.

### 4) Pembengkok Besi (Bar Bender)

*Bar bender* juga merupakan alat yang digunakan untuk membantu proses pekerjaan fabrikasi tulangan yaitu membengkokkan tulangan sesuai dengan gambar rencana.

### 5) Concrete Bucket

*Concrete bucket* merupakan alat berat yang digunakan untuk menampung beton dari *truck mixer* sampai ke tempat pengecoran. Dalam pengerjaannya dibutuhkan satu orang sebagai operator *concrete bucket* yang bertugas untuk membuka atau mengunci agar cor beton tidak tumpah pada saat dibawa ke area pengecoran dengan *tower crane*.

## H. Perhitungan Durasi Pekerjaan

Perhitungan durasi pekerjaan dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode/cara perhitungan. Pada umumnya perhitungan durasi menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Volume Pekerjaan (m}^3\text{)}}{\text{Produktivitas Pekerjaan (} \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \text{)}}$$

### I. Pengendalian Mutu (Quality Control)

*Quality control* merupakan suatu kegiatan yang dilakukan untuk mendapatkan kesesuaian antara perencanaan yang telah dibuat dengan hasil pekerjaan di lapangan. Kegiatan ini sangat penting terutama pada kontrol mutu pekerjaan struktur beton yang diproduksi karena mutu beton yang beragam antar adukan yang diproduksi. Tujuan lain dari kegiatan ini yaitu agar tidak ada pekerjaan yang harus diulangi karena terdapat kerusakan/cacat, sehingga tidak timbul kerugian. Berikut adalah jenis-jenis pengendalian mutu:

1. Pengendalian mutu beton *ready mix*
2. Pengendalian mutu bekisting
3. Pengendalian mutu besi
4. Perawatan beton
5. Pengendalian mutu *precast half slab*

### J. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Konstruksi adalah segala kegiatan untuk menjamin dan melindungi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja melalui upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja pada pekerjaan konstruksi (Permen PU 02/PRT/M/2018 Pasal 1). Pada setiap pekerjaan konstruksi terdapat potensi bahaya pekerjaan yang cukup beragam. Potensi bahaya adalah kondisi atau keadaan baik pada orang, peralatan, mesin, pesawat, instalasi, bahan, cara kerja, sifat kerja, proses produksi dan lingkungan yang berpotensi menimbulkan gangguan, kerusakan, kerugian, kecelakaan, kebakaran, peledakan, pencemaran dan penyakit akibat kerja (Permen PU 02/PRT/M/2018 Pasal 1).

### K. Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek adalah kegiatan menetapkan jangka waktu pelaksanaan proyek yang harus diselesaikan, bahan baku, tenaga kerja serta waktu yang dibutuhkan oleh setiap item pekerjaan. Penjadwalan proyek juga berfungsi untuk

memberikan informasi mengenai progres proyek dalam hal kinerja dan sumber daya. Berikut adalah metode-metode yang dapat digunakan untuk waktu penjadwalan:

#### 1) *Network Planning*

*Network planning* atau jaringan kerja adalah suatu teknik yang digunakan untuk merencanakan, menjadwalkan dan mengawasi aktivitas pekerjaan suatu proyek dengan menggunakan pendekatan atau analisis waktu (*time*) dan biaya (*cost*) yang digambarkan dalam bentuk simbol dan diagram.

*Network planning* terdiri dari *Precedence Diagram Method (PDM)* yang dikategorikan sebagai *Activity on Node (AON)* dan *Critical Path Method (CPM)*.

#### 2) *Bar Chart*

*Bar chart* adalah sekumpulan aktivitas yang ditempatkan dalam kolom vertikal, sementara waktu ditempatkan dalam baris horizontal. Penggunaan *bar chart* bertujuan untuk mengidentifikasi unsur waktu dan urutan dalam merencanakan suatu kegiatan proyek agar dapat menentukan waktu penyelesaian yang dibutuhkan suatu item pekerjaan.

#### 3) *Kurva S*

Kurva S merupakan grafik yang memperlihatkan hubungan antara akumulasi anggaran biaya proyek terhadap jadwal proyek. Kurva S merupakan kurva yang terbentuk dari hasil dari *bar chart* yang telah dibuat sebelumnya. Kurva S juga dapat menunjukkan kemampuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu, dan bobot pekerjaan yang dipresentasikan sebagai presentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Tujuan dari dibuatnya kurva S yaitu agar dapat mengetahui informasi mengenai progres/ perkembangan terbaru dari pelaksanaan proyek. Progres tersebut kemudian dibandingkan dengan kurva S awal perencanaan sehingga dapat diketahui apakah pelaksanaan proyek mengalami percepatan atau keterlambatan.

#### L. *Rencana Anggaran Biaya Pelaksanaan*

Terdapat 3 hal penting yang menjadi acuan dan pertimbangan dalam melakukan perhitungan anggaran biaya proyek, yaitu sebagai berikut: (1) Bahan Material (Biaya material = volume material x harga material). (2) Alat-alat Produksi (Biaya alat = durasi x harga sewa x jumlah alat). (3) Upah Pekerja (Biaya pekerja = durasi x upah pekerja x jumlah pekerja).

### III. METODOLOGI

Adapun gambaran metodologi penelitian ditunjukkan pada Gambar 1 (*flowchat* metodologi) dan Gambar 2 (*flowchart* perhitungan *precast half slab*).

### IV. PERENCANAAN PRECAST HALF SLAB

#### A. *Data Rencana Dimensi Precast Half Slab*

Berdasarkan denah pelat lantai yang ada, direncanakan akan terdapat beberapa tipe *precast half slab*. Tipe *precast half slab* tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

#### B. *Perhitungan Precast Half Slab*

Dalam penggunaan konstruksi *precast half slab* ini, terdapat tiga kondisi yang perlu diperhitungkan, yaitu saat

pengangkatan, sebelum komposit, dan setelah komposit. Dari hasil ketiga kondisi tersebut dipilih tulangan yang paling kritis untuk direalisasikan di lapangan. Perhitungan tipe pelat P1-A (1,02 m x 2,8 m) dianggap mewakili perhitungan pelat lainnya.

Adapun data yang diperlukan dalam melakukan perhitungan *precast half slab* adalah sebagai berikut:

- a.  $L_x$  = 1020 mm
- b.  $L_y$  = 2800 mm
- c. Tebal pracetak = 80 mm
- d. Tebal *overtopping* = 40 mm
- e.  $f'c$  beton = 30 MPa
- f.  $F_y$  baja = 390 MPa
- g. Diameter tulangan = 10 mm
- h. Selimut beton = 20 mm

Setelah dilakukan perhitungan kebutuhan tulangan berdasarkan cara perhitungan pada buku "PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete Seventh Edition (2010)" maka diperoleh rekapitulasi pada Tabel 2 [5].

### V. PERHITUNGAN WAKTU DAN BIAYA

#### A. *Perhitungan Volume*

Dari tata cara perhitungan volume tiap pekerjaan, maka didapatkan rekapitulasi perhitungan volume struktur pada proyek pembangunan Apartemen Solo Urbana Residence adalah sebagai berikut: (1) Pekerjaan persiapan pada Tabel 3. (2) Pekerjaan struktur bawah pada Tabel 4, Tabel 5, Tabel 6, dan Tabel 7. (3) Pekerjaan struktur atas pada Tabel 8, Tabel 9, Tabel 10, dan Tabel 11.

#### B. *Perhitungan Durasi dan Biaya*

Setelah memperoleh nilai volume tiap item pekerjaan, selanjutnya dapat melakukan perhitungan durasi dan biaya pekerjaan. Waktu dan durasi pelaksanaan tiap pekerjaan dipengaruhi oleh sumber daya, kapasitas tenaga pekerja, dan kapasitas alat yang digunakan.

Perhitungan durasi pekerjaan dilakukan dengan bantuan aplikasi *Microsoft Excel* serta untuk penjadwalan dilakukan dengan bantuan aplikasi *Microsoft Project*. Sedangkan untuk perhitungan biaya dilakukan dengan melakukan perkalian antara durasi pekerjaan dengan jumlah sumber daya yang digunakan serta harga upah. Tabel 12 adalah hasil rekapitulasi durasi dan biaya yang diperoleh dari perhitungan:

#### C. *Kurva S*

Berdasarkan penjelasan pada Bagian II. Tinjauan Pustaka, Kurva S merupakan grafik yang memperlihatkan hubungan antara akumulasi anggaran biaya proyek terhadap jadwal proyek. Langkah-langkah yang diperlukan dalam membuat Kurva S adalah Mengurutkan tiap-tiap item pekerjaan lalu menghitung durasinya. Menghitung bobot yang diperlukan tiap item pekerjaan. Bobot tersebut kemudian dibagi dengan durasi yang sudah didapat sebelumnya. Membuat bar chart item pekerjaan dan memasukkan nilai bobot per item pekerjaan. Membuat kumulatif bobot biaya setiap kolom lajur waktu dibagian bawah bar chart. Selain itu, bobot biaya juga dikumulatifkan per periode agar dapat diketahui progres biaya proyek. Membuat kurva S yang mengacu pada hasil kumulatif bobot sebagai absis dan waktu sebagai ordinat (mulai dari skala 0% sampai dengan 100%). Gambar 3 adalah Kurva S rencana pada proyek pembangunan Apartemen Solo

Urbana Residence yang diperoleh berdasarkan hasil penjadwalan.

## VI. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan hasil dari perhitungan waktu dan biaya pada proyek pembangunan Apartemen Solo Urbana Residence Tower D dengan modifikasi *precast half slab*, diperoleh kesimpulan sebagai berikut: (1) Setelah dilakukan penjadwalan sesuai dengan perencanaan didapatkan durasi pekerjaan struktur proyek pembangunan Apartemen Solo Urbana Residence Tower D lantai 1 sampai dengan lantai atap dengan modifikasi *precast half slab* dari hasil perhitungan penulis yaitu 238 hari kerja. Sedangkan durasi yang diperlukan oleh kontraktor di lapangan untuk pelaksanaan menggunakan metode konvensional yaitu 271 hari kerja, sehingga diperoleh selisih durasi antara kedua metode sebesar 33 hari kerja. (2) Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan penulis, biaya pelaksanaan yang dibutuhkan pada proyek pembangunan Apartemen Solo Urbana Residence Tower D dengan modifikasi *precast half*

*slab* adalah sebesar Rp 14.431.833.878,63 sehingga diperoleh nilai biaya per m<sup>2</sup> sebesar Rp 2.432.076,32. Sedangkan biaya yang diperlukan berdasarkan harga kontraktor di lapangan, untuk pelaksanaan dengan menggunakan metode konvensional lebih murah yaitu sebesar Rp 13.912.749.874,12 sehingga diperoleh selisih biaya antara metode *precast half slab* dengan metode konvensional yaitu sebesar Rp 519.084.004,51.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. . Ervianto, *Manajemen Proyek Konstruksi*, 2nd ed. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2005.
- [2] W. I. Ervianto and I. MT, "Studi Implementasi Teknologi Beton Pracetak Bagi Bangunan Gedung," *National Conference on Prospected Technology*, Yogyakarta: Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 2007.
- [3] Badan Standarisasi Nasional, *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan. SNI 2847-2019*, 1st ed. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2019.
- [4] Badan Standarisasi Nasional, *Baja Tulangan Beton: SNI 2052:2017*, 1st ed. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2017.
- [5] PCI, *PCI Design Handbook Precast and Prestressed Concrete*, 7th ed. Chicago: Precast/Prestressed Concrete Institute, 2010.