

## ANALISIS BIAYA DAN WAKTU METODE *RETROFITTING* PADA STRUKTUR BANGUNAN DUA LANTAI (Studi Kasus: SDN Cikaret 01 Kabupaten Bogor)

Muhamad Lutfi<sup>1</sup>, Putra Firman Juniansyah<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil FT Universitas Ibn Khaldun Bogor

<sup>2</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil FT Universitas Ibn Khaldun Bogor  
e-mail: its\_putra@yahoo.co.id

### ABSTRAK

Dalam pelaksanaan suatu metode perbaikan, ada tiga hal penting yang perlu diperhatikan yaitu analisis biaya dan waktu perbaikan (*retrofitting*), serta mutu pekerjaan. Tiga hal tersebut berkaitan satu sama lain, apabila biaya proyek tidak sesuai dengan kebutuhan, maka mutu pekerjaan dapat menurun dan akhirnya waktu pelaksanaan perbaikan menjadi terlambat. Untuk itu diperlukan ketelitian dalam perencanaan besarnya biaya yang dibutuhkan maka dalam menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB), tiga hal yang perlu dilakukan adalah penentuan *Work Breakdown Structure* (WBS), perhitungan volume pekerjaan, dan perhitungan Analisa Harga Satuan (AHS). Adapun data-data pendukung untuk pengerjaannya antara lain gambar kerja, spesifikasi teknis, dan harga satuan bahan dan upah. Selain perhitungan RAB ditentukan juga penjadwalan proyek, dengan penjadwalan maka durasi pekerjaan serta jumlah sumber daya yang diperlukan dapat dihitung. Penjadwalan dilakukan dalam bentuk bar chart dan Kurva S. Dengan dilakukannya analisis ke-empat metode perbaikan yang ditinjau dari segi biaya dan waktu, maka menghasilkan perhitungan biaya dengan metode penambalan (*patching*) dengan bahan dasar polymer mortar Rp 5,624,466.91 dengan waktu 7 hari, bahan dasar epoxy mortar Rp 5,994,455.00 dengan waktu 7 hari, metode sementasi (*Grouting*) Rp 41,064,966.40 dengan waktu 42 hari, metode Suntik beton (*Injection*) Rp 8,960,000.00 dengan waktu 7 hari, metode beton *prepack* (*Grout Preplaced Agregat*) Rp 22,529,158.34 dengan waktu 35 hari. Hasil analisis metode perbaikan yang disebabkan oleh *spalling* ini merupakan referensi yang dapat dilakukan dalam perbaikan untuk beton kolom namun harus berdasarkan hasil analisis struktur bangunan sebelumnya.

**Kata kunci:** Analisis biaya dan waktu, *Retrofitting*, *Spalling*.

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Kerusakan yang terjadi pada bangunan dapat diakibatkan oleh suatu kesalahan dalam perencanaan desain, pelaksanaan konstruksi yang salah di lapangan, pemberian beban yang berlebihan, akibat gempa, kebakaran, korosi, usia konstruksi yang bertambah dan lain-lain. Kerugian yang timbul akan sangat besar apabila bangunan yang mempunyai masalah tersebut kemudian tidak digunakan lagi (*diruntuhkan*). Oleh karena itu, perlu dilakukan suatu metode perbaikan pada struktur bangunan sehingga bangunan tersebut dapat difungsikan kembali. Dalam pelaksanaan suatu metode perbaikan, ada tiga hal penting yang perlu diperhatikan yaitu analisis biaya dan waktu perbaikan (*retrofitting*), serta mutu pekerjaan. Tiga hal tersebut berkaitan satu sama lain, apabila biaya proyek tidak sesuai dengan kebutuhan, maka mutu pekerjaan dapat menurun dan akhirnya waktu pelaksanaan perbaikan menjadi terlambat.

Bangunan SDN Cikaret 01 Kecamatan Cibinong pada saat ini sedang melakukan rehabilitasi bangunan. Bagian bangunan sekolah yang mengalami rehabilitasi adalah 3 (tiga) ruang kelas pada sisi selatan bangunan. Rencananya pada bagian bangunan sekolah ini akan mengalami

peningkatan satu lantai, dimana lantai dasar tetap merupakan ruang kelas dan lantai satu yang sedang dibangun tetap digunakan sebagai ruang kelas tambahan. Pada pelaksanaan konstruksi ditemukan suatu kondisi dimana beton pada kolom-kolom bangunan yang menopang lantai 1 berjumlah 21 kolom mengalami perubahan fisik beton.

#### Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini adalah untuk menganalisis perhitungan waktu dan biaya metode perbaikan penambalan (*patching*), sementasi (*grouting*), suntik beton (*injection*), dan yang terakhir adalah metode beton *prepack* (*grout preplaced agregat*).

### TINJAUAN PUSTAKA

#### Mutu beton

Dalam sebuah perencanaan bangunan, untuk beton biasanya *output* yang dihasilkan adalah  $f_c'$  dalam satuan MPa. Namun dalam spesifikasi teknis suatu proyek, yang tercantumkan adalah mutu beton dengan menggunakan beton K berapa, semisal K-225. Huruf "K" adalah kuat tekan karakteristik beton  $\text{kg/cm}^2$  dengan benda uji kubus bersisi  $15 \times 15 \times 15$  cm. Sedangkan  $f_c'$  dalam MPa adalah kuat tekan beton yang disyaratkan MPa atau  $\text{N/mm}^2$  dengan benda uji silinder diameter

15 cm tinggi 30 cm. Sehingga, karena terjadi perbedaan benda uji maka mutu betonnya menjadi tidak sama. Sifat utama dari bahan beton adalah sangat kuat menerima beban tekan, maka untuk mengetahui mutu beton, pada umumnya ditinjau terhadap kuat tekan beton tersebut. Menurut peraturan beton di Indonesia (PBI-1971, yang diperbaiki dengan SK SNI T-15-1991-03 dan SNI 03-2847-2002), kuat tekan beton  $f_c'$  yaitu kuat tekan silinder beton yang diisyaratkan pada waktu berumur 28 hari. Mutu beton dibedakan dalam 3 (tiga) hal, yaitu:

1. Beton dengan  $f_c'$  kurang dari 10 MPa (setara dengan 120,48 kg/cm<sup>2</sup>), digunakan untuk beton non struktur (misalnya: kolom praktis, balok praktis)
2. Beton dengan  $f_c' = 10$  MPa ke atas dan kurang dari 20 MPa biasanya digunakan untuk beton struktur (misalnya: balok, kolom, pelat maupun fondasi)
3. Khusus struktur bangunan tahan gempa dipakai mutu beton  $f_c'$  minimal 20 MPa (setara dengan 240,96 kg/cm<sup>2</sup>)

#### Perbaikan (Retrofitting) dengan Metode Perbaikan pada Kerusakan Spalling (Terlepasnya Bagian Beton)

Metode perbaikan pada kerusakan *spalling*, tergantung pada besar dan dalamnya *spalling* yang terjadi, untuk kerusakan dengan kondisi tulangan belum luluh yang

kerap terjadi adalah retak, beton hancur sebagian, dan selimut beton terlepas. Ada empat metode perbaikan, yaitu *patching* (penambalan), *grouting* (sementasi), dan *injection* (suntik beton) *grout replace agregat* (beton *prepack*).

Keretakan pada selimut beton bisa diatasi dengan menambal keretakan (*patching*) menggunakan bahan material perbaikan struktur berbahan dasar *polymer*. Atau bisa juga menggunakan campuran semen dan air. Bila ternyata keretakan ada pada "daging" beton, maka metode perbaikannya bisa menggunakan metode *grouting* atau *grout replace agregat*.

#### Penambalan (patching)

*Spalling* yang tidak terlalu dalam (kurang dari selimut beton) dan area yang tidak luas, dapat digunakan metode *patching*. Metode perbaikan ini adalah metode perbaikan manual, dengan melakukan penempelan mortar secara manual. Pada saat pelaksanaan yang harus diperhatikan adalah penekanan pada saat mortar ditempelkan sehingga benar-benar didapatkan hasil yang padat. Material yang digunakan harus memiliki sifat mudah dikerjakan, tidak menyusut dan tidak jatuh setelah terpasang (lihat maksimum ketebalan yang dapat dipasang tiap lapis), terutama untuk pekerjaan perbaikan *overhead*. Umumnya yang dipakai adalah *polymer mortar* dan *epoxy mortar*.



Gambar 1 Retrofitting dengan Metode Patching

Polimer *Cement Mortar* (PCM) diciptakan dengan mengganti pengikat semen mortar tradisional dengan polimer. Dalam hal ini termasuk lateks, emulsi, bubuk, resin cair, polimer yang larut dalam air dan monomer. PCM mengurangi penyusutan retak dan terutama digunakan untuk memperbaiki konstruksi beton.

- a) *Polymer* mengurangi laju penguapan air, sehingga struktur kristal untuk terus berkembang dan membangun kekuatan selama tahap penyembuhan awal kritis. penguapan air berkurang, hal ini terutama penting dalam aplikasi tipis, di mana luas permukaan untuk penguapan tinggi, relatif terhadap volume mortar.
- b) Peningkatan kemampuan kerja. Modifikasi *polymer* terasa meningkatkan karakteristik aplikasi,

membuat lesung lebih cair dan lebih mudah untuk menangani dan menerapkan. *Polymer* tertentu juga memperpanjang periode hidrasi, yang dapat meningkatkan waktu kerja, karakteristik penting di iklim panas. Ini berarti kontraktor dapat menggunakan lebih sedikit air untuk keperluan *workability*. *Polymer* bertindak sebagai peredam air, akhirnya mengarah ke mortar kuat dengan void yang lebih sedikit, atau titik-titik lemah.

- c) Peningkatan adhesi. pengubah *polymer* bertindak sebagai perekat untuk mengaktifkan mortar *overlay* dimodifikasi untuk menempel berbagai permukaan seperti beton, batu, bata, kayu, *polystyrene* kaku dan busa poliuretan, kaca, dan logam. Adhesi adalah sifat penting, terutama di

bagian *overlay* aplikasi mortar tipis seperti pelapis semprot, *stuccos*, dan *underlayments*, dan aplikasi dengan getaran yang berlebihan dan lalu lintas berat.

- d) Peningkatan kekuatan dan daya tahan. Sembuh mortir polimer yang dimodifikasi secara umum telah membaik kekuatan tarik, kekuatan lentur, dampak dan ketahanan abrasi, tahan air, dan ketahanan kimia terhadap mortir dimodifikasi. Juga, *polymer* dalam lesung membantu menahan propagasi mikro-retak, yang meningkatkan ketangguhan keseluruhan adukan semen.

#### Epoxy mortar

Bahan dasar epoxy terdiri dari resin, hardener, pasir halus dan agregat kasar ukuran kecil.

yang digunakan harus memiliki sifat mengalir dan tidak susut. Umumnya digunakan bahan dasar semen.

Mortar yang dicampur dengan epoxy sebagai pengganti semen dan air. Epoxy mortar terdiri dari 3 komponen, yaitu: 2 cairan (epoxy + hardener) dan 1 bubuk (agregat pengisi) untuk dicampurkan, diaduk merata dan dituang ke dalam lubang.

#### Sementasi (*grouting*)

Pada spalling yang melebihi selimut beton, dapat digunakan metode grouting, yaitu metode perbaikan dengan melakukan pengecoran memakai bahan non-shrink mortar. Metode ini dapat dilakukan secara manual (gravitasi) atau menggunakan pompa. Pada metode perbaikan ini yang perlu diperhatikan adalah bekisting yang terpasang harus benar-benar kedap, agar tidak ada kebocoran spesi yang mengakibatkan terjadinya keropos dan harus kuat agar mampu menahan tekanan dari bahan grouting. Material



Gambar 2. *Retrofitting* dengan metode *grouting*

#### Suntik beton (*injection*)

*Injection Grouting system* pada umumnya dapat dilaksanakan pada setiap struktur konstruksi beton sebagai berikut: Terowongan, dermaga, jembatan, basement, reservoir, Stp, kolam renang, dak atap, dak kamar mandi, ko lom balok, *fit lift*, lantai beton, dan berbagai macam bentuk bangunan lainnya. Fungsi injeksi *grouting system* adalah mengembalikan struktur beton yang kurang sempurna saat pengecoran seperti retak, kropos, bocor, rusak struktural, dengan adanya *injection* ini maka mengembalikan struktur beton yang kurang sempurna menjadi sempurna, karena perbaikan yang menyeluruh dengan menggunakan bahan pengisi yang mempunyai sifat dan kekuatan yang dapat dipertanggung jawabkan secara teknis. Adapun bahan- bahan yang

dipergunakan adalah sikaset, *Accelerator*, bahan untuk perekat atau pengereas semen pada saat pemasangan peker/pipa, di area kebocoran kropos yang sudah dibobok sedalam 3-7 cm, dan sekaligus untuk menutupi permukaan beton yang retak, kropos, bocor, guna saat injeksi bahan yang dipergunakan untuk injeksi yitu intraflas z, bahan kimia yang berfungsi untuk campuran semen untuk injeksi dan berfungsi juga untuk perekat antara beton lama dan beton baru. Serta alat - alat yang dibutuhkan yaitu sebuah tabung yang dirancang sesuai dengan kemajuan dunia konstruksi masa kini tabung tersebut ditekan dengan angin compressor dengan kekuatan tekanan 6 kg/cm<sup>2</sup>, sehingga bahan yang dipergunakan di atas dapat masuk dengan sempurna.



Gambar 3 *Retrofitting* dengan metode *injection*

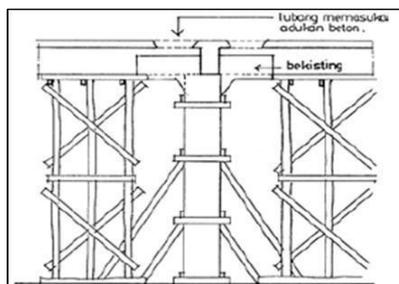


Gambar 4 Contoh gambar alat *injection*

#### **Beton prepack (grout preplaced agregat)**

Metode perbaikan lainnya untuk memperbaiki kerusakan berupa spelling yang cukup dalam adalah dengan metode grout preplaced agregat. Pada metode ini beton yang dihasilkan adalah

dengan cara menempatkan sejumlah agregat (umumnya 40% dari volume kerusakan) kedalam bekisting, setelah itu dilakukan pemompaan bahan beton, kedalam bekisting.



Gambar 5 *Retrofitting* dengan metode *grout preplaced agregat*

#### **Penyusunan Anggaran Biaya**

Pada dasarnya anggaran biaya ini merupakan bagian terpenting dalam menyelenggarakan pembuatan bangunan itu. (Dasar Penyusunan Anggaran Biaya Bangunan, 2003) membuat anggaran biaya berarti menaksir atau mengirakan harga dari suatu barang, bangunan atau benda yang akan dibuat dengan teliti dan secermat mungkin.

Teknik menyusun perkiraan biaya yang lain adalah *quantity take-off*, yaitu membuat perkiraan biaya dengan mengukur kuantitas komponen komponen proyek dari gambar, spesifikasi, dan perencanaan. Untuk maksud tersebut, prosedur yang ditempuh adalah:

1. Klasifikasi komponen pekerjaan,
  2. Diskripsi dari butir-butir komponen pekerjaan,
  3. Dimensi dari butir-butir pekerjaan,
  4. Memberi beban jam orang, dan
  5. Memberi beban biaya.
- Teknik di atas bila dikerjakan dengan benar akan mendukung hal-hal berikut,
1. Perencana dan penyedia lebih memahami struktur proyek yang akan ditangani,
  2. Meminimalkan kemungkinan adanya butir-butir yang terlewatkan, dan
  3. Memudahkan meneliti dan mengkonfirmasi hasil-hasilnya maupun proses membuatnya.

#### **Analisa Harga Satuan**

Analisis harga satuan pekerjaan berfungsi sebagai pedoman awal perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) bangunan yang didalamnya terdapat angka yang menunjukkan jumlah material, tenaga dan biaya persatuan pekerjaan. Harga satuan pekerjaan terdiri atas biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya langsung terdiri atas upah, alat dan bahan, biaya tidak langsung terdiri atas biaya umum dan keuntungan. Biaya langsung perlu ditetapkan harganya sebagai harga satuan dasar untuk setiap satuan pengukuran standar, sehingga rumusan analisis yang diperoleh mencerminkan harga aktual di lapangan. Harga satuan dasar yang dipakai dalam perhitungan ini berasal dari Kabupaten Bogor tahun 2015. Data harga satuan dasar yang digunakan dalam perhitungan analisa harga satuan adalah sebagai berikut: (a) Harga pasar setempat pada waktu yang bersangkutan, (b) Harga kontrak untuk barang atau pekerjaan sejenis setempat yang pernah dilaksanakan dengan mempertimbangkan faktor-faktor kenaikan harga yang terjadi, (c) Informasi harga satuan yang dipublikasikan oleh media cetak lainnya, (d) Daftar harga barang dan jasa yang dikeluarkan oleh pabrik atau agen tunggal; (e) Daftar harga standar yang dikeluarkan oleh instansi yang berwenang baik pusat maupun daerah/SNI, dan (f) Data lain yang dapat digunakan (Analisa Harga Satuan

Pekerjaan, Kementrian Pekerjaan Umum, 2012). Biaya dapat dihitung dengan cara: Jumlah harga pekerjaan = (Koefisien x Harga satuan pekerjaan).

### Produktivitas Tenaga Kerja

Secara umum produktivitas diartikan sebagai hubungan antara hasil nyata maupun fisik (barang-barang atau jasa) dengan masuknya yang sebenarnya. Misalnya, "produktivitas adalah ukuran efisiensi produktif. L. Greenberg mendefinisikan produktivitas sebagai perbandingan antara totalitas pengeluaran pada waktu tertentu dibagi totalitas masukan selama periode (*Muchdarsyah Sinungan*, 2009). Produktivitas juga dapat diartikan sebagai perbandingan antara *output* (hasil produksi) terhadap *input* (komponen produksi: tenaga kerja, bahan, peralatan dan waktu). Jadi dalam analisis produktivitas dapat dinyatakan sebagai rasio antara ouput terhadap input dan waktu (jam atau hari). Bila *input* dan waktu kecil maka *output* semakin besar sehingga produktivitas semakin tinggi (*Analisa Harga Satuan Pekerjaan, Kementrian Pekerjaan Umum*, 2012).

Variabel-variabel yang mempengaruhi produktivitas tenaga kerja lapangan dapat dikelompokkan menjadi: (*Iman Soeharto*, 1998) (a) Kondisi fisik lapangan dan sarana bantu; (b) Supervisi, perencanaan dan koordinasi; (c) Komposisi kelompok kerja; (d) Kerja lembur; (e) Ukuran besar proyek; (f) Kurva pengalaman; (g) Pekerja langsung versus subkontraktor; dan (h) Kepadatan tenaga kerja. Waktu dapat dihitung dengan cara:

$$(a) \quad \text{Produktivitas pekerja} = \frac{\text{Volume}}{\text{Jumlah tenaga kerja x Jumlah hari kerja}}$$

$$(b) \quad \text{Waktu pelaksanaan} = \frac{\text{Volume total}}{\text{Jumlah tenaga kerja x Jumlah hari kerja}}$$

Kondisi fisik geografis lokasi proyek tempat penampungan tenaga kerja yang terawat, serta sarana bantu berupa peralatan konstruksi, amat berpengaruh terhadap produktivitas tenaga kerja, kondisi fisik ini dapat berupa:

1. **Iklm, musim atau keadaan cuaca**, misalnya adanya temperatur udara panas dan dingin serta hujan dan salju. Daerah salju denan kelembaban (*humidity*) udara yang tinggi dapat mempercepat rasa lelah tenaga kerja. Sebaliknya, di daerah dingin, bila musim salju tiba, produktivitas tenaga

kerja lapangan akan menurun.

2. **Keadaan fisik lapangan**, kondisi fisik lapangan kerja, seperti rawa-rawa, padang pasir, atau tanah berbatu keras, besar pengaruhnya terhadap produktivitas. Hal ini dapat terjadi pada proyek perluasan instalasi yang telah ada sering kali dibatasi oleh bermacam-macam peraturan keselamatan dan terbatasnya ruang gerak, baik untuk pekerja maupun peralatannya.
3. **Sarana bantu**, kurangnya kelengkapan sarana bantu seperti peralatan konstruksi (*construction equipment and tools*), akan menaikkan jam-orang untuk menyelesaikan pekerjaan. Sebagai contoh sarana bantu penyiapan lahan adalah truk, *grader*, *scraper compactor*, dan lain-lain. Sarana bantu harus selalu diusahakan siap pakai dengan jadwal pemeliharaan yang tepat (*Iman Soeharto*, 1998).

### Penyusunan Jadwal

Adapun pengertian manajemen waktu proses adalah proses merencanakan, menyusun dan mengendalikan jadwal kegiatan proyek. Manajemen waktu termasuk ke dalam proses yang akan diperlukan untuk memestikan waktu penyelesaian suatu proyek. Sistem manajemen waktu berpusat pada berjalan atau tidaknya perencanaan dan penjadwalan proyek. Dimana dalam perencanaan dan penjadwalan tersebut telah disediakan pedoman yang spesifik untuk menyelesaikan aktivitas proyek dengan lebih cepat dan efisien (*Clough dan Scars*, 1991).

### Perencanaan

Perencanaan adalah suatu proses yang mencoba meletakkan dasar tujuan dan sasaran termasuk menyiapkan segala sumber daya untuk mencapainya. Perencanaan memberikan pegangan bagi pelaksanaan mengenai alokasi sumber daya untuk melaksanakan kegiatan (*Imam Soeharto*, 1997). Secara garis besar, perencanaan berfungsi untuk meletakkan dasar sasaran proyek, yaitu penjadwalan, anggaran dan mutu.

### Penjadwalan

Penjadwalan dalam pengertian proyek konstruksi merupakan perangkat untuk menentukan aktivitas yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek dalam urutan serta kerangka waktu tertentu, dalam mana setiap aktivitas harus dilaksanakan agar proyek selesai tepat waktu dengan biaya yang ekonomis (*Callahan*, 1992). Penjadwalan meliputi tenaga kerja, material, peralatan, keuangan, dan waktu. Dengan penjadwalan yang tepat maka beberapa

macam kerugian dapat dihindarkan seperti keterlambatan, pembengkakan biaya, dan perselisihan.

**Pengendalian**

R.J. Mockler, 1972, dalam Imam Soeharto (1997) memberikan pengertian tentang pengendalian. Menurutnya, pengendalian adalah usaha yang sistematis untuk menentukan standar yang sesuai dengan sasaran perencanaan, merancang sistem informasi, membandingkan pelaksanaan dengan standar, menganalisis kemungkinan adanya penyimpangan antara pelaksanaan dan standar, kemudian mengambil tindakan pembetulan yang diperlukan agar sumber daya digunakan secara efektif dan efisien dalam rangka mencapai sasaran.

**TATA KERJA**

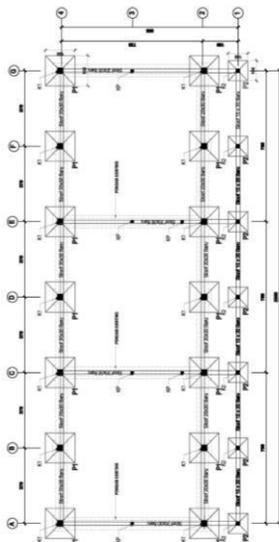
**Waktu dan Tempat Penelitian**

Lokasi penelitian di SDN Cikaret 01 Cibinong Kabupaten Bogor, Jawa Barat

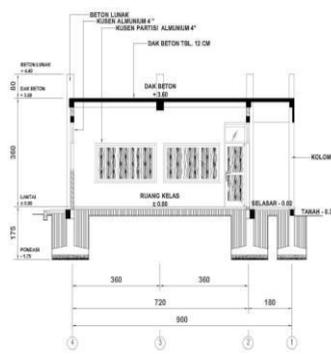
**Bahan dan Alat**

**Data dasar gedung**

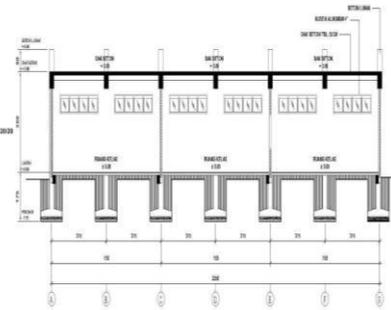
Data umum dari Proyek Pembangunan Gedung SDN Cikaret 01 Cibinong Kabupaten Bogor, Pemilik proyek (owner) adalah Dinas Pendidikan Kabupaten Bogor, waktu pelaksanaan pekerjaan pembangunan proyek ini 120 hari kalender, waktu pemeliharaan setelah proyek ini selesai dikerjakan 180 hari kalender, kontraktor pelaksana CV. DAYEUH dengan nilai kontrak Rp 476,756,000.00 (tidak termasuk PPN), konsultan perencana CV. PRISMA CONSULT. Denah kolom eksisting yang akan dianalisis berjumlah 21 buah, dimana terdiri dari 14 kolom utama 30/30, dan 7 kolom selasar 20/20 ditunjukkan pada Gambar 6, potongan memanjang ditunjukkan pada Gambar 7, dan potongan melintang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 6 Denah kolom struktural



Gambar 7 Potongan memanjang



Gambar 8 Potongan melintang

**B. Volume pekerjaan/bill of quantity (BOQ)**

Data luasan volume kolom struktural K1 dan K2 total (data sekunder) yang diperoleh dari proyek rehabilitasi 3

ruang kelas (rencana bertingkat) SDN Cikaret 01 Kecamatan Cibinong Kabupaten Bogor CV. DAYEUH, luasan struktur ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Luasan struktur

NO	URAIAN PEKERJAAN	VOL	SAT	KET
1	2	3	4	5
<b>I. Pekerjaan beton dan struktur</b>				
1	Lantai Kerja ad. 1:3:6 t. 10 cm	5.19	m <sup>3</sup>	
2	Pondasi Plat + Pedestal	5.09	m <sup>3</sup>	
3	Beton sloof 15 / 20 (180 kg) Struktur bertingkat 6dia.10 8-15	0.89	m <sup>3</sup>	
4	Sloof Beton Tulang 20/30 (200 kg besi + bek) Struktur bertingkat	4.43	m <sup>3</sup>	
5	Kolom Beton Tulang 30/30 (175 kg besi + bek) Struktur bertingkat	4.03	m <sup>3</sup>	K1
6	Kolom Beton Tulang 20/20 (210 kg besi + bek) Struktur bertingkat	0.90	m <sup>3</sup>	K2
7	Kolom Beton Tulang Praktis 12/12 ( 237 kg besi + bekisting )	12.00	m'	

8	Balok Beton Tulang 30/60 (125 kg besi + bek) Struktur bertingkat	7.26	m <sup>3</sup>	
9	Balok Beton Tulang 20/30 (175 kg besi + bek) Struktur bertingkat.	3.93	m <sup>3</sup>	
10	Balok Beton Lintel 11/11 (275 kg besi + bek) 4 Dia 10 + Dia 8 - 15 Cm	37.00	m'	
11	Plat Lantai T. 12 cm (110)	23.51	m <sup>3</sup>	
12	Lisplang Beton Tulang T= 8 cm (50 kg besi + bekisting)	1.04	m <sup>3</sup>	
13	Pek. Beton lunak ad. 1 : 3 : 6	0.71	m <sup>3</sup>	
14	Pek. Beton untuk tangga (200 kg + bekisting)	1.30	m <sup>3</sup>	

Dari tabel volume di atas, hanya yang ditulis pada kolom keterangan K1 dan K2 struktur kolom yang akan dianalisis dengan menggunakan metode perbaikan (*retrofitting*).

#### Hasil pengujian alat *hammer test*

Analisis kekuatan struktur bangunan yang dilakukan adalah dengan mengetahui mutu beton eksisting dari bangunan. Mutu beton yang dicari adalah mutu beton elemen struktur bangunan yaitu mutu beton kolom, pelat dan balok. Hal ini dilakukan untuk mengetahui keseragaman

mutu beton dipermukaan dan memperkirakan kuat tekan beton struktur bangunan. Untuk mengetahui mutu beton struktur bangunan dengan memperhitungkan kuat tekan beton yang ada. Informasi ini dapat diperoleh dengan cara uji tanpa merusak yaitu dengan *hammer test* atau palu beton. Uji *hammer test* kolom eksisting ditunjukkan pada Gambar 9, Uji *hammer test* pelat eksisting ditunjukkan pada Gambar 3.6 dan Uji *hammer test* balok eksisting ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 9 Uji *hammer test* kolom eksisting

Tabel-tabel berikut merupakan hasil pengukuran nilai uji pantul beton dengan menggunakan alat *hammer test* yang diperoleh dari Laboratorium Mekanika Tanah

dan Beton Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pakuan Bogor. Hasil nilai pengujian elemen kolom ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil nilai pengujian elemen kolom

Jenis Struktur	Lantai 1	$f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Kolom	Kolom 1	103,02
	Kolom 2	65,79
	Kolom 3	91,80
	Kolom 4	84,66
	Kolom 5	78,54
	Kolom 6	59,16
	Kolom 7	73,44
	<b>Rerata</b>	<b>79,49</b>

Hasil dari Tabel 2 diperoleh bahwa mutu beton kolom bangunan pada lantai 1 yang berfungsi sebagai penopang dak beton lantai 2 dimana lantai tersebut nantinya diperuntukkan untuk ruang kelas baru, tidak memenuhi standar minimal mutu beton umur 28 hari.

Dengan mempertimbangkan hasil uji pantul beton dan faktor biaya, waktu serta kondisi eksisting tersebut, maka solusi alternatif yang dapat ditempuh guna memenuhi mutu beton kolom bangunan yang tidak sesuai ketentuan adalah

dengan menambah mutu beton kolom eksisting dengan mutu beton yang memiliki kuat tekan karakteristik sesuai standar dan ketentuan teknis perencanaan rehabilitasi bangunan SDN Cikaret 01.

#### Alat

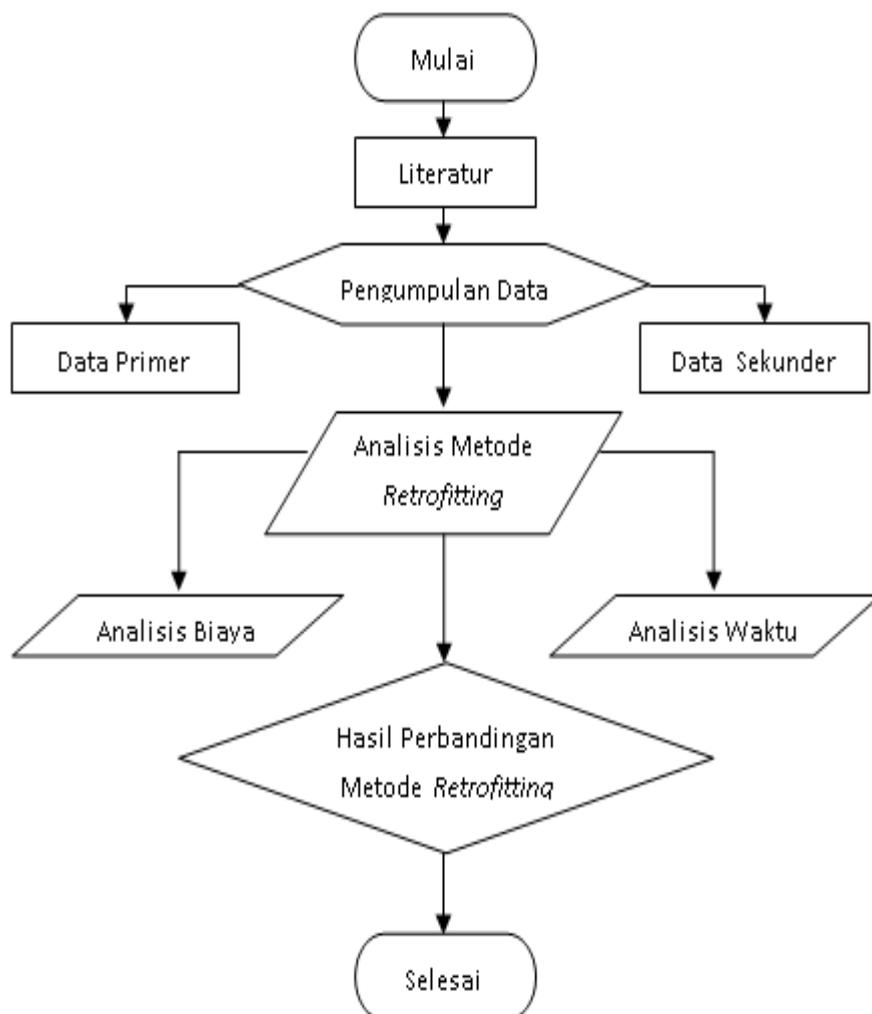
Alat bantu yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Kamera digital Sony 12MP, untuk mendokumentasikan segala proses dalam penelitian
2. Laptop sebagai alat bantu dalam pengambilan data dan mengolah data

- yang diperoleh dari lapangan selama penelitian berlangsung
3. Program untuk perhitungan data
  4. Alat tulis lapangan untuk pengambilan data di lapangan
  5. Petugas di lapangan, untuk membantu mengumpulkan data yang diperoleh selama proyek berjalan.

#### Metode Penelitian

Analisis dan evaluasi dilakukan secara sistematis agar dapat terciptanya pekerjaan yang memenuhi ketentuan minimum serta mendapatkan hasil pekerjaan struktur yang aman, nyaman, dan ekonomis. Diagram alir metodologi analisis tertera pada Gambar 10.



Gambar 10 Diagram alir metode penelitian

### Pengumpulan data

Data-data yang digunakan sebagai dasar dalam penyusunan laporan tugas akhir ini dapat dikelompokkan dalam dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder.

#### Data primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari lokasi bangunan maupun hasil survei yang dapat langsung dipergunakan sebagai sumber dalam analisis suatu struktur bangunan. Pengamatan langsung di lapangan mencakup:

1. Denah lokasi bangunan gedung
2. Kondisi lokasi bangunan gedung tersebut
3. Data hasil uji hammer test

#### Data sekunder

Data sekunder adalah data yang dipakai dalam proses pembuatan dan penyusunan laporan tugas akhir. Data sekunder ini didapatkan bukan melalui pengamatan secara langsung di lapangan, yang termasuk data sekunder antara lain literatur-literatur penunjang, tabel dan peta (denah) yang berkaitan erat dengan proses analisis Proyek Rehabilitasi SDN Cikaret 01 kabupaten bogor. Setelah mengetahui data-data yang diperlukan, langkah selanjutnya adalah menentukan metode pengumpulan data yaitu:

1. Observasi  
Yaitu pengumpulan data melalui peninjauan dan pengamatan langsung di lapangan.
2. Dokumentasi  
Yaitu pengumpulan data dengan mengambil data-data dari hasil penyidikan, penelitian, tes atau uji laboratorium, pedoman, bahan acuan, ataupun standar yang diperlukan dalam analisis dan evaluasi struktur bangunan yang diperoleh melalui perpustakaan ataupun instansi terkait.

### Analisis metode perbaikan

Analisis metode perbaikan adalah analisis yang biasa kita rencanakan dan biasa dikerjakan. Dalam menghitung analisis ini kita memerlukan berbagai data yang akan kita gunakan dalam perhitungannya seperti: material, alat bantu

Tabel 3 Jumlah hasil perhitungan biaya dengan bahan *polymer* mortar

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
			(a)	(b)	(c = axb)
1	Sika monotop 613	m <sup>2</sup>	71.68	78,466.34	5,624,466.91
<b>Jumlah</b>					<b>5,624,466.91</b>

### Bahan epoxy mortar

dan upah pekerjaan. Data bisa kita peroleh dari *supplier* atau referensi dari berbagai proyek. Semua data yang sudah didapatkan kemudian diolah dan dianalisis sehingga dapat disajikan dengan baik, agar dapat dipahami.

## ANALISIS DAN BAHASAN

### Volume Pekerjaan

Volume kolom struktur sebagai dasar analisis perhitungan kolom yang akan diperbaiki yang ditinjau mulai dari kolom K1 sampai dengan kolom K2 dan dengan rincian kolom K1=4.03 m<sup>3</sup> dan kolom K2=0.90 m<sup>3</sup> maka didapat volume total sebesar 4.93 m<sup>3</sup>. Total volume di atas merupakan dasar dari analisis perhitungan mulai dari beton, alat bantu dan juga bekisting, untuk volume beton K1 dan K2 cara menghitungnya adalah jumlah volume m<sup>3</sup> dari 1 buah kolom dikalikan dengan jumlah keseluruhan kolom K1 dan K2 seperti:

1. Untuk K1 yaitu 30 cm x 30 cm x 320 cm = 0,288 m<sup>3</sup>, maka 0,288 m<sup>3</sup> x 14 bh = 4,03 m<sup>3</sup>.
2. Untuk kolom K2 yaitu 20 cm x 20 cm x 320 cm = 0,128 m<sup>3</sup>, didapat 0,128 m<sup>3</sup> x 7 bh = 0,90 m<sup>3</sup>.
3. Cara menghitung volume bekisting untuk K1 bahan multiplek tebal 9 mm adalah 30 cm x 4 x 320 cm = 3,84 m<sup>2</sup>, hasilnya adalah 3,84 m<sup>2</sup> x 14 bh = 53,76 m<sup>3</sup>.
4. Menghitung volume bekisting K2 adalah bahan multiplek tebal 9 mm adalah 20 cm x 4 x 320 cm = 2,56 m<sup>2</sup>, hasilnya adalah 2,56 m<sup>2</sup> x 7 bh = 17,92 m<sup>2</sup>.
5. Selanjutnya bahan kayu kelas III yaitu untuk 1 bh kolom membutuhkan 33 m kayu, maka 33 m x 14 bh = 462 m : 4 m = 115,5 btg.
6. Untuk bahan kayu kelas III yaitu untuk 1 bh kolom membutuhkan 25,6 m kayu, maka 26,5 m x 7 bh = 179 m : 4 m = 44,75 btg.

### Analisis Perbaikan Dengan Metode Penambalan (*Patching*)

Analisis perbaikan dengan metode penambalan (*patching*) ditinjau dari segi biaya dan waktu.

### Analisis perhitungan biaya

Jumlah hasil perhitungan biaya dengan bahan *epoxy* mortar ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Jumlah hasil perhitungan biaya dengan bahan *epoxy* mortar

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
			(a)	(b)	(c = axb)
1	Sikadur 31 CF	m <sup>2</sup>	71.68	83,628.00	5,994,455.04
<b>Jumlah</b>					<b>5,994,455.04</b>

#### Analisis perhitungan waktu

Analisis waktu menentukan produktivitas pekerja dengan menggunakan bahan *polymer* mortar dan *epoxy* mortar

#### Bahan *polymer* mortar

Pekerja dengan menggunakan metode

penambalan dengan bahan dasar *polymer* mortar ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Produktivitas pekerja dengan menggunakan metode penambalan dengan bahan dasar *polymer* mortar

No	Hari	Uraian Pekerjaan
		Plesteran (m <sup>2</sup> )
1	I	10.24
2	II	10.24
3	III	10.24
4	IV	10.24
5	V	10.24
6	VI	10.24
7	VII	10.24
Jumlah Total (a)		71.68
Jumlah Tenaga (OH) (b)		8 orang
Jumlah Hari (c)		7 hari
Produktivitas d=a / (bxc)		1.28

#### Bahan *epoxy* mortar

Produktivitas pekerja dengan menggunakan metode penambalan

dengan bahan dasar *epoxy* mortar ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Produktivitas pekerja dengan menggunakan metode penambalan dengan bahan dasar *epoxy* mortar

No	Hari	Uraian Pekerjaan
		Plesteran (m <sup>2</sup> )
1	I	10.24
2	II	10.24
3	III	10.24
4	IV	10.24
5	V	10.24
6	VI	10.24
7	VII	10.24
Jumlah Total (a)		71.68
Jumlah Tenaga (OH) (b)		8 orang
Jumlah Hari (c)		7 hari
Produktivitas d=a / (bxc)		1.28

#### Analisis Perbaikan Dengan Metode Sementasi (*Grouting*)

Analisis perbaikan dengan metode sementasi (*grouting*) ditinjau dari segi biaya dan waktu.

#### Analisis perhitungan biaya

Jumlah hasil perhitungan biaya dengan metode sementasi ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7 Jumlah hasil perhitungan biaya dengan metode sementasi

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
			(a)	(b)	(c = axb)
1	Bongkaran beton	m <sup>3</sup>	2.52	510,610.57	1,286,738.64
2	Scaffolding	set	24	100,000.00	2,400,000.00
3	Pembesian	kg	1050.28	21,087.26	22,147,527.43
4	Bekisting	m <sup>2</sup>	67.2	189,596.27	12,740,869.34
5	Pengecoran	m <sup>3</sup>	2.52	920,881.82	2,320,622.19
<b>Jumlah</b>					<b>40,895,757.60</b>

**Analisa perhitungan waktu**

Produktivitas pekerja dengan menggunakan metode sementasi (grouting) ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8 Produktivitas pekerja dengan menggunakan metode sementasi (*grouting*)

No	Hari	Uraian Pekerjaan				
		Scaffolding dan Pemasangan (Set)	Bongkaran (m <sup>3</sup> )	Pembesian (kg)	Bekisting (m <sup>2</sup> )	Pengecoran (m <sup>3</sup> )
1	I	12.00				
2	II		0.23			
3	III		0.23			
4	IV			177.12		
5	V				12.00	
6	VI					0.45
Jumlah Total (a)		12.00	0.45	177.12	12.00	0.45
Jumlah Tenaga (OH) (b)		8 orang	12 orang	8 orang	8 orang	12 orang
Jumlah Hari (c)		1 hari	2 hari	1 hari	1 hari	1 hari
Produktivitas d=a / (bxc)		1.50	0.02	22.14	1.50	0.04

Hasil perhitungan waktu pekerjaan metode sementasi (*grouting*) ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9 Perhitungan waktu pekerjaan metode sementasi (*grouting*)

No	Pekerjaan	Volume tahap 1	Produktivitas	Jml Tng	Prod/Hari	Jml Hari yg dibutuhkan
		a	B	c	d = b x c	e = a ÷ d
1	Scaffolding	12 set	1.50 m <sup>2</sup> /hari/orang	8 orang	12	1 hari
2	Bongkaran	0.45 m <sup>3</sup>	0.02 m <sup>2</sup> /hari/orang	12 orang	0.24	2 hari
3	Pembesian	177.12 kg	22.14 kg/hari/orang	8 orang	177.12	1 hari
4	Bekisting	12 m <sup>2</sup>	1.50 m <sup>2</sup> /hari/orang	8 orang	12	1 hari
5	Pengecoran	0.45 m <sup>3</sup>	0.04 m <sup>3</sup> /hari/orang	12 orang	0.48	1 hari
<b>Waktu</b>						<b>6 hari</b>

**Analisis Perbaikan Dengan Metode Suntik Beton (*Injection*)**

Analisis perbaikan dengan metode suntik beton ditinjau dari segi biaya dan waktu.

**Analisis perhitungan biaya**

Jumlah hasil perhitungan biaya metode *injection* ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10 Jumlah hasil perhitungan biaya metode *injection*

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
			(a)	(b)	(c = axb)
1	Injeksi beton	titik	112	80,000.00	8,960,000.00
<b>Jumlah</b>					<b>8,960,000.00</b>

**Analisa perhitungan waktu**

Produktivitas pekerja dengan menggunakan metode *injection* ditunjukkan pada Tabel 11

Tabel 11 Produktivitas pekerja dengan menggunakan metode *injection*

No	Hari	Uraian Pekerjaan
		<i>Injection</i> (titik)
1	I	16
2	II	16
3	III	16
4	IV	16
5	V	16
6	VI	16
7	VII	16
	Jumlah Total (a)	112.00
	Jumlah Tenaga (OH) (b)	2 orang
	Jumlah Hari (c)	7 hari
	Produktivitas $d=a / (bxc)$	8.00

**Analisis Perbaikan Dengan Metode Beton Prepack (Grout Preplaced Agregat)**

Analisis perbaikan dengan metode beton prepack (grout preplaced agregat) ditinjau dari segi

biaya dan waktu.

**Analisis perhitungan biaya**

Jumlah hasil perhitungan biaya metode beton prepack ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 12 Jumlah hasil perhitungan biaya metode beton prepack

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
			(a)	(b)	(c = axb)
1	Bongkaran beton	m <sup>3</sup>	4.93	510,610.57	2,517,310.11
2	Scaffolding	set	24	100,000.00	2,400,000.00
3	Bekisting	m <sup>2</sup>	67.2	189,596.27	12,740,869.34
4	Pengecoran	m <sup>3</sup>	4.93	920,881.82	4,539,947.37
<b>Jumlah</b>					<b>22,198,126.83</b>

**Analisa perhitungan waktu**

Produktivitas pekerja dengan menggunakan

metode beton prepack (grout preplaced agregat) ditunjukkan pada Tabel 13.

Tabel 13 Produktivitas pekerja dengan menggunakan metode beton prepack (grout preplaced agregat)

No	Hari	Uraian Pekerjaan			
		Scaffolding dan Pemasangan (Set)	Bongkaran (m <sup>3</sup> )	Bekisting (m <sup>2</sup> )	Pengecoran (m <sup>3</sup> )
1	I	12.00			
2	II		0.42		
3	III		0.42		
4	IV			12.00	
5	V				0.84
	Jumlah Total (a)	12.00	0.84	12.00	0.84
	Jumlah Tenaga (OH) (b)	8 orang	12 orang	8 orang	12 orang
	Jumlah Hari (c)	1 hari	2 hari	1 hari	1 hari
	Produktivitas $d=a / (bxc)$	1.50	0.04	1.50	0.07

Perhitungan waktu pekerjaan metode beton prepack (grout preplaced agregat) ditunjukkan pada Tabel 14.

Tabel 14 Perhitungan waktu pekerjaan metode beton prepack (grout preplaced agregat)

No	Pekerjaan	Volume tahap 1	Produktivitas	Jml Tng	Prod/Hari	Jml Hari yg dibutuhkan
		a	b	c	d = b x c	e = a ÷ d
1	Scaffolding	12 set	1.50 m2/hari/orang	8 orang	12	1 hari
2	Bongkaran	0.84 m3	0.04 m2/hari/orang	12 orang	0.48	2 hari
3	Bekisting	12 m2	1.50 m2/hari/orang	8 orang	12	1 hari
4	Pengecoran	0.45 m3	0.07 m3/hari/orang	12 orang	0.84	1 hari
<b>Waktu</b>						<b>5 hari</b>

**Hasil Perbandingan Biaya Setiap Metode**

Perbandingan biaya antara metode penambalan, sementasi, suntik beton, dan beton prepack ditunjukkan pada Tabel 15.

Tabel 15 Hasil perbandingan biaya setiap metode

No	Uraian	Jumlah Harga
1	Metode penambalan ( <i>Patching</i> )	
1a	Dengan bahan <i>polymer</i> mortar	5,624,466.91
1b	Dengan bahan <i>epoxy</i> mortar	5,994,455.00
2	Metode sementasi ( <i>Grouting</i> )	40,895,757.60
3	Metode Suntik beton ( <i>Injection</i> )	8,960,000.00
4	Metode Beton Prepack ( <i>Grout Preplaced Agregat</i> )	22,198,126.83

Dari hasil perhitungan di atas maka evaluasi waktu antara semua metode

dengan *time schedule* atau jadwal waktu pelaksanaan ditunjukkan pada Tabel 16.

### Kesimpulan

Dengan dilakukannya analisis ke-empat metode perbaikan yang ditinjau dari segi biaya dan waktu, maka menghasilkan:

#### 1. Perhitungan biaya

- |  |                 |
|--|-----------------|
| 1) Metode penambalan ( <i>patching</i> )                   |                 |
| a. Bahan dasar <i>polymer</i> mortar                       | = 5,624,466.91  |
| b. Bahan dasar <i>epoxy</i> mortar                         | = 5,994,455.00  |
| 2) Metode sementasi ( <i>Grouting</i> )                    | = 41,064,966.40 |
| 3) Metode Suntik beton ( <i>Injection</i> )                | = 8,960,000.00  |
| 4) Metode Beton Prepack ( <i>Grout Preplaced Agregat</i> ) | = 22,529,158.34 |

#### 2. Perhitungan waktu

- |  |           |
|--|-----------|
| 1) Metode penambalan ( <i>patching</i> )                   |           |
| a. Bahan dasar <i>polymer</i> mortar                       | = 7 hari  |
| b. Bahan dasar <i>epoxy</i> mortar                         | = 7 hari  |
| 2) Metode sementasi ( <i>Grouting</i> )                    | = 42 hari |
| 3) Metode Suntik beton ( <i>Injection</i> )                | = 7 hari  |
| 4) Metode Beton Prepack ( <i>Grout Preplaced Agregat</i> ) | = 35 hari |

Hasil analisis ke-empat metode diatas merupakan referensi yang dapat dilakukan dalam perbaikan untuk beton kolom namun harus berdasarkan hasil analisis struktur bangunan sebelumnya,

### Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan, maka saran yang dapat disampaikan sebagai berikut:

1. Perlu memperhatikan kondisis di lapanagan dalam hal menetapkan atau menentukan metode perbaikan (*retrofitting*) yang layak digunakan.
2. Perlu penelitian lebih lanjut untuk menggunakan metode perkuatan (*straihtening*) menggunakan baja profil pada kolom dengan mutu beton yang tidak tercapai.

### DAFTAR PUSTAKA

Badan Penelitian Dan Pengembangan. 2002. *Metode, Spesifikasi, dan Tata Cara Bagian 7 Edisi Pertama*. Departemen Permukiman Dan Prasarana Pengembangan  
Badan Penelitian Dan Pengembangan. 2002. *Metode, Spesifikasi, dan Tata Cara Bagian 3 Edisi Pertama*. Departemen Permukiman Dan Prasarana Pengembangan  
Barrie, Donald S., at al. 1995. *Manajemen Konstruksi Profesional*. Diterjemahkan

oleh: Sudinarto. Jakarta: Erlangga  
Direktorat Jenderal Cipta Karya. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*. Kementerian Pekerjaan Umum.  
Ferguson, Phil M., at al. 1991. *Dasar-Dasar Beton Bertulang Edisi Keempat*. Jakarta: Erlangga.  
Soeharto, Imam. 1995. *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Opersional*. Jakarta: Erlangga.  
<http://jeffryfrankytumatar.blogspot.co.id/2010/03/perbaikan-dan-perkuatan-struktur-beton.html>, diakses pada hari selasa, 1 Februari 2016.  
<http://eprints.uns.ac.id/8057/1/135950908201012281.pdf>, diakses pada hari kamis, 5 November 2015.

<https://maps.google.com>, diakses pada hari selasa, 19 Juli 2016.